

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI İÇERİĞE SAHİP KONSERVE BALIKLARIN
AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dyt. Seray AKALIN

**Beslenme Bilimleri Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

ANKARA

2018

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI İÇERİĞE SAHİP KONSERVE BALIKLARIN AĞIR
METAL DÜZEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dyt. Seray AKALIN

**Beslenme Bilimleri Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Aylin AYAZ**

**ANKARA
2018**

ONAY SAYFASI**FARKLI İÇERİĞE SAHİP KONSERVE BALIKLARIN AĞIR METAL
DÜZEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ****Dyt. Seray AKALIN****Danışman: Doç. Dr. Aylin AYAZ**

Bu tez çalışması 25.07.2018 tarihinde jürimiz tarafından “Beslenme Bilimleri Programı” nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:*Doç. Dr. Alev KESER**Ankara Üniversitesi***Tez Danışmanı:***Doç. Dr. Aylin AYAZ**Hacettepe Üniversitesi***Üye:***Doç. Dr. Mevlüde KIZIL**Hacettepe Üniversitesi*

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur.

03 Ağustos 2018*Prof. Dr. Diclehan Orhan***Enstitü Müdürü**

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

03/08/2018



Seray AKALIN

¹ “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metodların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir

* Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Doç. Dr. Aylin AYAZ danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.



Dyt. Seray AKALIN

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca bana her zaman destek olan, deneyimi, bilgisi, sabrı ve hoşgörüsüyle yol gösteren, ilk adımı attığım akademik hayatımda birçok konuda beni aydınlatan değerli hocam ve danışmanım Doç. Dr. Aylin Ayaz'a,

Örneklerin ağır metal analizlerinde yardımcı olan, bilgi ve tecrübesini paylaşan Dr. Öğr. Gör. Atilla Güleç'e,

Çalışmam boyunca yardımcı olabileceği her konuda yanımda olan ve beni destekleyen sevgili Dr. Arş. Gör. Elif İnan Eroğlu'na,

Eğitim hayatım ve çalışmam boyunca maddi manevi her konuda yanımda olan, beni destekleyen başta Arş. Gör. Merve Özdemir, Arş. Gör. Cansu Bekar, Arş. Gör. Ece Yalçın olmak üzere aynı ofisi paylaştığım tüm arkadaşlarıma,

Sadece eğitim dönemimde değil hayatımın her alanında yanımda olan, her düştüğümde beni elimden tutup kaldıran, karamsarlığa kapıldığımda beni aydınlatan, iyi ve kötü her anımı benimle paylaşıp hayatımı gökkuşağına çeviren İsmail Aktaş'a,

Yaşamım boyunca yanımda olan, gittiğim yolda her daim maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, bugün sahip olduğum ne varsa hepsinin mimarı olan canım annem Fatma Akalın, babam İ. Güneri Akalın ve abim Ahmet Nihat Akalın'a

Tüm kalbimle teşekkür ederim.

ÖZET

Akalın, S., Farklı İçeriğe Sahip Konserve Balıkların Ağır Metal Düzeylerinin Değerlendirilmesi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beslenme Bilimleri Programı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2018. Bu araştırmanın amacı Ankara piyasasında ve internet üzerinden satışa sunulan farklı içeriğe sahip konserve balıkların yağ yüzdesi, nem oranı, pH düzeyi ve ağır metal (kurşun, kadmiyum, alüminyum ve arsenik) konsantrasyonlarının belirlenmesidir. Araştırmada 7 farklı balık türüne ait (ton, sardalya, somon, uskumru, hamsi, alabalık ve levrek) 66 adet örnek analiz edilmiştir. Bu örneklerin içeriğinde balık eti dışında yağ, su, sebze, baharat, sos gibi çeşitli ilaveler bulunmaktadır. Örnekler balık türü, yağ ve sos durumuna göre değerlendirilmiştir. Tüm örneklerin yağ, nem ve pH tayinlerinin yanı sıra ICP-MS cihazında kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), alüminyum (Al) ve arsenik (As) analizleri yapılmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre örneklerin Pb içeriği en yüksek soslu ve yağlı ton balığı konservesinde ($0,13 \pm 0,13$ mg/kg yaş ağırlık), Cd içeriği en yüksek sade ve yağsız ton balığı konservesinde ($6,64 \pm 4,68$ µg/kg yaş ağırlık), Al içeriği en yüksek soslu ve yağlı uskumru konservesinde ($2,49 \pm 1,24$ mg/kg yaş ağırlık), As içeriği ise en yüksek soslu ve yağlı sardalya konservesinde ($3,02 \pm 0,03$ mg/kg yaş ağırlık) saptanmıştır. Soslu örneklerin pH değeri sade örneklerden daha düşük, Al düzeyi ise daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,001$). Yağlı örneklerin ise As düzeyi yağsız örneklerden daha yüksektir ($p < 0,001$). Konserve balıkların bileşimi ağır metal düzeyini etkileyen önemli etmenlerden biridir. Bu araştırmaya göre konserve balıkların içeriğindeki ağır metal miktarının balık türü, sos ve yağ durumuna göre farklılık gösterdiği saptanmıştır. Araştırmanın sonucuna göre konserve balıkların içeriğindeki kurşun, kadmiyum, alüminyum ve arsenik düzeylerinin belirlenen yasal limitlerin altında olduğu ve sağlık açısından riskli olmadığı bulunmuştur. Farklı yaş gruplarında diyetle ağır metal maruziyetine yönelik risk değerlendirmesi yapan kapsamlı çalışmalara gereksinim vardır.

Anahtar kelimeler: Konserve balık, ağır metal, pH, yağ içeriği

ABSTRACT

Akalin, S., Assessment of Heavy Metal Levels of Canned Fish with Different Contents, Hacettepe University Institute of Health Sciences, MSc Thesis of Nutritional Sciences Programme, Ankara, 2018. The aim of this study is to determine the fat percentage, humidity, pH level and heavy metal (lead, cadmium, aluminum and arsenic) concentrations of canned fish with different contents offered for sale on the Ankara market and on the internet. In the study, 66 samples of 7 fish species (ton, sardine, salmon, mackerel, anchovy, trout and perch) were analyzed. In the content of these samples, there are various additives besides fish meat, such as oil, water, vegetables, spices, sauces. The samples were evaluated according to fish species, oil condition and sauce status. All samples were analyzed for oil, moisture and pH determinations as well as lead (Pb), cadmium (Cd), aluminum (Al) and arsenic (As) in ICP-MS. According to the results of the study, the highest Pb content of the samples was found in the oily canned tuna fish with sauce ($0,13 \pm 0,13$ mg/kg wet weight), the highest Cd content was found in the lean canned tuna fish ($6,64 \pm 4,68$ µg/kg wet weight), the highest Al content of samples was found in oily canned mackerel with sauce ($2,49 \pm 1,24$ mg/kg wet weight) and the highest As content of samples was found in oily canned sardine with sauce ($3,02 \pm 0,03$ mg/kg wet weight). The pH value of the samples with sauce was lower than the plain samples and the Al level was found higher ($p < 0,001$). As levels were higher in oily samples than lean ones ($p < 0,001$). The composition of canned fish is one of the important factors affecting the heavy metal level. In present study, it has been found that, the amount of heavy metal content of canned fish varies according to fish species, sauce and oil condition. According to the results of the research, the levels of lead, cadmium, aluminum and arsenic in the contents of canned fish are below the legal limits and are not at risk for health. There is a need for more comprehensive studies with risk assessment of heavy metal exposure in diets at different age groups.

Keywords: Canned fish, heavy metal, pH, fat content

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN SAYFASI	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR	x
ŞEKİLLER	xi
TABLOLAR	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Kuramsal Yaklaşımlar	1
1.2. Amaç ve Varsayımlar	3
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Ağır Metaller	4
2.1.1. Ağır Metallerin Genel Özellikleri	4
2.2. Ağır Metallere Maruziyet	7
2.2.1. Besinlerin Ağır Metal İçeriği	8
2.2.2. Balık Tüketimiyle Ağır Metallere Maruziyet Arasındaki İlişki	13
2.3. Ağır Metallerin Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri	13
2.3.1. Kurşunun Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri	13
2.3.2. Kadmiyumun Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri	18
2.3.3. Alüminyumun Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri	22
2.3.4. Arseniğin Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri	23
2.4. Balık Tüketiminin Sağlık Üzerine Etkileri	28
2.5. Ağır Metallere Yönelik Yasal Düzenlemeler	31
3. GEREÇ VE YÖNTEM	33
3.1. Araştırmanın Yeri, Zamanı ve Örneklerin Toplanması	33
3.2. Yöntem	38

3.2.1. Numunelerin Analizler için Hazırlanması	38
3.2.2. Numunelerde Yağ Analizi	38
3.2.3. Numunelerde Nem Analizi	38
3.2.4. Numunelerde pH Analizi	38
3.2.5. Numunelerde Ağır Metal Analizi	38
3.2.6. Bireylerde Ağır Metal Maruziyet Düzeyinin Değerlendirilmesi	42
3.3. İstatistiksel Değerlendirme	43
4. BULGULAR	44
4.1. Farklı Konserve Balık Türlerinin Yağ, Nem ve pH İçerikleri Açısından Değerlendirilmesi	44
4.2. Farklı Konserve Balık Türlerinin Ağır Metal İçerikleri Açısından Değerlendirilmesi	54
4.3. Farklı Konserve Balık Türlerinin Ağır Metal İçeriği ile Yağ Yüzdesi, Nem Oranı ve pH Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi	67
4.4. Farklı Konserve Balık Türlerinin Ağır Metal Düzeylerinin Türkiye'deki ve Dünyadaki Yasal Düzenlemelere Göre Değerlendirilmesi	71
4.5. Konserve Balıklardaki Ağır Metal Düzeyine Göre Maruziyetin Değerlendirilmesi	71
5. TARTIŞMA	75
5.1. Farklı Konserve Balık Türlerinin Yağ, Nem ve pH İçerikleri Açısından Değerlendirilmesi	75
5.2. Farklı Konserve Balık Türlerinin Ağır Metal İçerikleri Açısından Değerlendirilmesi	76
5.3. Farklı Konserve Balık Türlerinin Ağır Metal İçeriği ile Yağ Yüzdesi, Nem Oranı ve pH Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi	79
5.4. Farklı Konserve Balık Türlerinin Ağır Metal Düzeylerinin Türkiye'deki ve Dünyadaki Yasal Düzenlemelere Göre Değerlendirilmesi	81
5.5. Konserve Balıklardaki Ağır Metal Düzeyine Göre Maruziyetin Değerlendirilmesi	83
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	85

7. KAYNAKLAR

94

8. EKLER

EK 1: ICP-MS Cihazına Ait Parametreler ve Çalışma Koşulları.

9. ÖZGEÇMİŞ

SİMGELER ve KISALTMALAR

AHA	Amerikan Kalp Derneği (American Heart Association)
Al	Alüminyum
ALAD	δ-Amino Levulinik Asit Dehidrataz
ALAS	Aminolevulinik Asit Sentetaz
As	Arsenik
ATSDR	Toksik Maddeler ve Hastalık Kaydı Ajansı (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)
Ca	Kalsiyum
CAC	Kodeks Alimentarius Komisyonu (Codex Alimentarius Comission)
CAT	Katalaz
Cd	Kadmiyum
CdCl₂	Kadmiyum Klorür
CDC	Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi (Centers for Disease Control and Prevention)
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (European Food Safety Administration)
EPA	Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency)
FDA	Besin ve İlaç Dairesi (Food and Drug Administration)
Fe	Demir
GPX	Glutasyon Peroksidaz
GR	Glutasyon redüktaz
GSH	Glutasyon
GSSG	Glutasyon Disülfit
ICP	İndüktif Eşleşmiş Plazma
ICP-MS	İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi

JECFA	Gıda Katkı Maddeleri Ortak FAO/WHO Uzmanlar Komitesi (The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)
kg	Kilogram
LOD	Dedeksiyon Limiti (Limit of Detection)
LOQ	Gözlenebilme Limiti (Limit of Quantification)
mg	Miligram
Mg	Magnezyum
MT	Metallotionin
µg	Mikrogram
NK-kB	Nükleer Faktör Kappa B
Pb	Kurşun
PUFA	Çoklu Doymamış Yağ Asitleri (Polyunsaturated Fatty Acids)
RBC	Kırmızı Kan Hücreleri (Red Blood Cells)
ROS	Reaktif Oksijen Türleri (Reactive Oxygen Species)
SAM	S-Adenozil Metionin
SOD	Süperoksit Dismutaz
TGK	Türk Gıda Kodeksi
TÖBR	Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi
VA	Vücut Ağırlığı
YA	Yaş ağırlık
Zn	Çinko
ZPP	Çinko Protoporfirin

ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
2.1.	Hücrede oksidatif stresin oluşma mekanizması.	15
2.2.	Hem biyosentezi.	17
2.3.	Kadmiyumun vücuttaki etki mekanizması.	21
2.4.	İnsanlarda (memelilerde) arseniğin metabolik yolu.	25
2.5.	Arsenik maruziyetinin sağlık üzerine etkilerinin mekanizması.	27
4.1.	Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların Pb düzeyleri (mg/kg).	63
4.2.	Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların Cd düzeyleri (µg/kg).	63
4.3.	Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların Al düzeyleri (mg/kg).	64
4.4.	Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların As düzeyleri (mg/kg).	64
4.5.	Önerilen balık tüketimlerine göre Pb maruziyet düzeyleri (mg/kg/gün).	72
4.6.	Önerilen balık tüketimlerine göre Cd maruziyet düzeyleri (µg/kg/ay).	73
4.7.	Önerilen balık tüketimlerine göre Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta).	74
4.8.	Önerilen balık tüketimlerine göre As maruziyet düzeyleri (mg/kg/gün).	74

TABLOLAR

Tablo		Sayfa
2.1.	Bazı konserve balıklarda ve taze balıklarda saptanan ağır metal içerikleri.	10
2.2.	Kurşun toksisitesi tipleri.	18
2.3	Balık tüketimine bağlı ağır metal maruziyetinin sağlık üzerine risklerini araştıran bazı çalışmalar.	29
3.1.	Farklı marka balık konservelerinin yağda veya suda konserve olma durumuna göre dağılımları.	34
3.2.	Konserve balık türlerinin yağda veya suda konserve durumlarına göre sebzeli/soslu veya sade olma dağılımı.	35
3.3.	Sebzeli ve soslu konserve balıkların içerikleri.	36
3.4.	Mikrodalga yakma programı parametreleri.	40
3.5.	XP-1500 Plus kap sistemi temizlik programı parametreleri.	41
3.6.	Pb, Cd, Al, As Elementlerinin LOD ve LOQ Değerleri.	42
4.1.	Farklı içeriklere sahip konserve balıkların yağ, nem ve pH düzeylerinin ortalama ve standart sapma ($\bar{X} \pm SS$) değerleri.	45
4.2.	Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların yağ, nem ve pH düzeylerinin değerlendirilmesi.	47
4.3.	Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların yağ içeriklerinin (%) çoklu karşılaştırmaya göre değerlendirilmesi.	48
4.4.	Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların nem oranlarının (%) çoklu karşılaştırmaya göre değerlendirilmesi.	49
4.5.	Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların pH düzeylerinin çoklu karşılaştırmaya göre değerlendirilmesi.	50

4.6.	Farklı sos durumuna sahip konserve balıkların yağ, nem ve pH düzeylerinin değerlendirilmesi.	52
4.7.	Farklı yağ içeriğine sahip konserve balıkların yağ, nem ve pH düzeylerinin değerlendirilmesi.	53
4.8.	Farklı içeriklere sahip konserve balıkların ağır metal düzeylerinin ortalama ve standart sapma ($\bar{X} \pm SS$) değerleri.	55
4.9.	Yağlı örneklerin içerdikleri balık türüne göre ağır metal düzeylerinin ortalama, standart sapma ve ortanca değerleri.	58
4.10.	Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların Pb (mg/kg YA) düzeylerinin çoklu karşılaştırmaya göre değerlendirilmesi.	59
4.11.	Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların Cd ($\mu\text{g/kg}$ YA) düzeylerinin çoklu karşılaştırmaya göre değerlendirilmesi.	60
4.12.	Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların Al (mg/kg YA) düzeylerinin çoklu karşılaştırmaya göre değerlendirilmesi.	61
4.13.	Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların As (mg/kg YA) düzeylerinin çoklu karşılaştırmaya göre değerlendirilmesi.	62
4.14.	Farklı sos durumuna sahip konserve balıkların ağır metal düzeylerinin değerlendirilmesi.	65
4.15.	Farklı yağ içeriğine sahip ton balıklarının ağır metal düzeyleri.	66
4.16.	Konservelerin ağır metal içeriği ile nem oranı, pH ve yağ yüzdesi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi.	69
4.17.	Farklı balık türlerine ait konservelerin ağır metal içeriği ile nem oranı, pH ve yağ yüzdesi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi.	70

1.GİRİŞ

1.1. Kuramsal Yaklaşımlar

Metaller antik çağlardan itibaren işlenip kullanılmaktadır. Uzun yıllar boyunca çeşitli amaçlar için kullanılan metaller işlendikçe çevreye salınımları artmıştır. Ağır metallerin çevreye ve sulara salınımı sonucunda suda yaşayan canlılar etkilenmiştir. Suların kirlenmesindeki temel etmen endüstriyel ve tarımsal atıklardır (1). Son zamanlarda suda yaşayan canlıların özellikle balıkların toksik metallere maruziyeti konusu araştırmacıların ilgisini çekmiştir (2).

Tüketicilerin ağır metallere maruziyeti çeşitli faktörlere bağlıdır. Besinlerin yanı sıra içme suyu, hava, toprak, endüstriyel kirlenme, gıda katkı maddeleri, mesleki maruziyet ve metal işçiliği ağır metallere maruziyeti artırmaktadır (3-5). Aynı zamanda yiyecek üretimi, işlenmesi ve depolanması esnasında kullanılan araç-gereçlerden de besine ağır metal geçişi olabilmektedir (6).

Toksik ağır metallerin maruziyeti sonucunda vücutta çeşitli komplikasyonlar gelişmektedir. Ağır metal maruziyetinin derecesine göre organlarda işlev bozuklukları, iskelet sisteminde hasarlar ve nörolojik bozukluklar oluşabilmektedir (6). Toksik etkili ağır metallerden biri olan kurşun metali Çevre Koruma Ajansı'na (EPA) göre olası insan karsinojeni olarak Grup 2B sınıfında bulunmaktadır (7). Temel olarak oksidatif stresi artırarak sağlık üzerine olumsuz etkiler gösterebilmektedir. Kurşun, hematopoietik sistem, kardiyovasküler sistem ve böbrekleri olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Aynı zamanda vücutta hem biyosentezinde görevli enzimleri baskılayarak hem biyosentezini inhibe edebilir (8). Özellikle çocuklarda beyin gelişimini etkileyebilir. Yüksek doz maruziyet sonucu IQ'da azalma ve kalıcı beyin hasarı oluşmaktadır (9-11).

Sağlık üzerine olumsuz etkileri olan diğer bir ağır metal kadmiyum (Cd) ise EPA'ya göre olası insan karsinojeni olarak Grup 1B sınıfında bulunmaktadır (4). Solunum yoluyla önemli oranda kadmiyum maruziyeti olabilmektedir. Genellikle oksidatif stresi artırabilir ve gen ekspresyonu üzerinde olumsuz etkiler gösterebilmektedir. Kadmiyum maruziyeti sonucunda iskelet sisteminde bozukluklar ve böbrek disfonksiyonları oluşmaktadır. Aynı zamanda kanser riskini tetikleyici bir etmen olduğu gösterilmiştir (12-14).

Alüminyum (Al) metali, yeryüzünde en çok bulunan 3. element olup farklı alanlarda kullanılmaktadır (15, 16). Alüminyum toksisitesi sonucu genellikle sinir sisteminde hasar oluşmaktadır. Bunlardan en çok çalışılan konu Alzheimer ve Parkinson hastalığıdır (17). Alüminyumun olumsuz etkileri kemikler üzerinde de görülebilmektedir. Sinir sistemi hasarı dışında böbreklerde disfonksiyona ve iskelet sisteminde hasara da neden olabilmektedir (18, 19).

Arsenik (As) elementi metalloid grubunda yer almaktadır. Fakat metal olarak da değerlendirilmektedir. EPA tarafından Grup A insan karsinojeni grubunda bulunmaktadır (7). Arseniğin besinlerde bulunan formları değişiklik göstermektedir. Buna bağlı olarak farklı etkilere ve farklı toksisitelere sahiptir (20). Epitel dokuda hasara neden olabildiği gibi yüksek doz maruziyetin kanser riskini artırabileceği de bildirilmiştir. İnsanların balık tüketimi aracılığıyla maruz kaldığı organik As miktarı ile ilgili yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Fakat içme suları ve diğer besinler ile yüksek oranda arsenik maruziyeti riskinin olduğu bildirilmiştir (21).

Günümüzde artan teknolojik faaliyetler ve sanayileşmenin etkisiyle beraber çevre ve toprak kirliliği de artmaya başlamıştır. Bu kirlenmeye bağlı olarak canlıların da çevresel kirleticilere maruziyeti artmaktadır. Doğrudan veya dolaylı yoldan olan bu maruziyet zamanla canlılarda önemli sağlık sorunlarına neden olmaktadır (22). Balık protein, omega-3 yağ asitleri, vitamin ve mineral içeriği yönünden zengin bir besin olduğu için her yaş grubundaki bireylere önerilmektedir. Fakat balık diyetimizde ağır metaller yönünden de potansiyel bir risk olarak gösterilmektedir. Piyasadan satın alınan taze veya ısıtılmış işlem görmüş konserve balıkların özellikle büyüme ve gelişme döneminde olan çocuklar, gebe ve emziren kadınlar gibi duyarlı gruplar tarafından önemli miktarda tüketildiği göz önüne alındığında tehlikelinin boyutu da düşündürücüdür (23).

1.2. Amaç ve Varsayımlar

Besinler işlenmeden doğal olarak tüketildiği gibi uzun süre bozulmadan saklanabilmesi için ısıtım işlem uygulanarak da tüketimi sağlanmaktadır. Bu uygulamalardan biri de konserve balıktır. Günümüzde konserve balıklar, hazırlama ve tüketim kolaylığı nedeniyle farklı yaş grubundaki bireyler tarafından tercih edilmektedir. Bu çalışma Ankara piyasasında süper-hipermarketlerde ve internet üzerinden satışa sunulan farklı pH ve yağ içeriğine sahip konserve balıkların ağır metal düzeylerini (arsenik, alüminyum, kadmiyum, kurşun) belirlemek amacıyla planlanmış ve yürütülmüştür.

Varsayımlar:

1. Farklı içeriğe sahip konserve balıkların ağır metal (arsenik, alüminyum, kadmiyum, kurşun) düzeyleri arasında farklılık vardır.
2. Farklı pH değerine sahip konserve balıkların ağır metal (arsenik, alüminyum, kadmiyum, kurşun) düzeyleri arasında farklılık vardır.
3. Farklı yağ içeriğine sahip konserve balıkların ağır metal (arsenik, alüminyum, kadmiyum, kurşun) düzeyleri arasında farklılık vardır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ağır Metaller

Kodeks Alimentarius Komisyonu (Codex Alimentarius Comission-CAC)'na göre gıda kontaminantları, gıdalara istenilerek katılmadığı halde üretim, işleme, hazırlama, depolama, ambalajlama, taşıma veya çevresel kirlenme sonucunda bulaşan kimyasal maddeler olarak tanımlanmaktadır (24). Günümüzde canlıların maruz kaldığı en ciddi kontaminantlardan biri de yoğunluğu 5 g/cm^3 'ten daha yüksek olan ağır metallerdir. Ağır metaller grubuna krom (Cr), selenyum (Se), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), demir (Fe), kobalt (Co), bakır (Cu), arsenik (As), kalay (Sn), alüminyum (Al), nikel (Ni), civa (Hg) ve çinko (Zn) olmak üzere 60'dan fazla metal dâhil edilmektedir. Arsenik de metalloid grubunda olmasına rağmen genellikle ağır metal olarak sınıflandırılmaktadır (25).

Ağır metaller çevrede doğal olarak bulunmakta veya sonradan çeşitli çevresel faktörlere bağlı olarak oluşmaktadır. Ağır metaller farklı şekillerde canlıların vücuduna girebilir. Hava, su, toprak, besin, mesleki maruziyet, coğrafi konum bunlardan bazılarıdır. Havada taşınan ağır metallerle deri veya solunum yoluyla maruz kalınmaktadır. Tüketilen besinler de vücuda alınan ağır metallerin büyük bir kaynağı olarak görülmektedir (26-28). Ağır metaller türüne göre insan sağlığı üzerine farklı etkiler gösterebilmektedir (25).

2.1.1. Ağır Metallerin Genel Özellikleri

Ağır metal tanımı atomik yoğunluğu sudan 5 kat veya daha fazla oranda yüksek olan metal ve metalloidleri kapsamaktadır. Bu metaller düşük konsantrasyonlarda dahi toksik etki gösterebilmektedirler (29).

Çevre, canlı organizma veya organizma topluluğunun büyümesini, gelişimini ve yaşamını etkileyen dış faktörlerin tamamı olarak tanımlanmaktadır (30). Kirletici ise çevrede bulunan veya sonradan oluşan, olumsuz etkilere neden olan, her türlü yapı olarak değerlendirilmektedir. Ağır metaller de çevresel kirleticiler arasında bulunmaktadır. Endüstriyel gelişim ve şehirleşmeyle birlikte çevrede bulunan ağır metal oranı da artış göstermiştir (31).

Kurşun

Kurşun (Pb), insanlar tarafından en sık kullanılan metallere biridir. Kurşun metali son 6000 yıldır insan hayatında aktif olarak kullanılmaktadır (32). Yumuşak, kolay şekil alabilen, düşük erime sıcaklığına sahip ve aşınmaya karşı dayanıklı olduğu için yaygın kullanım alanına sahiptir (8). Kurşun metalinin çevredeki miktarı yıllara bağlı olarak artmıştır. Geçtiğimiz üç yüzyılda çevrede bulunan kurşun oranının 1000 kat arttığı bildirilmiştir. Bu artışın en yüksek oranı ise 1950-2000 yılları arasında gözlenmiştir (33). Bu metal biyolojik rezorpsiyonlara karşı dayanıklı olduğu için uzun süre çevrede kalabilmektedir (8).

Kurşun periyodik tabloda Grup 14 (4A)'da yer almaktadır. Üç farklı formda bulunabilir. Bunlar; sıfır değerlikli Pb (0) formu ile +2 ve +4 değerlikli olan Pb^{+2} ve Pb^{+4} ve formlarıdır. Kurşun genellikle iki veya daha fazla elementle birleşik halde bulunmaktadır (33).

Kadmiyum

Kadmiyum, yer kabuğunda doğal olarak bulunan bir metaldir. Periyodik tabloda Grup 12 (2B)'de bulunmaktadır. Saf hali gümüş-beyaz renktedir. Kadmiyum klorid ve kadmiyum sülfat suda çözünebilir formlardadır (4). Kadmiyumun iyonik formu Cd^{+2} genellikle oksijen, klor veya sülfür ile birlikte bulunur. Yapılan bir araştırmaya göre her yıl 30 bin ton kadmiyumun çevreye salındığı ve bunun 4-13 bin tonluk kısmına insanların sebep olduğu bildirilmiştir (4). Kadmiyum ilk olarak 1. Dünya Savaşı'nda boyaların içinde pigment olarak ve kalay yerine kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde şarj edilebilir pillerde, çeşitli alaşımlarda ve tütünde kullanılmaktadır. Çevreye yayılan Cd uzun yıllar boyunca toprakta kalmaktadır (17). Amerika'da, Toksik Maddeler ve Hastalık Kaydı Ajansı (Agency for Toxic Substances and Disease Registry-ATSDR)'na göre her yıl 500 binden fazla işçi kadmiyuma toksik derecede maruz kalmaktadır (17).

Alüminyum

Yeryüzünde en fazla bulunan üçüncü element olan Al doğada, suda, toprakta ve havada bulunabilmektedir. Periyodik tabloda Grup 13 (3A)'te yer almaktadır (16,

34). Boksit ve diğer alüminyum içeren madenlerden elde edilmektedir. Yumuşak, şekil alabilen, ısı ve elektriği iyi ileten yapısından dolayı birçok alanda kullanılmaktadır (15). Al, aşılarda adjuvan olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda bazı ilaçların üretiminde de çeşitli alüminyum bileşiklerine yer verilmektedir. Ek olarak Al, besinlerde gıda katkı maddesi olarak nem önleyici, sertleştirici, beyazlatıcı, topaklanmayı önleyici özelliği nedeniyle eklenmektedir (35).

Bunların dışında Al endüstrinin birçok alanında kullanılmaktadır. Ambalaj sektöründe, kâğıt üretiminde, tekstil sanayisinde, cam işlenmesinde ve seramik sektöründe kullanılmaktadır (3).

Arsenik

Arsenik (As), doğada oluşabilen, toprak, su, hava ve yiyeceklerde bulunabilen bir kirleticidir. Periyodik tabloda Grup 15 (5A)'te yer almakta ve kimyasal olarak metalloid grubunda sınıflandırılmaktadır. Hem metal hem de metal olmayan özellik gösterebilmektedir. Fakat sıklıkla metal olarak ele alınmaktadır (5). Karmaşık bir kimyasal yapıya sahiptir. İnorganik ve organik formlarda bulunabilmektedir. Her iki form da As^{+3} (Arsenit) ve As^{+5} (Arsenat) olmak üzere iki farklı iyon yapısına sahiptir. Arsenik iyonlarının karbon ve hidrojenle birleşmesiyle organik arsenik formu oluşur. Organik arsenik, temel olarak balık ve kabuklu deniz canlılarında bulunan formdur. İnorganik arsenik formu ise özellikle yer altı sularında bulunmaktadır (5).

Arsenik, 1970'li yıllara kadar tıbbi amaçlı olarak da kullanılmıştır. İnorganik arsenik lösemi, sedef hastalığı, kronik astım bronşit gibi hastalıkların tedavisinde; organik arsenik ise antibiyotik yapımında kullanılmıştır (36). İnorganik arsenik farklı kaynaklardan çevreye bulaşabilmektedir. Endüstriyel ürünler ve atıklar, jeotermal atıklar, bakır-kurşun dökümü yapılan üretim alanları ve cam imalat alanları çevreye yayılan inorganik arseniğin kaynağı olabilmektedir. Aynı zamanda herbisitler, fungusitler ve pestisitler de çevresel arsenik kontaminasyonuna neden olmaktadır (36).

2.2. Ağır Metallere Maruziyet

Ağır metallere maruziyet birçok faktörle gerçekleşmektedir. Bu faktörlerden bazıları solunum, besinler, deri yoluyla maruziyet ve endüstriyel atıklardır (4).

Kurşuna maruziyette temel kaynaklar; su, besin, toprak, mutfak eşyaları, bataryalar, kablolar ve kurşunlu benzindir (32, 37). Kurşun maruziyeti, özellikle gelişmekte olan ülkelerde önemli bir toplum sağlığı sorunudur (8).

Kadmiyum maruziyetinde ise temel olarak iki yol vardır. Birincisi su ve besin (özellikle yeşil sebzeler, tahıllar, meyveler, organ etleri ve balık) tüketimiyle, ikincisi ise solunum yoluyla olmaktadır. Solunumla alınan kadmiyumun %5-50'si akciğerler yoluyla vücuda girmektedir (4). Vücuda alınan kadmiyumun %1-10'luk kısmı besinler ve içme suyu ile alınmaktadır (4).

Alüminyum metali insanların vücuduna çeşitli yollarla girebilmektedir. Bireyler sadece besinler yoluyla değil aynı zamanda besinlere eklenen çeşitli gıda katkı maddeleri aracılığıyla da alüminyuma maruz kalabilmektedirler. Aynı zamanda çevresel faktörler (endüstriyel kirlenme, toz), ilaç kullanımı ve içme suları da alüminyuma maruziyet kaynağı olabilmektedir (38). İnsan vücuduna giren Al metalinin yaklaşık %95'inin besinlerle olduğu düşünülmektedir (39). Besinin alüminyum içeriği depolanma ve işlenme koşullarına göre de farklılık gösterebilmektedir (35).

Arsenik maruziyeti incelendiğinde, diyet temel neden olarak gösterilmektedir. Özellikle içme suları, balık ve deniz ürünleri başlıca kaynaklardır (40). Birçok besinde düşük seviyede de olsa inorganik ve organik arsenik bileşikleri bulunmaktadır. Balıktaki organik arsenik formunun diğer besinlerde bulunan inorganik formuna kıyasla daha az toksik olduğu belirlenmiştir (41). Besinler ile arseniğe maruz kalmak, balık ve deniz ürünleri tüketimine bağlı olarak bölgeden bölgeye değişiklik gösterebilmektedir (36).

Ağır metal maruziyetine bağlı risk değerlendirilmesi yapılırken birçok faktör göz önünde bulundurulmaktadır. Yaş, cinsiyet, sosyo-ekonomik düzey, beslenme durumu, maruziyet seviyesi, maruziyet süresi, genetik özellikler ve yatkınlık ağır

metal toksisitesini değerlendirmede rol oynamaktadır (42). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) gıda kontaminantı olarak vücuda alınan ağır metallerin değerlendirilmesinde direkt ve indirekt olarak çeşitli yaklaşımların olduğunu bildirmiştir. Direkt ölçüm metodunda bireylerin tükettiği tüm yiyecek ve içeceklerin içeriğindeki ağır metal analizleri yapılmaktadır. İndirekt ölçüm metodunda ise; bireylerin farklı yaşı ve cinsiyet gruplarına göre besin tüketimleri saptanır, daha sonra her besin grubunun ağır metal içeriği analiz edilerek bireylerin maruziyet hesabı yapılmaktadır. Direkt ölçüm metodunun indirekt ölçüm metoduna kıyasla daha hassas ölçüm olduğu bildirilmiştir (43).

2.2.1. Besinlerin Ağır Metal İçeriği

Besinler yoluyla ağır metal maruziyetinde farklı çevresel etmenler rol oynamaktadır. Toprakta yetiştirilen tahıllar, sebzeler ve meyveler gibi bitkisel ürünlerde, coğrafik konum, toprak tipi, sanayileşme, toprak ve su kirliliği, kullanılan tarım ilaçları, endüstriyel kirlilik derecesi, besin hazırlama ve işlemede kullanılan ekipmanlar gibi faktörler besinlerin ağır metal içeriklerini etkilemektedir. Aynı zamanda ağır metaller bu çevresel etmenler aracılığıyla büyükbaş ve küçükbaş hayvanları, kümes hayvanlarını ve suda yaşayan deniz canlılarını kontamine etmektedir (44, 45).

Toprakta bulunan ve insanlar tarafından en çok kullanılan metallerden biri olan kurşun metali toprakta yetişen besinlere geçer ve besinleri yıkamakla tam olarak besinden uzaklaşamaz. Bu nedenle toprakta yetişen tüm besinlerde az miktarda da olsa kurşun metali bulunmaktadır (46).

Gelişen endüstriyle birlikte kullanımı da artan kadmiyum metalinin diyetle maruziyetini belirlemek için yapılan bir çalışmada 420 farklı besin ve içekte kadmiyum düzeyi saptanmıştır. Bu besinlerin toplum tarafından tüketimleri belirlenerek diyet aracılığıyla kadmiyuma maruziyet hesaplanmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre diyetle alımın tolere edilebilen üst düzeyin altında olduğu saptanmıştır (44).

Alüminyumun diyetle maruziyeti üzerine yapılan farklı çalışmalar bulunmaktadır (47-51). Bunlardan bir kısmı yalnızca besinlerin içeriğindeki Al düzeyini ölçerken (50, 51), diğerleri ise besinlerin işlenmesi esnasında Al düzeyindeki değişimleri de göz önünde bulundurmaktadır (47-49).

Besinlerdeki arsenik seviyesi besinin türüne, yetiştirilme koşullarına, kullanılan suyun içeriğine ve işleme sürecine bağlı olarak değişmektedir. En yüksek arsenik içeriği deniz ürünlerinde saptanmıştır. Bunu etler, tahıllar, sebzeler, meyveler, süt ve süt ürünleri takip etmektedir. Balıklarda, sebzelerde ve meyvelerde arseniğin organik formu daha yüksek oranda bulunurken, diğer besinlerde ise inorganik arsenik formu daha baskındır (41). Tipik bir batı diyetinde tahıllar 0.02 mg/kg; kırmızı etler, kanatlı etler ve balıklar 0.14 mg/kg arsenik içeriğine sahiptir. Kabuklu deniz ürünleri daha yüksek oranda arsenik içerebilir (5).

Yapılan çalışmalarda arsenik genellikle toplam arsenik olarak değerlendirilmektedir (52, 53). Arsenik türlerinin analizinin daha önemli olduğu bildirilmiştir. Çünkü besinlerin içeriğindeki farklı arsenik türleri farklı toksisiteye sahip olabilmektedir (20, 54). Toksikolojik açıdan organik arseniğin yüksek dozları ile inorganik arseniğin düşük dozlarının etkilerinin birbirine benzer olabileceği düşünülmektedir. Fakat bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar yetersiz bulunmuştur (5). Konserve ve taze balıkların ağır metal içeriği ile ilgili yapılan bazı çalışmaların sonuçları Tablo 2.1’de özetlenmiştir.

Tablo 2.1. Bazı konserve ve taze balıkların ağır metal içerikleri (mg/kg yaş ağırlık).

Araştırmacı	Yıl	Ülke	Konserve/Taze Balıklar	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Al (mg/kg)	As (mg/kg)	Kaynak No
Mol S.	2011	Türkiye	Konserve balıklar					
			Konserve palamut	0,209	0,004			(55)
			Konserve sardalya	0,284	0,010			
Mol S.	2011	Türkiye	Konserve uskumru	0,313	0,015			
			Konserve ton balığı	0,28	0,01			(56)
			Konserve alabalık	0,167	0,001			(57)
Çelik ve Oehlenschläger	2007	Türkiye	Konserve ton balığı A	0,076	0,247			(58)
			Konserve ton balığı B	0,117	0,182			
			Konserve ton balığı	0,10	0,08	0,45		(59)
Tüzen ve Soylak	2007	Türkiye	Konserve palamut	0,25	0,06	0,63		
			Konserve sardalya	0,09	0,19	0,98		
			Konserve istavrit	0,16	0,25	1,50		
Ashraf ve ark.	2006	Suudi Arabistan	Konserve somon	0,31	0,16			(60)
			Konserve ton balığı	0,23	0,22			
			Konserve sardalya	0,84	0,18			
Voegborlo ve ark.	1999	Libya	Konserve ton balığı	0,28	0,18			(61)

Tablo 2.1. (Devam) Bazı konserve ve taze balıkların ağır metal içerikleri (mg/kg yaş ağırlık).

Araştırmacı	Yıl	Ülke	Konserve/Taze Balıklar	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Al (mg/kg)	As (mg/kg)	Kaynak No
Mendil ve ark.	2010	Türkiye	Taze balıklar					
			Palamut	0,28	0,35			(62)
			Barbunya	0,40	0,23			
			Karagöz istavrit	0,64	0,22			
Tüzen	2009	Türkiye	Bakalyaro	0,46	0,18			
			Kalkan balığı	0,28	0,10		0,15	(63)
			Uskumru	0,45	0,15		0,32	
			Bakalyaro	0,53	0,21		0,17	
			Barbunya	0,36	0,17		0,11	
			Dubar	0,68	0,35		0,23	
			Lüfer	0,87	0,23		0,27	
			Palamut	0,61	0,13		0,14	
			Karagöz istavrit	0,82	0,32		0,18	
			Hamsi	0,30	0,27		0,25	
			Çaça balığı	0,46	0,30		0,17	
			Yılan balığı	1,16	0,16			(64)
Yılmaz	2009	Türkiye	Dubar	0,43	0,12			
			Nil tilapyası	1,12	0,12			

Tablo 2.1. (Devam) Bazı konserve ve taze balıkların ağır metal içerikleri (mg/kg yaş ağırlık).

Araştırmacı	Yıl	Ülke	Konserve/Taze Balıklar	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Al (mg/kg)	As (mg/kg)	Kaynak No
Burger ve Gochfeld	2005	ABD	Lüfer	0,06	0,006		0,26	(53)
			Patagonya diş balığı	0,11	0,004		1,7	
			Morina	0,12	0,0005		2,2	
			Granyöz	0,09	0,001		1,9	
			Pisi balığı	0,06	0,01		3,3	
			İzmarit balığı	0,14	0,004		1,8	
			Kırlangıç balığı	0,12	0,002		0,23	
			Mezgit	0,09	0,009		1,9	
			Ton balığı	0,04	0,03		1,0	

2.2.2. Balık Tüketimi ile Ağır Metallere Maruziyet Arasındaki İlişki

Ağır metaller vücuda çeşitli yollarla girebilmektedir ve özellikle konserve balıklarda balığın yaşına, türüne, gelişim durumuna ve diğer fizyolojik faktörlerine göre konsantrasyonu değişiklik gösterebilmektedir. Ağır metal maruziyeti yaşa, cinsiyete ve fizyolojik duruma göre farklılık göstermektedir (65).

İtalya’da yapılan bir çalışmada taze balıkların Pb ve Cd içerikleri analiz edilmiştir. Bireylerin balık tüketimleri de göz önünde bulundurularak ağır metal maruziyetleri incelenmiştir. Bu çalışmaya göre bireyler tahmini haftalık Pb alımlarının yaklaşık %1.5’ini, günlük tolere edebilecekleri Cd seviyesinin ise yaklaşık %20’sini balıklardan aldığı rapor edilmiştir (66).

Fazla miktarda balık tüketen (33 öğün/ay) anneler üzerinde yapılan bir çalışmaya göre ise kord kanındaki ortalama Pb konsantrasyonunun (12.5 µg/L) yasal limitlerin (100 µg/L) altında olduğu saptanmıştır. Anneden bebeğe geçen Pb miktarının toksik etki göstermeyeceği bildirilmiştir (67). Yapılan başka bir çalışmada farklı besinlerin Cd içeriği analiz edilmiştir. Sonuç olarak en yüksek Cd konsantrasyonunun balıkta ve organ etlerinde olduğu saptanmıştır (44).

Balıkta bulunan organik arsenik formunun düşük toksisiteye sahip olması nedeniyle çalışmaların çoğunda bu duruma dikkat edilmemektedir. Balığın besleyici değeri düşünülerek arsenik maruziyeti açısından riskli olmadığı bu nedenle tüketiminde kısıtlama yapılmasına ihtiyaç olmadığı düşünülmektedir (20).

2.3. Ağır Metallerin Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri

Ağır metaller genellikle çevresel faktörlerle vücuda girer. Bazı ağır metaller iz elementler olarak vücut fonksiyonlarının sürdürülmesinde görev alırken, bazı ağır metaller ise vücutta birikime yol açarak toksik etki gösterebilmektedir (68).

2.3.1. Kurşunun Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri

Kurşun özellikle solunum ve oral yolla vücudumuza girmektedir. Deri yoluyla da cilde bulaşan kurşunun az miktarı emilebilmektedir. İnsan vücudunda kurşun kullanılmamakta fakat depolanabilmektedir (69).

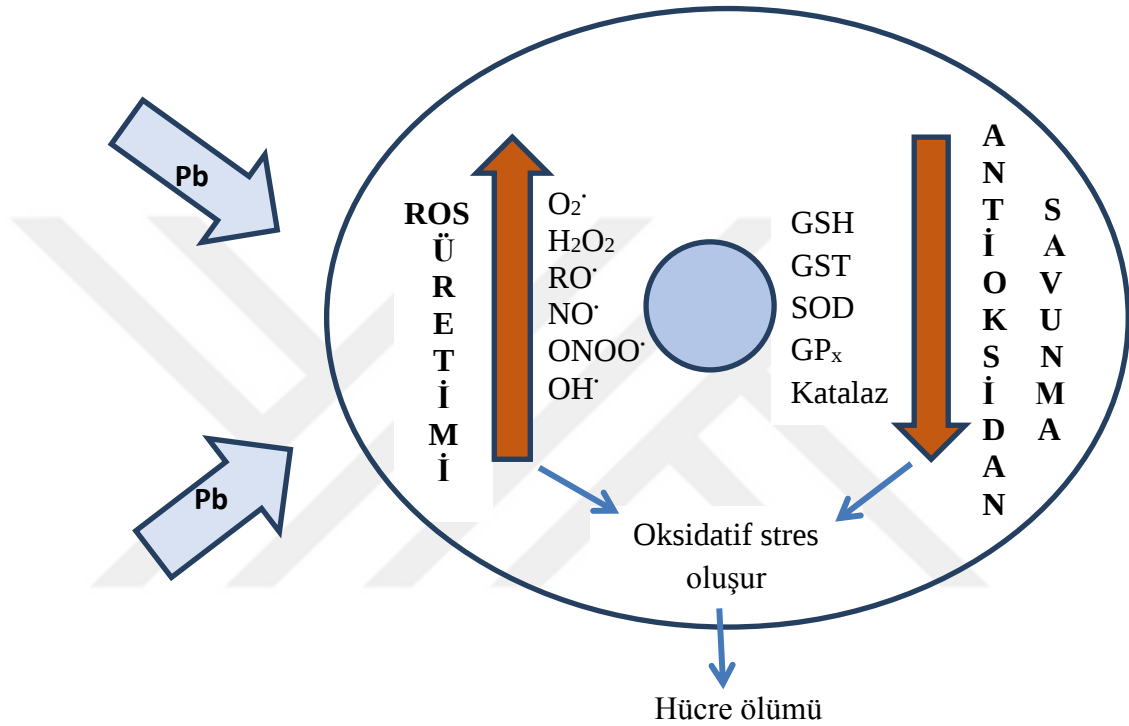
Kurşun vücuda girdikten sonra yumuşak dokulara ve organlara (özellikle karaciğer, böbrekler, akciğer, beyin dalak, kaslar, kalp) geçmektedir. Yetişkinlerde kurşun Emilimi %60-80 iken, çocuklarda %100'e kadar çıkabilmektedir (70). Vücuda alındıktan yaklaşık birkaç hafta sonra kemiklere ve dişlere geçerek burada depolanmaktadır (33). Daha sonra ise kan-beyin bariyeri ve plasentaya geçebilmektedir (71). Kemikler, vücudumuzda kurşunun depolandığı temel alanların başında gelmektedir (69). Gebelik, emzirme ve yaşlılık gibi dönemlerde kemiklerin rezorpsiyonuyla kurşun tekrar kana ve organlara geçebilmektedir (33). Vücuda alınan organik kurşun formunun tamamına yakını emilmektedir. Organik ve inorganik kurşun formlarının her ikisi de karaciğerde metabolize edilmektedir (33).

Emilen kurşunun atımında temel yolun idrar olduğu bilinmektedir. Özellikle böbrekte glomeruler filtrasyon ile atılan kurşun elementi gastrointestinal yoldan safra ile de atılabilmektedir (71). Kurşunun yarılanma ömrünün kanda 35 gün, yumuşak dokularda 40 gün, kemikte ise 20-30 yıl arasında olduğu belirlenmiştir (37).

Kurşun metali EPA'ya göre Grup 2B'de olası karsinogen sınıfında bulunmaktadır (7). Kurşun toksisitesi için yenidoğanlar, hamileler ve kurşuna maruziyeti mesleki açıdan yüksek olan bireyler risk grubunu oluşturmaktadır (37). Özellikle yenidoğan ve çocuklarda gelişen sinir sisteminde kurşun Emilimi daha yüksektir. Çocuklarda sistemik olarak dolaşımda bulunan kurşunun beyne geçme oranı yetişkinlere kıyasla daha fazladır (72). Düşük düzeyde maruziyet sonucunda çocuklarda dikkat dağınıklığı, hiperaktivite ve huzursuzluk semptomları belirlenmiştir. Yüksek doz maruziyet sonucu ise büyüme geriliği, zekâ geriliği, kısa dönem hafıza kaybı ve duyma kaybının gelişebileceği, ileri safhalarda ise kalıcı beyin hasarının oluşabileceği bildirilmiştir (73).

Yetişkinlerde iş hayatından dolayı kurşun maruziyeti daha sık görülmektedir. Bunun sonucunda öncelikli olarak merkezi sinir sisteminde hasar oluşmaktadır (32). Ancak yetişkinlerde öncelikli olarak periferik sinir sisteminin etkilendiğini, çocuklarda ise merkezi sinir sisteminin etkilendiğini belirten çalışmalar da bulunmaktadır (74, 75).

Kurşun toksisitesinin temel mekanizmasının oksidatif stres olduğu düşünülmektedir. Oksidatif stres, serbest radikallerin üretimi ve reaktif ara ürünlerin detoksifikasyonu arasındaki dengesizliğin sonucunda ortaya çıkmaktadır (9). Kurşun toksisitesinde oksidatif stres iki yolla oluşmaktadır. Bunlardan biri hidroperoksit ($\text{HO}_2^\cdot$), tekli oksijen ve hidrojen peroksit (H_2O_2) gibi reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşması, diğeri ise antioksidan depolarının boşalmasıdır (76).



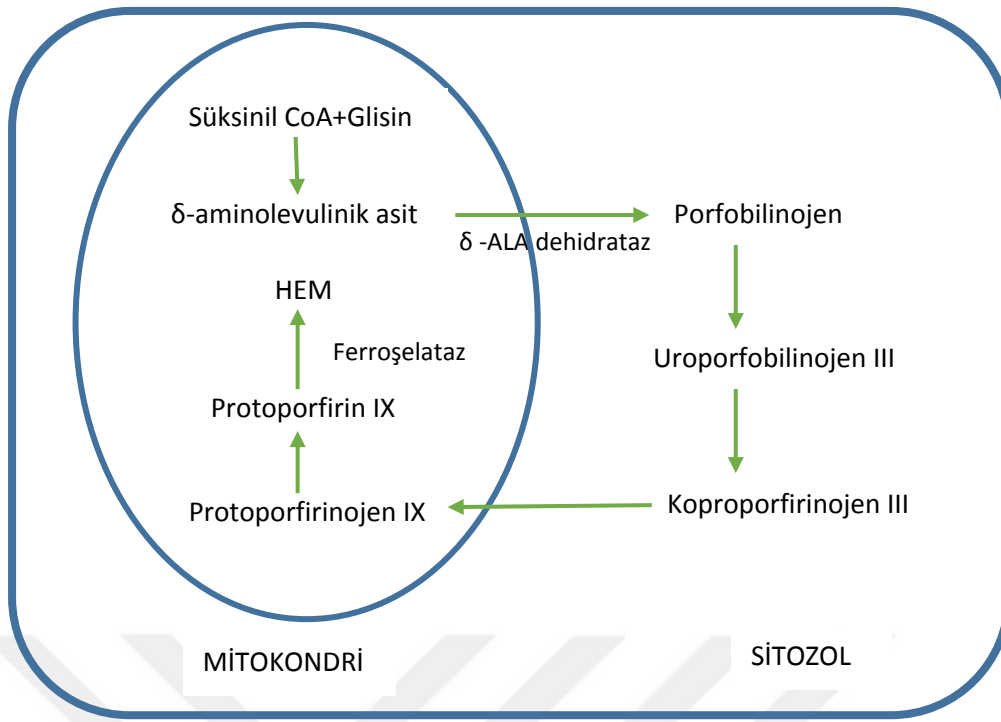
Şekil 2.1. Hücrede oksidatif stres oluşum mekanizması (8).

Vücuttaki antioksidan savunma sistemi ROS oluşumunu önlemektedir. Hücrelerde bulunan en önemli antioksidan glutatyon (GSH)'dur. Glutatyon sülfidril gruplarına sahip bir tripeptit olup, serbest radikallerin yok edilmesinde önemli rol oynamaktadır. Glutatyon hem indirgenmiş formda (GSH) hem de okside formda (GSSG) bulunabilmektedir (Şekil 2.1). GSH, sistein rezidülerinde bulunan tiol gruplarından elektron vererek ROS'u stabil hale getirir. Elektron verdikten sonra başka bir glutatyon molekülü ile birleşerek glutatyon peroksidaz (GPX) enziminin yardımıyla glutatyon disülfidi (GSSG) oluşturur. Normal koşullarda glutatyonun %90'ı indirgenmiş formda (GSH), %10'u ise okside formda (GSSG) bulunmaktadır. Fakat oksidatif stres durumunda GSSG konsantrasyonu, GSH'den çok daha yüksektir.

(8). Antioksidan enzimlerde bulunan sülfidril grupları ile kurşun bileşeni arasında kovalent bağ oluşmaktadır. Kurşun sülfidril gruplarına bağlanarak glutasyonu inaktive etmektedir. Benzer şekilde δ -amino levulinik asit dehidrataz (ALAD), glutasyon redüktaz (GR), GPX ve glutasyon-S-transferaz gibi enzimleri de inaktive etmektedir (77). Aynı zamanda kurşun, süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (CAT) enzimlerini de inaktive ederek süperoksit radikallerinin atımını engeller. Kurşun, sülfidril gruplarıyla bağlanmasının yanı sıra bu enzimlerin kofaktörü olarak görev alan çinko (Zn) iyonlarının yerine geçerek de enzim aktivitesini engelleyebilmektedir (78).

Kurşun iyonik olarak iki değerlikli olan kalsiyum (Ca^{+2}), magnezyum (Mg^{+2}), demir (Fe^{+2}) gibi katyonların yerini alabilme yeteneğine sahiptir. Kalsiyumun yerine geçerek nörolojik bozukluklara neden olmaktadır. Kan-beyin bariyerinden yüksek oranda geçebilmekte böylece olgunlaşmamış astroglial hücrelere kolayca zarar verebilmektedir (79). Çok düşük konsantrasyonlarda da kalsiyumun yerini alarak sinir uyarımı ve hafızayı düzenleyen protein kinaz C gibi nörotransmitterleri etkileyebilmektedir. Ayrıca hücreler arası iletişimi, nörotransmitterlerin alımı için aksiyon potansiyellerinin üretilmesi, alımı ve tutulmasının düzenlenmesi gibi sayısız hayati biyolojik aktiviteden sorumlu olan sodyum iyonunun konsantrasyonunu da etkilemektedir (80). Kurşun, hem biyosentezinde yer alan δ -aminolevulinik asit dehidrataz (ALAD), δ -aminolevulinik asit sentetaz (ALAS) ve ferroşelataz enzimlerini inaktive ederek hem sentezini de etkilemektedir (Şekil 2.2). Kurşunun ALAD enzimi üzerindeki inhibisyonu daha şiddetlidir. Bunun sonucunda kırmızı kan hücreleri (RBC) hemolize duyarlı hale gelmektedir (10). Tüm bu mekanizmalar sonucunda hücreler oksidatif strese karşı hassas ve dayanıksız hale gelmektedir.

Genellikle kandaki kurşun düzeyi 10-20 $\mu\text{g/dL}$ olduğunda ALAD enzimi inhibe olmaktadır. Fakat hem sentezinin inhibe edilmesi için ALAD enziminin %80-90 oranında inhibe olması gerekmektedir. Kandaki kurşun seviyesi 55 $\mu\text{g/dL}$ olduğunda hem biyosentezi baskılanmaktadır (11).



Şekil 2.2. Hem biyosentezi (77).

Kurşun, hem sentezinde yer alan çeşitli anahtar enzimleri inhibe ederek hemogloblin sentezini kısıtlar ve böylece hematopoietik sistemi etkiler. Aynı zamanda hücre zarlarının hassasiyetini artırarak dolaşımda bulunan eritrositlerin ömrünü azaltır. Fakat bu mekanizma henüz tam olarak anlaşılamamıştır (8).

Kurşun elementinin toksisitesinden en çok sinir sistemi, hematopoietik sistem, kardiyovasküler sistem ve böbrekler etkilenmektedir (81). Akut toksisite genellikle mesleki maruziyet sonucu görülmektedir. Akut kurşun zehirlenmesi baş ağrısı, sinirlilik, karın ağrısı ve sinir sisteminde çeşitli semptomlara neden olmaktadır. Kronik toksisite ise akut toksisiteye göre daha sık rastlanan bir durum olup, kandaki kurşun seviyesinin 40-60 µg/dL'ye çıkması halinde görülmektedir. Kronik kurşun zehirlenmesi sinirlilik hali, konstipasyon, bulantı gibi semptomların yanı sıra körlük, dikkat eksikliği, bilişsel bulanıklık, koma ve ölüme neden olabilmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda uzun süreli kurşun maruziyetinin sonucunda bilişsel fonksiyonların azaldığı ve saldırganlık, psikoz, konfüzyon ve mental yetersizlik gibi davranışsal bozuklukların arttığı görülmüştür (8, 82, 83). Kurşun, kadın ve erkeklerin üreme sağlığını da olumsuz etkilemektedir. Erkeklerde anormal spermatogeneze, kromozomal hasara, anormal prostat fonksiyonuna ve serum testosteron seviyesinde

değişikliklere neden olabilmektedir. Kadınlarda ise infertilite, düşük doğum, pre-eklamsi, hamilelikte hipertansiyon ve prematüre doğuma neden olabilmektedir (9).

Tablo 2.2’de kurşun zehirlenmesi türlerine göre klinik semptomlar verilmiştir (8).

Tablo 2.2. Kurşun toksisitesi türleri (8).

	Maruziyet	Kandaki Kurşun Düzeyi (ug/dL)	Klinik Semptomlar
Akut toksisite	Kısa dönem yoğun maruziyet	100-120	Kas ağrısı, yorgunluk, abdominal ağrı, baş ağrısı, kusma, nöbet, koma
Kronik toksisite	Uzun dönem düşük düzeyde maruziyet	40-60	Sürekli kusma, ensefalopati, letarji, deliryum, konvülsiyon, koma

Kurşun toksisitesi nedeniyle iki farklı tip anemi ortaya çıkabilir. Bunlardan biri kısa dönem yüksek miktarda kurşuna maruziyet sonucu görülen hemolitik anemi, diğeri ise kandaki kurşun seviyesinin uzun süreli yüksek olması sonucu görülen frank anemidir (84).

2.3.2. Kadmiyumun Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri

İnsan vücudunda, oral yoldan alınan kadmiyumun büyük bir kısmı gastrointestinal kanaldan sindirilmeden geçmektedir. Sindirim kanalından geçerken bir kısım kadmiyum intestinal mukoza tarafından tutulmakta, kana veya lenfe geçişi önlenmektedir. Kısa dönem maruziyette kadmiyumun yaklaşık %85-90’ı feçesle atılmaktadır (85).

İnsanlarda kadmiyumun Emilimi esansiyel bir mineral olan demire benzer şekilde gerçekleşmektedir. Kadmiyum Emilimi diyetdeki demirin ve kalsiyumun eksikliğinden etkilenmektedir. Demir eksikliği olan bireylerde kadmiyum Emiliminin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Yüksek miktarda Cd alımı, Ca metabolizmasında bozukluklara ve böbrek taşlarına da neden olabilmektedir. Kadmiyumun Emilimi için

özel bir mekanizma yoktur (4). Emilen kadmiyum kan aracılığı ile taşınmakta ve karaciğer ile böbrekler başta olmak üzere tüm vücuda dağılmaktadır (86). Vücuda alınan kadmiyumun bir kısmı zamanla idrar ve feçesle atılmaktadır, bir kısmı da karaciğer ve böbrekler tarafından zararsız forma dönüştürülmektedir. Fakat fazla miktarda kadmiyuma maruz kalındığında bu dönüşüm yetersiz kalabilmektedir (4).

Kadmiyumun yarılanma ömrü oldukça yavaştır. Yapılan bir çalışmada, kadmiyumun insan vücudundaki yarılanma ömrünün 26 yıldan fazla olduğu saptanmıştır (87). Başka bir çalışmada ise insanlarda böbrekte 6-38 yıl, karaciğerde 4-19 yıl arası yarılanma ömrüne sahip olduğu belirlenmiştir (88). Böbrek ve karaciğer kadmiyumun uzun dönemde depolandığı organlar olarak bilinmektedir. Kadmiyumun insan vücudunda yarılanma ömrü yaklaşık olarak 17-30 yıl arasındadır. Bu sürede birçok organa zarar vermektedir. Böbrekte renal tübüler disfonksiyona, proteinüriye ve kronik böbrek yetmezliğine; kalpte aortik/koroner ateroskleroza, kolesterol ve serbest yağ asitlerinde artışa ve akciğer fibrozisine neden olabilmektedir. Aynı zamanda iskelet sistemi, plasenta, beyin ve merkezi sinir sistemine de zarar vermektedir (4).

Kadmiyumun maruziyet düzeyinin belirlenmesinde balık tüketimi önemlidir. Çünkü balık, kadmiyum açısından önemli bir kaynaktır. Balık ve diğer deniz ürünlerinde bulunan kadmiyum $CdCl_2$ (kadmiyum klorür) formundadır. Tüketilen kadmiyumun yaklaşık %3-8'inin gastrointestinal yoldan emildiği rapor edilmiştir. Kadmiyum özellikle böbreklerde biriktiği için kas dokusunda daha az düzeydedir. Plazma kadmiyumu özellikle metallotionin ve albümine bağlı olarak dolaşımda bulunmaktadır (4).

Kadmiyum metali Uluslararası Kanseri Araştırma Enstitüsü'ne göre Grup 1 insan karsinojeni sınıfındadır. EPA'ya göre ise olası insan karsinojeni grubunda Grup 1B sınıfında bulunmaktadır (4). Kadmiyum toksisitesi Japonya'da Itai-Itai hastalığı olarak 1955 yılında ortaya çıkmıştır. Böbrek hasarı, immün yetersizlik ve iskelet sistemi hasarı belirlenmiştir (89). Aynı zamanda bu hastalık osteomalazi, osteoporoz, ağrılı kemik kırıkları ve böbrek disfonksiyonu ile karakterizedir (12). Kadmiyumun sindirim kanalıyla maruziyeti üzerine yapılan çalışmaların büyük bir kısmı ratlarla yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda orta süreyle (15-364 gün) oral yoldan kadmiyuma

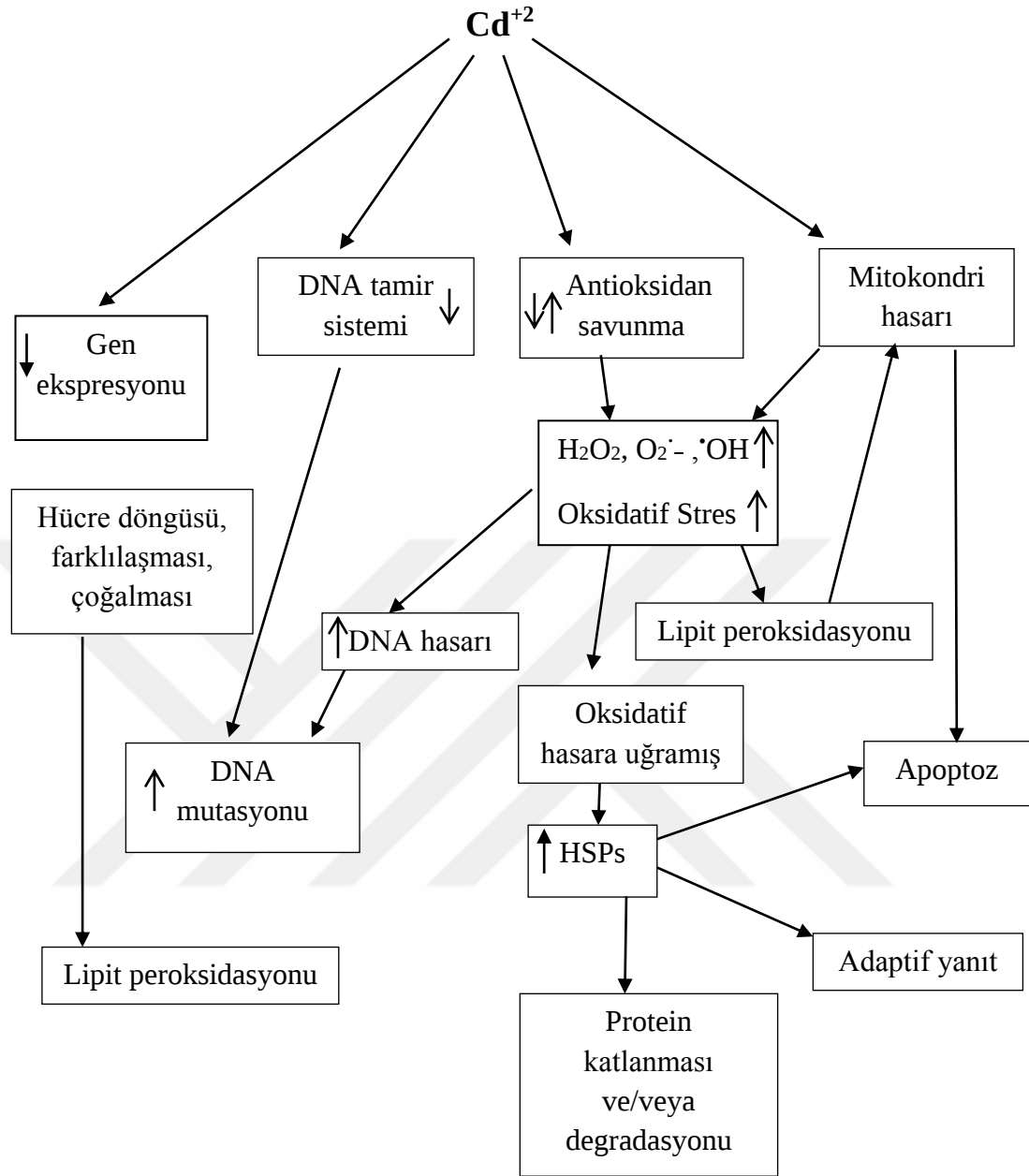
maruz bırakılan ratlarda genellikle büyümekte ve gelişmekte olan iskelet sisteminde bozukluklar görülmüştür. Kemiklerin mekanik gücünün bozulması, kemik turnoverinde artma, kemik mineral yoğunluğunda azalma gözlenmiştir (90-92).

Kadmiyum, hücre döngüsünü ve DNA metilasyonunu etkilemektedir. DNA üzerine etkisi doza bağımlıdır. Düşük konsantrasyonlarda maruziyet sonucunda DNA sentezi ve hücre proliferasyonunu artırır (93).

Kadmiyum, akciğer ve beyin başta olmak üzere bazı organlarda serbest radikal oluşumunu artırarak lipid peroksidasyonunu artırmaktadır. Serbest radikaller aynı zamanda nükleik asitlerin oksidasyonuna, DNA tamir mekanizmasında ve membran yapısında/fonksiyonunda değişimlere, enerji metabolizmasında inhibisyona neden olabilmektedir (94). Kadmiyumun sağlık üzerine etkilerinin mekanizması Şekil 2.3'te özetlenmiştir.

Kadmiyum özellikle işçilerde solunum yoluyla yüksek oranda maruziyette ciddi akciğer hasarına neden olabilmektedir. Uzun süreli düşük dozda maruziyet sonucunda ise kadmiyum böbreklerde birikir ve bunun sonucunda böbrek hastalıkları oluşmaktadır (4, 95). İşçilerin uzun süre kadmiyuma maruz kalmalarının akciğer kanseri gelişimine sebep olduğu bilinmektedir (96).

Ratlar üzerinde yapılan bir çalışmada oral Cd maruziyetinin prostat ve testis kanserini tetikleyebildiği bildirilmiştir. Cd yüksek dozlarda alındığında hücrede proliferasyonu artıran veya hücre apoptozunu bloke eden anormal gen ekspresyonuna neden olabilmektedir (97). Bir diğer çalışmada uzun süreli Cd maruziyeti sonucunda başta akciğer kanseri olmak üzere kolon kanseri, mide kanseri gibi çeşitli farklı kanser türlerinin insidansının arttığı belirlenmiştir (13). Kadmiyumun östrojenik etkiler gösterebildiği ve böylece hormon ilişkili endometrium kanseri riskiyle de Cd maruziyeti arasında pozitif ilişki olduğu bulunmuştur (98).



Şekil 2.3. Kadmiyumun vücuttaki etki mekanizması (14).

Vücuttaki kadmiyum miktarı belirlenirken genellikle idrardaki düzeyi ölçülmektedir. Kandaki kadmiyum düzeyi genellikle yakın zamandaki maruziyetin belirteçidir. Fakat idrardaki kadmiyum hem geçmişte hem de yakın dönemdeki maruziyeti göstermektedir (4). Metallothionein (MT) kadmiyuma bağlanan bir protein olduğundan maruziyeti gösteren önemli belirteçlerdendir. MT aynı zamanda vücuttaki kadmiyum yükünün de göstergesidir (42).

2.3.3. Alüminyumun Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri

Alüminyum (Al), özellikle bağırsağın duodenum ve jejunum bölümünden emilmektedir. Biyoyararlılığı ise diğer iz elementler ve metal bağlayıcılar gibi diyet faktörlerine bağlı olarak değişmektedir (99). Diyetle alınan laktik asit alüminyumun gastrointestinal yoldan emilimini artırmaktadır. Aynı zamanda C vitamini ve Ca^{+2} da Al emilimini artırıcı diyet faktörleri olarak bildirilmiştir (35). Alüminyum kan yoluyla diğer organlara taşınmaktadır. Alüminyumun vücuttaki toplam yükü, maruziyet süresi ve dozu, bireyin yaş, cinsiyet metabolik durum gibi kişisel özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (100). Oral yoldan alınan Al beyin, iskelet sistemi, kas dokusu, böbrekler ve kalpte birikmektedir (101). Solunum yoluyla vücuda giren Al öncelikle akciğer, lenf ve dalakta birikmektedir. Vücuttaki alüminyum yükünün yaklaşık olarak yarısının iskelette biriktiği düşünülmektedir (46). İskelet sistemi, kemik mineralinin hidrasyon kabuğu içinde alüminyum iyonlarının sıkışması, yeni oluşan kemik mineral bölgelerine alüminyum geçişi ve kemik matriksinin fosfoproteinler gibi asidik organik bileşenlerine alüminyumun bağlanması gibi mekanizmalarla Al yüküne maruz kalmaktadır (102).

Vücuttan alüminyumun başlıca atımı idrarla olmaktadır. Safra ile de bir miktar Al atımı olmaktadır. Kısa dönem maruziyetin değerlendirilmesinde idrar kullanılırken, uzun dönem maruziyetin belirlenmesi için plazma düzeyleri göz önünde bulundurulmaktadır. Vücuttaki Al yükünün saptanmasında en güvenilir yöntem ise kemik alüminyum düzeyinin ölçümüdür (3).

Alüminyumun nörodejenaratif hastalıklarla ilişkili olduğu belirlenmiştir (18). Yapılan çalışmalarda özellikle Alzheimer hastalığı, Parkinson hastalığı, diyaliz ensefalopatisi ve multiple skleroz ile ilişkisi olduğu öne sürülmüştür (103-106). Özellikle Alzheimer ve Al arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalar oldukça fazladır (107-112). Alüminyumun yüksek konsantrasyonlarda bulunması Alzheimer hastalığının nöropatolojisinin temelinde bulunan amiloid agregasyonunu ve birikimini artırmaktadır (107, 108). Aynı zamanda Al nükleer faktör kappa B (NK-kB) aracılığıyla inflamatuvar sinyalizasyonu artırmaktadır (109, 110). Alüminyumun Alzheimer hastalığının gelişimini indüklediği mekanizmalardan biri de lipid peroksidasyonunu ve oksidatif stresi artırmasıdır (111, 112).

Alüminyum, nörodejeneratif hastalıkların yanı sıra kemik hastalığına ve mikrositik hipokromik anemiye de neden olabilen bir çevresel faktördür. Mikrositik hipokromik anemide Al hematopoietik öncül hücrelerin gelişimini engellemektedir (102). Aynı zamanda eritrositlerde oksijen taşınmasını olumsuz yönde etkilemektedir (3).

Alüminyum, osteoblast ve osteoklast aktivitesini yavaşlatabilir. Bu durum osteomalazi ve adinamik kemik hastalığına neden olmaktadır (19). Alüminyumun, kemikte düşük miktarlarda birikimi sonucu Ca metabolizması bozulmaktadır. Kemiklerde bulunan alüminyum hidroksiapatit kristalleri, kalsiyum hidroksiapatitin birikimine ve çözünmesine engel olarak kemik kırılabilirliğini artırmaktadır (113). Renal fonksiyon yetersizliği olan bireylerde idrarla alüminyum atımı sınırlı olduğundan vücutta Al birikimine bağlı olarak toksisite gelişebilmektedir. Bu durum kemik ve beyin hasarına yol açabilmektedir. Uzun süre tozlu ortamda yaşama, uzun süreli intravenöz beslenme, hemodiyaliz, Al içeriği yüksek besinler tüketimi Al toksisitesinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Diyaliz hastalarında da kontamine olmuş diyalizat ve fosfat bağlayıcılar nedeniyle Al toksisitesi gelişebilmektedir. Yüksek dozda alüminyuma maruz kalmak sekonder hiperparatiroidizm gelişimine, alüminyuma bağlı kemik hastalıklarına, alüminyuma bağlı osteomalaziye neden olmaktadır. (17).

Alüminyumun çeşitli kanser türlerinin gelişiminde risk faktörü olduğu saptanmıştır. Özellikle mesleki maruziyetin insanlarda karsinojen etki yarattığı bilinmektedir (114, 115).

2.3.4. Arseniğin Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri

Arsenik (As), organik ve inorganik olarak iki gruba ayrılmaktadır. Arseniğin farklı formları farklı fiziko kimyasal özelliğe ve biyoyararlanıma sahiptir (20). Yapılan hayvan ve insan çalışmalarında arsenit ve arsenat bileşiklerinin yaklaşık %95 oranında vücut tarafından absorbe edildiği belirlenmiştir (5).

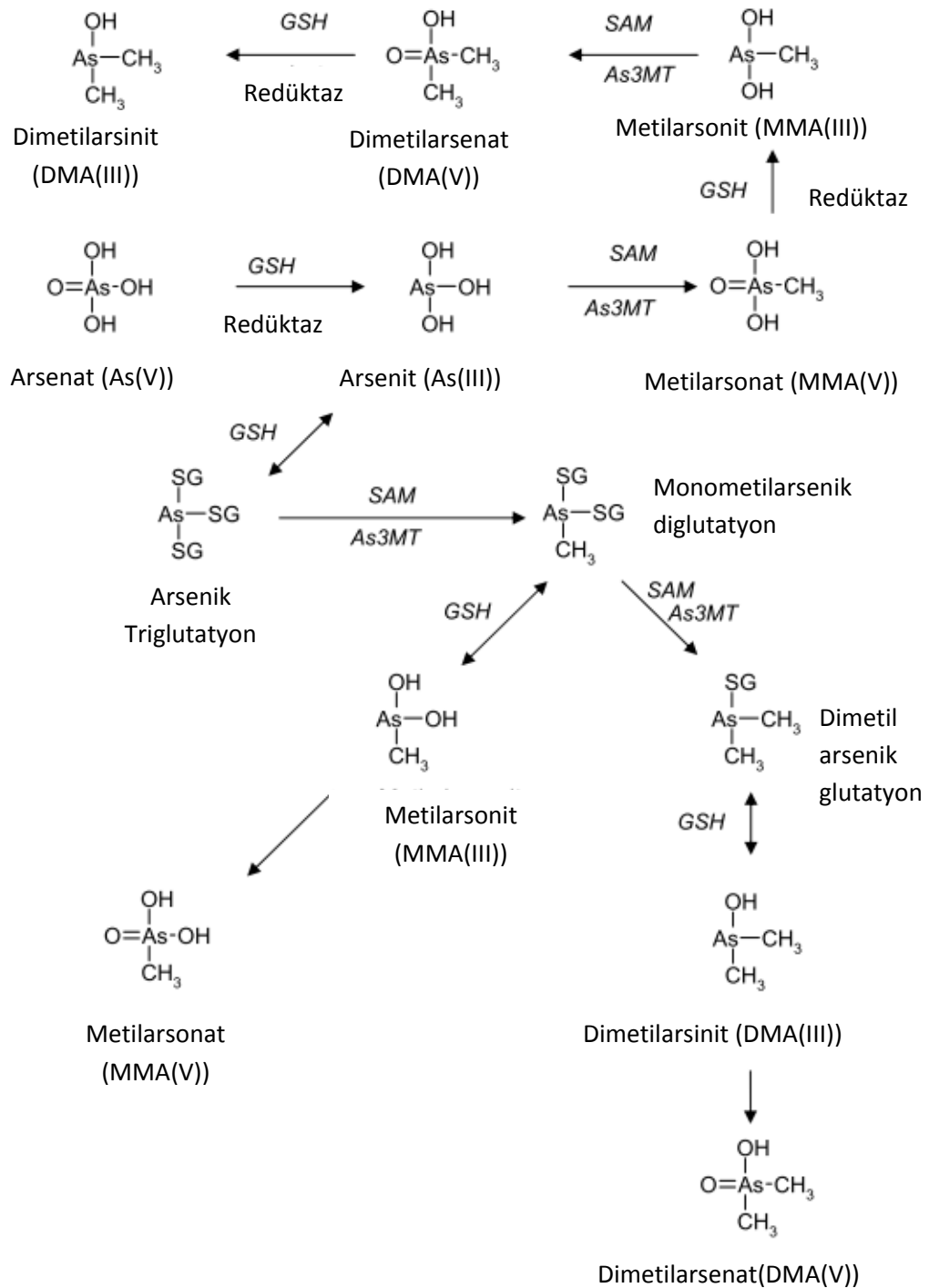
Kemirgenlerde organik arsenik türlerinden +5 değerlikli metilarsonat, dimetilarsinat gibi bileşikler %40'tan fazla oranda emilirken, +3 değerlikli formların

emilimleri daha zayıftır (116). Deney hayvanları üzerinde yapılan bir çalışmada da metilarsonatın gastrointestinal emiliminin yaklaşık %17, dimetilarsonatın ise yaklaşık %33 oranında olduğu bulunmuştur (117). İnsanlarda arseniğin emilimine yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Yapılan bir çalışmada bireylere arsenik içeren karbonhidratlı besin verilmiştir. Ardından geçen 96 saat boyunca verilen arseniğin yaklaşık %81'inin idrarla atıldığı saptanmıştır (118). Arseniğin emilimi kişiden kişiye farklılık göstermektedir (119). Aynı zamanda arseniğin biyolojik dönüşümlerinde türler arası oldukça farklılık gözlenmektedir. Yaş, cinsiyet, beslenme durumu ve ırk gibi faktörler de arsenik metabolizmasında önemli farklılıklar görülmesine neden olmaktadır (20).

Arsenik, kanda hemoglobinin globin grubuna bağlanarak plazma ve eritrositlere dağılır. Arsenit ve arsenat aquagliseroprin-7, aquagliseroprin-9 veya fosfat taşıyıcılarıyla hücrelere taşınmaktadır (120-122). Arseniğin vücutta taşınması üzerine insan çalışması sınırlıdır ancak bu konuda yapılan rat çalışmaları bulunmaktadır. Fakat insanlarda ve ratlarda arseniğin metabolize olma şeklinin farklı olduğu saptanmıştır (21, 123).

Arsenik molekülünün metilasyonu için karaciğer temel organdır (124). Memelilerde arsenit karaciğerde S-adenozilmetionin (SAM)'den metil grubu alarak oksidatif metilasyona uğrar ve metilarsonat oluşur. Metilarsonat, GSH ile indirgenir ve metilarsonit oluşur. Pentavalent metillenmiş arsenik metabolitleri detoksifikasyon ürünüyken, trivalent metilarsonatların biyoaktivasyon ürünü olarak görülmektedir. Bu nedenle bileşiklerin izlediği yol toksisiteyi artırıcı yönde olabilmektedir (125). Bu mekanizma Şekil 2.4'te özetlenmiştir.

Deniz ürünlerinde bulunan arsenobetain insan vücudunda metabolize olmadan atılmaktadır. Fakat arseno şekerler tamamen metabolize olabilmektedir (118). Besinlerle alınan arseno şekerler, insan vücudunda, aynı zamanda inorganik arsenik metaboliti olan dimetilarsonata dönüştürülmektedir. Arsenolipidler de insan vücudunda dimetilarsonata dönüştürülüp idrarla atılmaktadır (126). Arseniğin vücuttan atımı idrar ve safrayla olmaktadır (122, 127).



Şekil 2.4. Memelilerde inorganik arseniğin metabolik yolu (20).

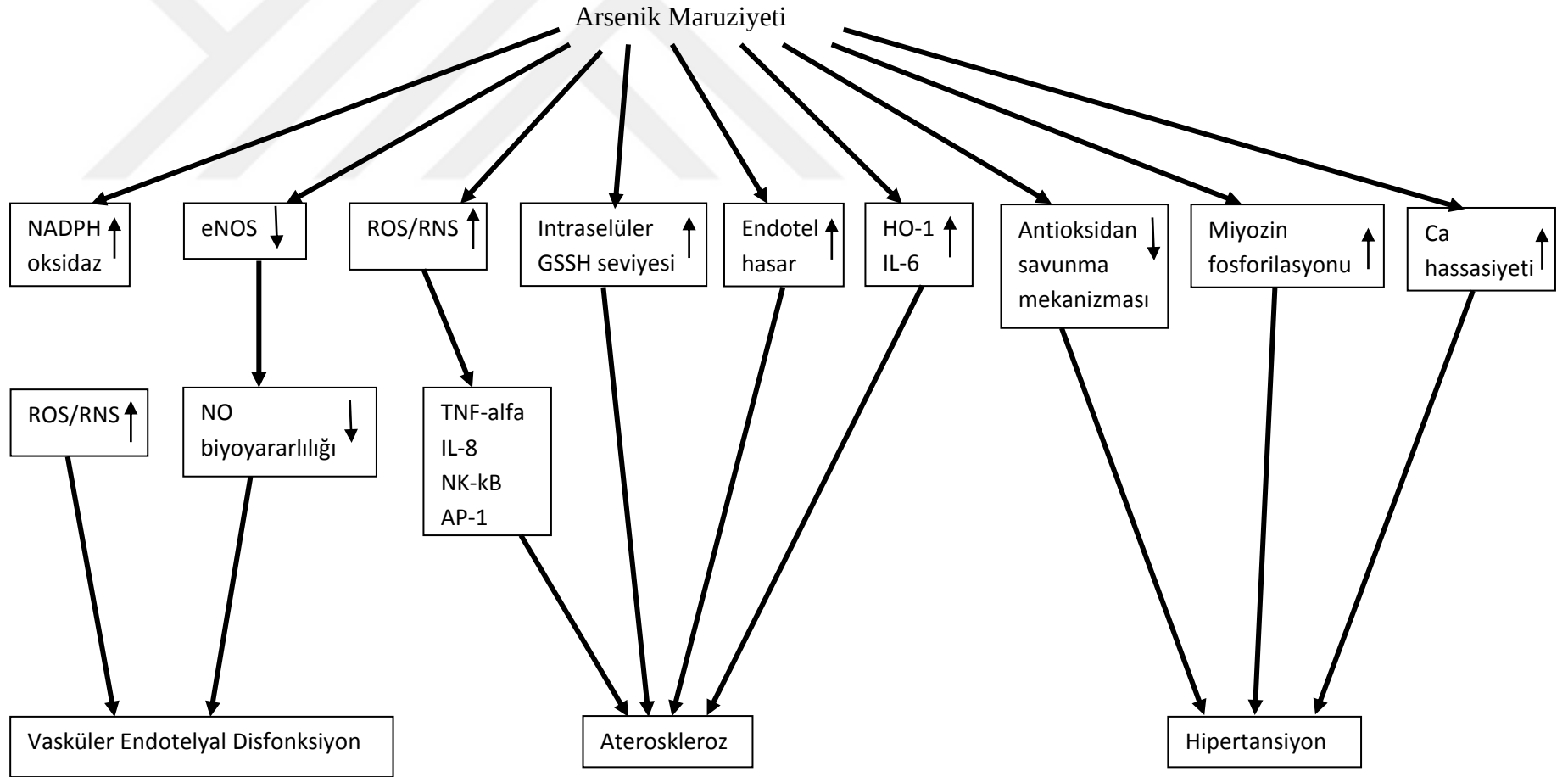
İnorganik arsenik EPA tarafından Grup A insan karsinojeni sınıfında belirtilmektedir (7, 36). Arsenik toksisitesinin mekanizmasında arsenik maruziyetine

bağlı olarak değişen sülfidril içeren proteinler ve enzimler bulunmaktadır. Arseniğin DNA tamir sürecine etki ettiği, DNA metilasyonunda oluşan ürünleri etkileyerek gen ekspresyonunda değişimlere yol açtığı bilinmektedir. As maruziyetinin hücrede genotoksisiteye neden olduğu bildirilmiştir (54).

Arseniğe kronik maruziyet, deride hiperkeratoz ve hiperpigmentasyona neden olarak deri lezyonlarına yol açabilmektedir (128). Ratlar üzerinde yapılan bir çalışmada organik arseniğe oral yoldan maruziyetin deride değişime neden olmadığı saptanmıştır. Hava yoluyla maruziyet sonucu ise deride eritem oluşumu saptanmıştır (129).

Arsenik maruziyetinin kanser türleriyle ilişkili olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Özellikle solunum yoluyla maruz kalma sonucu akciğer kanseri riskinin arttığı saptanmıştır. Aynı zamanda içme suları ile akciğer, mesane ve böbrek kanseri riskinin arttığı bildirilmiştir (130-132). İçme suyuyla alınan arseniğin çocuklarda nörolojik açıdan davranışsal değişikliklere neden olduğu rapor edilmiştir. Dikkat ve hafızayı olumsuz yönde etkilemektedir (133). Toksisitenin en tipik özelliklerinden biri de aksonların dejenerasyonu sonucu nöropati görülmesidir (134).

Oral yoldan arsenik maruziyetinin kardiyovasküler sistem üzerinde de olumsuz etkileri bulunmaktadır. Uzun dönem oral maruziyet sonucu miyokardiyal depolarizasyon ve kardiyak aritmilerde artış gözlenmiştir (135). İnsanlarda inorganik arseniğe maruziyet sonucu hepatik hasar da oluşmaktadır. Hepatik enzim düzeylerinde yükselme, malondialdehit ve glutatyon seviyesinde azalma ile peroksidasyon belirteçlerinde artış gözlenmiştir (136, 137). Şekil 2.5'te As maruziyetinin temel etki mekanizması verilmiştir.



Şekil 2.5. Arsenik maruziyetinin sağlık üzerine etkilerinin mekanizması (54).

2.4. Balık Tüketiminin Sağlık Üzerine Etkileri

Balık tüketiminin kalp-damar sağlığını koruma, beyin gelişimini destekleme, inflamasyon oluşumunu azaltma gibi sağlık üzerine olumlu etkileri bulunmaktadır (138). Amerikan Kalp Derneği (American Heart Association-AHA) tarafından omega-3 ve omega-6 çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) içeriği açısından haftada en az 2 porsiyon balık tüketimi önerilmektedir (139). Yağ asidi içeriğinin yanı sıra diyetle protein ve selenyum kaynağı olarak da balık önemli bir yer tutmaktadır. PUFA'lar hücre membranının önemli bir bileşenidir. Membran akışkanlığını, membrana bağlı enzimlerin ve reseptörlerin işleyişini etkilemektedir. Aynı zamanda PUFA'lar kan basıncı, kan pıhtılaşması ve beyin-sinir sistemi gelişimi üzerine de etki etmektedir. (140). İnflamatuvar mediatörlerin üretimini artırarak inflamasyona karşı koruyucu etki göstermektedirler (140, 141).

Balık, kirleticiler açısından ise riskli bir besindir. Omega-3 yağ asitleri yönünden faydalı olan balık içeriğindeki poliklorlu bifeniller ve ağır metallerle insan sağlığını tehdit eden bir unsur haline gelmiştir (142, 143). Balıklar sudaki besin zincirinin son halkasında bulunmaktadır. Bu nedenle bazı metaller sudan balıkların dokularına geçmektedir. Balık tüketimi, besin yoluyla insan vücuduna geçen metaller için temel göstergelerden biri olarak kullanılmaktadır (144). Balık tüketimine bağlı ağır metal maruziyetinin sağlık üzerine etkilerini araştıran bazı çalışmalar Tablo 2.3'de verilmiştir.

Tablo 2.3. Balık tüketimine bağlı ağır metal maruziyetinin sağlık üzerine risklerini araştıran bazı çalışmalar.

Araştırmacı/ Kaynak	Çalışma Yılı	Yer	Örneklem türü	Ağır metal	Sonuç
Varol ve Sünbül (145)	2017	Türkiye (Keban Barajı)	Taze balık türleri ve deniz ürünleri	As, Cd, Pb	Ağır metal konsantrasyonları yasal limitlerin altında olduğu için sağlık açısından riskli bulunmamıştır.
Yi ve ark. (146)	2017	Çin	Taze balık türleri	As, Cd, Pb	Balık tüketimiyle maruz kalınan As, Cd ve Pb düzeyleri sağlık riski oluşturacak düzeyde bulunmamıştır.
Anishchenko ve ark. (147)	2017	Rusya	Konserve uskumru	Cd, Pb	Uskumru konservesinin içeriğindeki Cd ve Pb'nin sağlığı tehdit edici düzeyde olmadığı saptanmıştır.
Mol S. (56)	2011	Türkiye	Konserve ton balığı	Cd, Pb	Cd düzeyleri yasal düzeylerin altındadır. Sağlık üzerine herhangi bir risk bulunmamıştır. İncelenen örneklerin %50'sinde Pb düzeyi yasal limitlerin üzerinde saptanmıştır.
Mol S. (57)	2011	Türkiye	Konserve alabalık ve hamsi	Cd, Pb	Cd ve Pb düzeyleri yasal düzeylerin altındadır. Sağlık üzerine herhangi bir risk saptanmamıştır.
Tüzen M. (52)	2009	Türkiye (Karadeniz)	Taze balık türleri	As, Cd, Pb	As düzeyleri yasal limitlerin altında belirlenmiştir. İncelenen 10 balık türünün 8'inde Pb düzeyi, 10 balık türünün 9'unda ise Cd düzeyi yasal limitlerin üzerinde saptanmıştır. Sağlık açısından riskli bulunmuştur.
Yılmaz F. (64)	2009	Türkiye (Köyceğiz Gölü)	Taze balık türleri (KC, kas, safra dokusu)	Cd, Pb	Analiz edilen tüm türlerin kas dokusunda Pb ve Cd düzeyleri Türk Gıda Kodeksi limitlerinin üzerinde bulunmuştur. Bu durum sağlık açısından risklidir.
Türkmen ve Ciminli (148)	2007	Türkiye (Gölbaşı Gölü)	Taze balık türleri (KC, kas, safra ve deri dokusu)	Cd, Pb	Analiz edilen balıklarda bulunan Cd ve Pb tüketicinin sağlığı açısından riskli bulunmamıştır.

Tablo 2.3. (Devam) Balık tüketimine bağlı ağır metal maruziyetinin sağlık üzerine risklerini araştıran bazı çalışmalar.

Araştırmacı/ Kaynak	Çalışma Yılı	Yer	Örneklem türü	Ağır metal	Sonuç
Uluözlü ve ark. (149)	2007	Türkiye (Karadeniz ve Ege denizi)	Taze balık türleri	Cd, Pb	Tüm örneklerde Cd ve Pb düzeyleri limitlerin üzerindedir. Sağlık açısından riskli bulunmuştur.
Tüzen ve Soylak (59)	2007	Türkiye	Konserve balık türleri	Al, Cd, Pb	Al düzeyi yasal limitlerin altındadır. İncelenen 5 türden 1'inde Pb düzeyi, tüm örneklerde ise Cd düzeyi limitlerin üzerinde bulunmuştur. Sağlık açısından riskli olduğu belirlenmiştir.
Çelik ve Oehenschlager (58)	2007	Türkiye	Çeşitli balık ürünleri (donmuş, konserve)	Cd, Pb	Pb düzeyi yasal limitlerin altındadır. Örneklerin %50'sinde Cd düzeyi yasal limitlerin üzerindedir. Sağlık açısından riskli bulunmuştur.
Rubio ve ark. (44)	2006	Kanarya Adaları	Balık ve çeşitli deniz ürünleri	Cd	Cd düzeyleri, yasal limitin altında saptanmıştır. Sağlık riski bulunmamaktadır.
Ashraf ve ark. (150)	2006	Suudi Arabistan	Konserve balık	Cd, Pb	Pb ve Cd düzeyleri yasal limitlerin altındadır. Sağlık için risk oluşturmamaktadır.
Türkmen ve ark. (151)	2005	Türkiye (İskenderun Körfezi)	Taze balık türleri	Al, Cd, Pb	Ağır metal düzeyleri yasal limitlerin altında saptanmıştır. Sağlık riski oluşturmamaktadır.
Burger ve Gochfield (53)	2005	ABD (New Jersey)	Taze balıklar ve deniz ürünleri	As, Cd, Pb	Cd, Pb düzeyleri yasal limitlerin altındadır. Sağlık için riskli bulunmamıştır Fakat organik As düzeyi için yasal limit belirlenmediği için yorum yapmayı zorlaştırmaktadır.
Çelik ve ark. (152)	2004	Kuzeydoğu Atlantik ve Akdeniz	Donmuş taze balık türleri	Cd, Pb	Tüm örneklerde Cd ve Pb düzeyleri yasal limitlerin altında bulunmuştur. Sağlık riski bulunmamaktadır.

2.5. Ağır Metallere Yönelik Yasal Düzenlemeler

Türk Gıda Kodeksi (TGK) Bulaşanlar Yönetmeliğine (2011) göre balık etinde bulunmasına izin verilen Pb seviyesinin maksimum limiti 0.30 mg/kg yaş ağırlık (YA)'tır. TGK'de Cd için balık çeşitlerine göre farklı sınıflama yapılmıştır. Torik, karagöz, yılanbalığı, kefal, istavrit, louvar, uskumru, sardalya, orkinos ve dilbalığı için maksimum limit 0,10 mg/kg iken, tuna balığı için maksimum limit 0,20 mg/kg, kılıçbalığı ve hamsi için maksimum limit 0,30 mg/kg olarak belirlenmiştir. Diğer tüm balık türleri için maksimum Cd seviyesi 0,05 mg/kg olarak sınırlandırılmıştır (153).

FDA'ya göre bireylerin günlük olarak maruz kalabileceği geçici olarak tolere edilebilen (PTTDI) Pb seviyesi 6 µg/dL olarak belirlenmiştir (46). Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi'ne (Centers for Disease Control and Prevention-CDC) göre ise kanda bulunabilecek maksimum kurşun seviyesi 10 µg/dL olarak belirtilmiştir.

Gıda Katkı Maddeleri Ortak FAO/WHO Uzmanlar Komitesi (JECFA);

- Diyetle kurşun alımı için tolere edilebilen maksimum düzeyin saptanmamış olduğunu (46),
- Kadmiyum için tolere edilebilen maksimum alım düzeyinin 25 µg/kg vücut ağırlığı (VA)/ay olması gerektiğini (154),
- Alüminyum için haftalık Al alımının maksimum 2 mg/kg VA olması gerektiğini (155),
- Arsenik için önceki çalışmalara göre tolere edilebilen düzey inorganik arsenik bileşikleri için 15 µg/kg VA/hafta, organik arsenik bileşikleri için 50 µg/ kg VA/hafta olarak belirtmiştir (156). Fakat günümüzde As için bu limitlerin koruyucu etkisi olmadığı düşünülmektedir. İnorganik As için belirlenen üst limit geri çekilmiştir (155).

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) As ve Pb için tolere edilebilen düzeylerin sağlık koruyucu etkisinin yetersiz olduğu sebebiyle maksimum limit

belirlememiştir (20, 157). Cd için ise besinden alınabilecek maksimum seviyeyi haftalık 2,5 µg/kg VA olarak belirtmiştir (158).



3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1.Araştırmanın Yeri, Zamanı ve Örneklerin Toplanması

Bu çalışmada, Şubat 2017 ile Haziran 2017 tarihleri arasında Ankara piyasasındaki süper-hipermarketlerde satılan toplam 55 adet ve internet üzerinden satışa sunulan toplam 11 adet farklı içeriğe sahip konserve balık satın alınmıştır. Ürünler satın alınırken üretim tarihlerinin birbirine yakın olmasına, konserve balıkların üretim tarihleri üzerinden en fazla 1 yıl geçmiş olmasına dikkat edilmiştir. Aynı içeriğe sahip aynı marka numunelerin seri numaralarının aynı olmasına özen gösterilmiştir.

Farklı 24 adet markaya ait farklı içeriklere sahip (yağlı, yağsız, sade, soslu/sebzeli) toplamda 66 adet konserve balık, brüt ağırlığı en az 240 g olacak şekilde kendi orjinal ambalajlarında satın alınmıştır. Numuneler satın alındıktan sonra kendi ambalajlarında analiz edilene kadar saklanmıştır. Analizler dublike şekilde yapılmıştır.

Tablo 3.1 ve Tablo 3.2’de konserve balıkların içeriklerine göre dağılımları gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Farklı marka balık konservelerinin yağda veya suda konserve olma durumuna göre dağılımları.

Markalar	Yağda Konserve	Suda Konserve
	Sayı (n:59)	Sayı (n:7)
A	16	2
B	1	1
C	3	-
D	1	-
E	1	-
F	1	-
G	1	-
H	2	1
I	9	1
İ	1	-
J	1	-
K	1	1
L	2	-
M	5	-
N	4	-
O	1	-
P	1	-
R	1	-
S	1	-
T	1	-
U	1	1
V	1	-
Y	1	-
Z	2	-

Tablo 3.2. Konserve balık türlerinin yağda veya suda konserve durumlarına göre dağılımı.

	Yağda Konserve (n:59)		Suda Konserve (n:7)	Toplam (n:66)
	Sebzeli-Soslu (n:21)	Sade (n:38)	Sade (n:7)	
Ton Balığı	9	26	7	42
Uskumru	5	3	-	8
Somon	2	4	-	6
Sardalya	1	4	-	5
Hamsi	2	-	-	2
Alabalık	2	-	-	2
Levrek	-	1	-	1

Tablo 3.3. Sebzeli ve soslu konserve balıkların içerikleri.

Balık Türleri	Sos Çeşidi	İçindekiler
Ton Balığı	1	Mayonez, bitkisel yağ
	2	Domates, soğan, sarımsak, kırmızı biber, yeşil biber, bitkisel yağ
	3	Jalepeno biber, bitkisel yağ
	4	Kırmızı biberli acı sos, bitkisel yağ
	5	Hardal, bitkisel yağ
	6	Acı biber, sarımsak tozu, acı aroması
	7	Mısır, bezelye, havuç, ayçiçek yağı, zeytinyağı, biber, sirke, zeytin, şeker, tuz, limon sosu, doğala özdeş limon aroması, baharat
	8	Kuru fasulye, domates rendesi, ayçiçek yağı, biber, domates, soğan, şeker, zeytinyağı, tuz, baharat
	9	Barbekü sosu, bitkisel yağ
Uskumru	1	Ayçiçek yağı, küp soğan, küp domates, limon, tane karabiber, tuz, su, asitlik düzenleyici (sitrik asit)
	2	Domates sosu, bitkisel yağ
	3	Buğday unu, domates sosu, domates salçası, ayçiçek yağı, mısır nişastası, soğan suyu, tuz, baharat
	4	Zeytinyağı, ayçiçek yağı, soğan, limon sosu, kapari, sirke, tuz, şeker, baharat, doğala özdeş maydanoz aroması
	5	Domates püresi, bitkisel yağ

Tablo 3.3. (Devam) Sebzeli ve soslu konserve balıkların içerikleri.

Balık Türleri	Sos Çeşidi	İçindekiler
Somon	1	Su, kanola yağı, krema, tuz, modifiye nişasta, hardal, palmiye yağı, şeker, baharatlar brendi sirkesi, peynir altı suyu, buğday unu, kıvam artırıcı (guar sakızı), maltodekstrin, aroma, doğal sarımsak, süt şekeri, süt proteini, doğal otlar
	2	Su, kanola yağı, şeker, kırmızı biber püresi, asit düzenleyici (sitrik asit), modifiye nişasta, tuz, kıvam artırıcı (guar sakızı), limon suyu konsantresi, brendi sirkesi, sarımsak, şili biberi, baharatlar, maltodekstrin, aroma
Sardalya	1	Ayçiçek yağı, acı biber, tuz, sarımsak tozu, acı aroması
Hamsi	1	Domates, zeytinyağı, ayçiçek yağı, soğan, sarımsak, maydanoz, baharat
	2	Ayçiçek yağı, limon sosu, tane karabiber, tuz, baharat, dereotu, doğala özdeş maydanoz aroması, doğala özdeş limon aroması
Alabalık	1	Mısır, bitkisel yağ
	2	Domates sosu, bitkisel yağ

3.2.Yöntem

3.2.1. Numunelerin Analizler için Hazırlanması

Satın alınan konserve balıklar 240 g olacak şekilde porsiyonlanmıştır. Tüm numuneler süzülmeden mutfak robotunda blenderize edilerek nem, yağ ve pH analizleri yapılmıştır.

3.2.2. Numunelerde Yağ Tayini

Homojenize edilmiş konserve balık örnekleri 5 g tartılıp 103 ± 2 °C'lik etüvde suyu uçurulduktan sonra Soxhlet yöntemine göre 8 saat petrol eteri ile ekstraksiyona tabi tutulmuştur (159).

3.2.3. Numunelerde Nem Tayini

Numunelerin nem tayini Sartorius ® MA150 nem tayin cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Numunelerin pH Analizi

Konserve balık örnekleri 10 g tartıldıktan sonra üzerine 100 mL saf su eklenmiş ve karıştırıcı yardımıyla homojenizasyonu sağlanmıştır. Homojenat süzüldükten sonra pH 4, pH 7 ve pH 10 ile kalibre edilmiş pH metre (Hanna Instruments 2020 Edge ®) süzüntüye daldırılarak ölçüm yapılmıştır.

3.2.5. Numunelerde Ağır Metal Analizi

Materyal

Ağır metal analizinde kullanılan tüm kimyasallar ve çözeltiler analitik grade kalitesindedir. Kullanılan kimyasallar;

- Nitrik asit ($\text{HNO}_3 \geq 65\%$) (Merck-Germany) (Ultra saf-iz element analizleri için),
- ICP-MS (İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi) Tuning çözeltisi; Tune D ($10\mu\text{g/ml} \pm 0.5\%$ in $2\% \text{HNO}_3 + \text{TrHF}$) (Al, As, Ba, Be, Cd, Ca, Cr,

Co, Cu, In, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, K, Se, Na, Tl, U, V, Zn) (High-Purity Standards-Charleston-USA),

- Kurşun (Pb) tekli element standardı (1000 µg/mL in %2 HNO₃) (High-Purity Standards-Charleston- USA),
- Kadmiyum (Cd) tekli element standardı (1000 µg/mL in %2 HNO₃) (High-Purity Standards-Charleston- USA),
- Alüminyum (Al) tekli element standardı (1000 µg/mL in %2 HNO₃) (High-Purity Standards-Charleston- USA),
- Arsenik (As) tekli element standardı (1000 µg/mL in %2 HNO₃) (High-Purity Standards-Charleston- USA),
- Ultra saf su (18.2 MΩ dirençte Nanopure Cihazından elde edilen analitik grade su),
- ICP-MS ile ağır metal analizinde, yüksek saflıkta (%99.998) Argon (Ar) gazı (15°C'de 230 bar, 12.06 m³) (Ankara Gaz, Türkiye) kullanılmıştır.

Çözelti hazırlamak için kullanılan tüm ölçüm araç-gereçleri (balon jojeler, beher, mezür, huni) (Vitlab-Germany) polipropilen (PP) olup, ICP-MS'de yapılacak analizler için uygun malzemelerdir. Belirli miktarda çözelti aktarmak için mikropipetler (20-200 µL, 100-1000 µL, 500-5000 µL) (Eppendorf Research-Germany) kullanılmıştır. Bu pipetlerde kullanılan uçlar; 200 µL, 1000 µL, 5000 µL (Eppendorf Research-Germany)'dir.

Numunelerin organik bileşenlerinin yakılması için mikrodalga (CEM-Mars) kullanılmıştır. Mikrodalgada nitrik asitle örneklerin organik bileşenlerinin yakma işlemi 50 mL'lik teflon XP-1500 Plus hücrelerde yapılmıştır.

Ağır Metal analizi için; Thermo Electron marka, X series II model ICP-MS cihazı kullanılmıştır. ICP-MS cihazının ana bileşenleri; Scott tip ultrasonic nebulizer, örnekleme-sıyırma konileri (sample cone ve skimmer cone), iyon optik, hexapole kütle spektrometresi, diferansiyel odaklama birimi, çarpışma hücresi, Quadrupole kütle

spektrometresi, ETP elektron çoğaltıcı dedektör (electron multiplier tube), Neslab Merlin M100 RF jeneratör soğutucusu, Powerpack-Spray Chamber soğutucusu ve vakum sisteminden oluşmaktadır. ICP-MS cihazına örneklerin yüklenmesi amacıyla CETAC ASX-520 model otomatik örnek yükleyici kullanılmıştır. Analiz edilen tüm konserve balık örneklerinin ağır metal miktarları yaş ağırlık (YA) üzerinden değerlendirilmiştir.

Örnek Hazırlama

Mikrodalga Yakma Yöntemi

ICP-MS’de analiz öncesi 0.5 g konserve balık örnekleri teflon kaplarda tartılmıştır. Üzerine iz (eser) analizler için 5 ml uygun saflıktaki $\geq\%65$ konsantre nitrik asit (HNO_3) ve 2 mL ultra saf H_2O eklenmiştir. Gerekli güvenlik önlemleri alınarak, CEM Mars mikrodalgada Tablo 3.4’te parametreleri verilen mikrodalga ısıtma programı ile organik içerik yakılmıştır. Örnekler oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra ultra saf su ile 25 ml’ye seyreltilerek, okuma işlemi için Thermo Finnigan ICP-MS cihazı kullanılmıştır (160).

Tablo 3.4. Mikrodalga yakma programı parametreleri.

Basamak	Güç		Sıcaklık Artış Süresi	Basınç	Sıcaklık	Bekletme Süresi
	Düzey	%	Dakika:saniye	(psi-sınır)	°C	Dakika:saniye
1	1200 W	100	10:00	800	120°C	10:00
2	1200 W	100	15:00	800	200°C	15:00

XP-1500 Plus kap sistemi temizlik programı

Cem Mars marka mikrodalga yakma sisteminde teflon kaplarının her yakma öncesi temizliği yapılmıştır. Temizlik programının parametreleri Tablo 3.5.’te verilmiştir. Bunun için kaplara, iz analizler için uygun saflıktaki $\geq\%65$ nitrik asit (HNO_3)’den 10 mL ilave edilerek aşağıda parametreleri verilen program çalıştırılmıştır. Teflon kaplara asit ilave edilerek su ile çalkalanıp laboratuvar deterjanı ile temizlenmiştir. Sonrasında su ile deterjan yıkanarak uzaklaştırılmış ve deiyonize sudan geçirilerek oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır.

Tablo 3.5. XP-1500 Plus kap sistemi temizlik programı parametreleri.

Basamak	Güç		Sıcaklık Artış Süresi	Basınç	Sıcaklık	Bekletme Süresi
	Düzyey	%	Dakika:saniye	(psi-sınır)	°C	Dakika:saniye
1	1200 W	100	10:00	800 psi	120°C	10:00

Ağır Metal Analizi

a. Standart Hazırlama

Standart hazırlama işlemi sertifikalı referans standartlar kullanılarak yapılmıştır. Kurşun, kadmiyum, alüminyum ve arsenik ana stok çözeltilerinden öncelikli olarak %1'lik ultra saf HNO₃'te çözünen 10 ppm ara stok standartlar hazırlanmıştır. Daha sonra ise analiz öncesi kurşun, kadmiyum, alüminyum ve arsenik standartları için 1, 5, 10, 50, 100 ve 500 ppb'lik standart çözeltiler hazırlanarak bu noktaları içeren kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur.

b. Analiz

Prensip: Analiz edilmek istenen örnekteki ağır metaller (Pb, Cd, Al, As) indüktif eşleşmiş plazma (ICP)'da iyonlaştırıldıktan sonra kütle spektroskopisine (MS) geçmekte ve burada kütle/yük (m/z) oranlarına göre ayrılarak ölçüm yapılmaktadır. Periyodik tablodaki birçok elementin birinci iyonlaşma enerjisi, argonun iyonlaşma enerjisinden (15,76 Ev) küçük olduğu için elementler plazma içerisinde pozitif iyonlara dönüşmektedir. Analiz için, ICP-MS cihazı hazır hale getirildikten sonra cihazda sinyal optimizasyonu, başlangıç performans kontrolleri 10 ppb'lik tune (ayar) çözeltileri ile yapılmış, 50 ppb'lik tune (ayar) çözeltileri ile de cihaz kalibrasyonları (dedektör kalibrasyonu ve kütle kalibrasyonu) yapılmıştır.

Daha sonra oluşturulan metoda göre Pb, Cd, Al, As için belirlenen konsantrasyonlarda hazırlanan standartlara göre kalibrasyon grafikleri oluşturulmuştur. Bunun sonucunda numuneler analiz edilmiştir. Tüm örnekler dublike çalışılmış ve her örnek 5 kez okutulmuş sonuçların ortalaması alınmıştır. Metot oluşturulduktan sonra kalibrasyon blank (kör) (% 1 HNO₃) 20 kez bilinmeyen numune

gibi analiz edilerek değerlendirilmiştir. Standart sapmanın 3 katı alınarak dedeksiyon limiti (LOD), standart sapmanın 10 katı alınarak ise tayin sınırı (gözlenebilme limiti) (LOQ) belirlenmiştir. Pb, Cd, Al ve As için LOD ve LOQ değerleri Tablo 3.6.'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Pb, Cd, Al, As Elementlerinin LOD ve LOQ Değerleri.

Element	LOD ^a (ng/mL)	LOQ ^b (ng/mL)
⁸² Pb	0,089	0,295
⁴⁸ Cd	0,007	0,023
¹³ Al	0,742	2,470
³³ As	0,011	0,036

^aLOD: Limit of Detection (Dedeksiyon Limiti)

^bLOQ: Limit of Quantification (Gözlenebilme Limiti)

Kurşun, kadmiyum, alüminyum ve arsenik için analiz metodundaki ICP-MS cihazına ait parametreler ve işlem koşulları ise **EK-1**'de verilmiştir. Ağır metaller için 'Standart Mode' tercih edilmiştir.

3.2.6. Bireylerde Ağır Metal Maruziyet Düzeylerinin Değerlendirilmesi

Besin ve İlaç Dairesi'ne (FDA) göre bireylerin günlük maruz kalabileceği geçici tolere edilebilen (PTTDI) Pb seviyesi 6 µg/dL (0,006 mg/kg VA/gün) olarak belirlenmiştir (161). Bireylerin Pb maruziyeti buna göre değerlendirilmiştir.

JECFA kadmiyum için tolere edilebilen maksimum alım düzeyini 25 µg/kg VA/ay olarak belirtmiştir (154). Bu verilere göre kadmiyum değerlendirilmesinde aylık maruziyet hesaplanıp değerlendirilmiştir.

Alüminyuma maruziyetin değerlendirilmesinde JECFA'nın 2 mg/kg olarak belirlediği geçici tolere edilebilen haftalık alüminyum alım düzeyi ile karşılaştırma yapmak amacıyla bireylerin alüminyum maruziyeti balıkların yaş ağırlığı üzerinden haftalık olarak hesaplanmıştır (155).

Arsenik değerlendirmesi için önceki çalışmalardan elde edilen veriler kullanılmıştır. JECFA'ya göre tolere edilebilen düzey inorganik arsenik bileşikleri için 15 µg/kg VA/hafta, organik arsenik bileşikleri için 50 µg/kg VA/hafta'dır (156). Fakat günümüzde JECFA ve EPA bu üst limitin koruyucu etkisinin olmadığını belirtmektedir (155).

Maruziyetin değerlendirilmesinde kullanılacak vücut ağırlığı için Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA) 2010 verileri kullanılmıştır. Yetişkin erkeklerin (19 yaş ve üstü) ortalama vücut ağırlığı 77.9 kg, yetişkin kadınların (19 yaş ve üstü) ise 71.1 kg olarak alınmıştır (162). Bireylerin ağır metallere maruziyet düzeyleri Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberinde (2015) (TÖBR) et ve et ürünlerinin tüketimine yönelik önerilen miktarlar dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bireylerin günde 1 porsiyon konserve balık (balık etleri için porsiyon gramajı: 150 g) tükettikleri düşünülerek hesaplamalar yapılmıştır (163).

3.3.İstatistiksel Değerlendirme

Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde; IBM SPSS Statistics 22.0 (SPSS Inc., Chicago, USA) programından yararlanılmıştır.

Veriler için tanımlayıcı istatistik olarak aritmetik ortalama, standart sapma ve ortanca (Q1-Q3) değerleri kullanılmıştır. Konserve balıkların yağ ve nem içeriği % olarak belirtilmiştir. Konserve balıkların içeriğine göre (balık türü, sos durumu, yağ durumu) yağ yüzdesi, nem oranı, pH ve ağır metal düzeyleri Kruskal-Wallis ve Mann-Whitney U testleriyle karşılaştırılmıştır. Farklı balık türüne sahip konserve balıkların yağ, nem, pH ve ağır metal içeriklerine göre çoklu karşılaştırma yapılarak değerlendirilmiştir. Farklı balık türlerinin yağ yüzdesi, nem oranı ve pH düzeyleriyle ağır metal içeriklerinin arasındaki ilişki Spearman korelasyon testi ile değerlendirilmiştir. Tüm istatistiksel testlerde en düşük anlamlılık düzeyi 0.05 olarak alınmıştır (164).

4. BULGULAR

Farklı içeriğe sahip konserve balıkların ağır metal düzeylerinin belirlenmesi amacıyla planlanan bu araştırmada elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur.

4.1. Farklı Konserve Balık Türlerinin Yağ, Nem ve pH İçerikleri Açısından Değerlendirilmesi

Araştırma kapsamında satın alınan konserve balıklar; balık türlerine, sos ve yağ durumlarına göre gruplara ayrılarak içeriklerindeki yağ ve nem yüzdesi ile pH düzeyleri Tablo 4.1’de verilmiştir. Ton balığı, somon, sardalya ve uskumru konservelerinde hem soslu hem sade örnekler bulunurken, hamsi ve alabalık konservelerinde yalnızca soslu, levrek konservelerinde ise yalnızca sade örnek bulunmaktadır.

Bu araştırmada en düşük yağ içeriği sade-yağsız ton balığı numunelerinde ($0,35 \pm 0,28$), en yüksek yağ içeriği ise sade-yağlı uskumruda belirlenmiştir. ($44,74 \pm 3,70$). En düşük nem oranı sade-yağlı sardalya ($10,52 \pm 0,94$), en yüksek nem oranı ise sade-yağsız ton balığında ($72,07 \pm 8,49$) bulunmuştur (Tablo 4.1).

Konserve balıkların pH değerinin $5,51 \pm 0,24$ ile $6,86 \pm 0,01$ aralığında değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. En yüksek pH değeri sade-yağlı levrek konservesinde ($6,86 \pm 0,01$), en düşük ise soslu-yağlı somon konservesinde ($5,51 \pm 0,24$) bulunmuştur (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Farklı içeriklere sahip konserve balıkların yağ, nem ve pH düzeylerinin ortalama ve standart sapma ($\bar{X} \pm SS$) değerleri.

Balık Türü (n)	Sos Durumu (n)	Yağ Durumu (n)	Yağ (%)		Nem (%)		pH	
			($\bar{X} \pm SS$)	Alt-Üst	($\bar{X} \pm SS$)	Alt-Üst	($\bar{X} \pm SS$)	Alt-Üst
Ton (42)	Soslu (9)	Yağlı (9)	15,92±10,48	4,20-42,16	42,86±13,73	15,09-68,41	5,65±0,27	5,35-6,29
	Sade (33)	Yağsız (7)	0,35±0,28	0,05-0,86	72,07±8,49	52,77-82,48	5,66±0,39	4,99-6,09
		Yağlı (26)	32,46±8,59	11,52-46,42	27,32±11,27	3,23-48,15	5,97±0,39	5,03-6,93
Alabalık (2)	Soslu (2)	Yağlı (2)	12,04±6,02	5,84-18,64	54,63±8,11	41,33-61,01	6,22±0,26	5,89-6,47
Hamsi (2)	Soslu (2)	Yağlı (2)	22,16±8,17	13,57-30,55	38,54±8,61	25,73-46,52	6,14±0,18	5,98-6,41
Sardalya (5)	Soslu (1)	Yağlı (1)	24,67±0,59	24,11-25,23	10,52±0,94	9,63-11,41	6,23±0,04	6,19-6,26
	Sade (4)	Yağlı (4)	30,92±3,41	26,31-34,92	16,33±7,59	7,95-29,61	6,49±0,30	6,05-6,84
Somon (6)	Soslu (2)	Yağlı (2)	23,50±12,14	2,38-46,53	70,02±3,10	65,14-73,22	5,51±0,24	5,24-5,75
	Sade (4)	Yağlı (4)	27,97±10,61	14,18-43,98	28,53±13,22	6,92-43,13	6,19±0,61	5,15-5,32
Uskumru (8)	Soslu (5)	Yağlı (5)	14,15±7,53	4,62-28,16	41,97±10,64	25,81-57,39	5,77±0,58	4,97-6,47
	Sade (3)	Yağlı (3)	44,74±3,70	40,37-50,13	17,92±2,00	14,58-20,99	6,70±0,16	6,47-6,86
Levrek (1)	Sade (1)	Yağlı (1)	23,06±1,10	22,01-24,10	36,83±0,96	35,91-37,74	6,86±0,01	6,85-6,86
Toplam			24,50±14,32	0,05-50,13	36,62±19,59	3,23-82,48	5,97±0,49	4,97-6,93

Tablo 4.2’de farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların yağ yüzdesi, nem oranı ve pH değerleri verilmiştir. Tablo 4.3’te farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların yağ oranları arasındaki farklılık istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Buna göre konserve alabalığın yağ yüzdesi ($12,04 \pm 6,03$) ton balığından ($28,21 \pm 11,63$) ($p < 0,001$), sardalyadan ($29,67 \pm 3,96$) ($p < 0,001$) ve uskumrudan ($25,62 \pm 16,19$) ($p < 0,01$) daha düşük bulunmuştur. Benzer şekilde konserve somonun yağ yüzdesinin ($19,43 \pm 14,97$) konserve sardalyadan ($29,67 \pm 3,96$) ($p < 0,05$) ve ton balığından ($28,21 \pm 11,63$) ($p < 0,001$) daha düşük olduğu saptanmıştır (Tablo 4.2, Tablo 4.3).

Farklı balık türlerine göre yağlı konserve balıklar nem içeriği açısından değerlendirildiğinde; en düşük sardalyada ($15,17 \pm 7,17$), en yüksek içeriğin ise alabalıkta ($54,63 \pm 8,10$) olduğu saptanmıştır (Tablo 4.2). Konserve sardalyanın nem oranı ($15,17 \pm 7,17$) diğer tüm balık türlerinden daha düşük bulunmuştur ($p < 0,001$) (Tablo 4.4). Alabalık konservesi ise, ton ($31,31 \pm 13,74$, $p < 0,001$), uskumru ($32,95 \pm 14,45$, $p < 0,001$), sardalya ($15,17 \pm 7,17$, $p < 0,001$) ve somon ($42,36 \pm 22,53$, $p < 0,01$) konservelerinden daha yüksek oranda nem içermektedir (Tablo 4.2, Tablo 4.4).

Farklı balık türleri arasında pH değeri açısından istatistiksel farklılık olduğu saptanmıştır. Ton balığı konservesinin pH değerinin ($5,89 \pm 0,39$); alabalık ($6,22 \pm 0,26$, $p < 0,01$), sardalya ($6,44 \pm 0,29$, $p < 0,001$), uskumru ($6,11 \pm 0,65$, $p < 0,001$) ve levrek ($6,86 \pm 0,01$, $p < 0,001$) konservesinden daha düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.2, Tablo 4.5). Aynı zamanda somon konservelerinin pH değeri ($5,96 \pm 0,61$) de sardalya ($6,44 \pm 0,29$) ve levrekten ($6,86 \pm 0,01$) daha düşük bulunmuştur ($p < 0,001$). Somona benzer şekilde uskumrunun pH değerinin ($6,11 \pm 0,65$) sardalya ($6,44 \pm 0,29$, $p < 0,05$) ve levrekten ($6,86 \pm 0,01$, $p < 0,01$) daha düşük olduğu saptanmıştır (Tablo 4.2, Tablo 4.5).

Tablo 4.2. Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların yağ, nem ve pH düzeylerinin değerlendirilmesi.

Balık Türü (n)	Yağ (%)		Nem (%)		pH	
	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)
Ton (35)	28,21±11,63	31,67 (17,59-37,17)	31,31±13,74	33,51 (20,90-39,71)	5,89±0,39	5,85 (5,68-6,05)
Alabalık (2)	12,04±6,03	11,83 (6,02-18,27)	54,63±8,10	58,09 (45,01-60,79)	6,22±0,26	6,26 (5,93-6,47)
Hamsi (2)	22,16±8,17	22,26 (13,89-30,33)	38,54±8,61	40,96 (28,39-46,28)	6,14±0,18	6,09 (5,98-6,35)
Sardalya (5)	29,67±3,96	28,90 (26,31-34,00)	15,17±7,17	11,01 (9,63-22,16)	6,44±0,29	6,40 (6,19-6,69)
Somon (6)	19,43±14,97	17,86 (4,33-33,24)	42,36±22,53	39,79 (26,43-68,87)	5,96±0,61	6,10 (5,26-6,52)
Uskumru (8)	25,62±16,19	21,48 (9,70-42,49)	32,95±14,45	28,85 (18,60-48,12)	6,11±0,65	6,29 (5,40-6,71)
Levrek (1)	23,06±1,10	23,06 (22,01-24,10)	36,83±0,96	36,83 (35,91-37,74)	6,86±0,01	6,86 (6,86-6,86)

Tablo 4.3. Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların yağ içeriklerinin (%) çoklu karşılaştırmaya göre değerlendirilmesi.

Balık Türü (n)	Ton	Alabalık	Hamsi	Sardalya	Somon	Uskumru	Levrek
Ton (35)	-						
Alabalık (2)	0,000*	-					
Hamsi (2)	0,224	1,000	-				
Sardalya (5)	1,000	0,000*	0,304	-			
Somon (6)	0,000*	0,491	1,000	0,010***	-		
Uskumru (8)	1,000	0,001**	1,000	1,000	0,343	-	
Levrek (1)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	-

*p<0,001, **p<0,01, ***p<0,05; Kruskal-Wallis Testi.

Tablo 4.4. Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların nem oranlarının (%) çoklu karşılaştırmaya göre değerlendirilmesi.

Balık Türü (n)	Ton	Alabalık	Hamsi	Sardalya	Somon	Uskumru	Levrek
Ton (35)	-						
Alabalık (2)	0,000*	-					
Hamsi (2)	0,224	0,275	-				
Sardalya (5)	0,000*	0,000*	0,000*	-			
Somon (6)	0,016	0,010***	1,000	0,000*	-		
Uskumru (8)	1,000	0,000*	1,000	0,000*	0,763	-	
Levrek (1)	1,000	0,461	1,000	0,000*	1,000	1,000	-

*p<0,001, **p<0,01, ***p<0,05; Kruskal-Wallis Testi.

Tablo 4.5. Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların pH düzeylerinin çoklu karşılaştırmaya göre değerlendirilmesi.

Balık Türü (n)	Ton	Alabalık	Hamsi	Sardalya	Somon	Uskumru	Levrek
Ton (35)	-						
Alabalık (2)	0,008**	-					
Hamsi (2)	0,114	1,000	-				
Sardalya (5)	0,000*	1,000	0,670	-			
Somon (6)	1,000	0,664	1,000	0,000*	-		
Uskumru (8)	0,000*	1,000	1,000	0,025***	0,710	-	
Levrek (1)	0,000*	0,120	0,027***	1,000	0,000*	0,003**	-

*p<0,001, **p<0,01, ***p<0,05; Kruskal-Wallis Testi.

Soslu ve sade konserve balıkların yağ yüzdesi, nem oranı ve pH düzeyleri Tablo 4.6’da verilmiştir. Sade konserve balıkların yağ yüzdesinin ($27,54 \pm 14,31$) ve pH değerinin ($6,06 \pm 0,49$) daha yüksek, nem oranının ($32,99 \pm 20,09$) ise daha düşük olduğu belirlenmiştir ($p < 0,001$).

Farklı yağ içeriğine göre konserve balıkların yağ oranı, nem oranı ve pH değerleri Tablo 4.7’de verilmiştir. Yağsız numunelerin yağ yüzdesi ($0,35 \pm 0,28$ $p < 0,001$) ve pH değeri ($5,66 \pm 0,39$ $p < 0,01$) yağlı numunelerden daha düşük, nem oranı ($72,07 \pm 8,49$ $p < 0,001$) ise daha yüksek bulunmuştur.



Tablo 4.6. Farklı sos durumuna göre konserve balıkların yağ, nem ve pH düzeylerinin değerlendirilmesi.

Sos Durumu (n)	Yağ (%)			Nem (%)			pH		
	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	p	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	p	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	p
Soslu (21)	14,85±9,79	14,27 (6,53-18,65)	0,000*	44,40±15,93	44,36 (36,32-56,03)	0,000*	5,79±0,42	5,75 (5,46-6,16)	0,000*
Sade (45)	27,54±14,31	31,96 (18,86-37,74)		32,99±20,09	31,43 (17,77-37,74)		6,06±0,49	6,00 (5,81-6,45)	

*p<0,001; Mann-Whitney U Testi.

Tablo 4.7. Farklı yağ içeriğine sahip konserve ton balıkların yağ, nem ve pH düzeylerinin değerlendirilmesi.

Yağ Durumu (n)	Yağ (%)			Nem (%)			pH	
	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	P	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	P	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3) P
Yağsız (7)	0,35±0,28	0,25 (0,09-0,65)	0,000*	72,07±8,49	72,58 (69,18-81,30)	0,000*	5,66±0,39	5,87 (5,21-5,93) 0,007**
Yağlı (35)	28,21±11,63	31,67 (17,59-37,17)		31,31±13,74	33,51 (20,90-39,71)		5,89±0,39	5,85 (5,68-6,05)

*p<0,001, **p<0,01; Mann-Whitney U Testi.

4.2. Farklı Konserve Balık Türlerinin Ağır Metal İçerikleri Açısından Değerlendirilmesi

Araştırma kapsamına alınan tüm numunelerin yağ ağırlıkta ağır metal içerikleri Tablo 4.8’de verilmiştir. Araştırma sonucunda farklı içeriğe sahip konserve balıkların ortalama Pb içeriği $0,10 \pm 0,14$ mg/kg YA olarak bulunmuştur (Tablo 4.8). Tüm örnekler arasında en yüksek kurşun konsantrasyonu soslu-yagli ton balığı konservelerinde ($0,13 \pm 0,13$ mg/kg YA) belirlenmiştir.

İncelenen konserve balıkların ortalama Cd içeriği $5,01 \pm 4,09$ µg/kg YA’dır. En yüksek Cd konsantrasyonu soslu-yagli uskumru konservelerinde ($6,66 \pm 1,89$ µg/kg YA), en düşük ise sade-yagli levrek konservesinde saptanmıştır ($0,32 \pm 0,07$ µg/kg YA) (Tablo 4.8).

Konserve balıkların ortalama Al içeriği $1,32 \pm 0,87$ mg/kg YA’dır. Alüminyum konsantrasyonu en yüksek soslu-yagli uskumru konservelerinde ($2,49 \pm 1,24$ mg/kg YA) en düşük ise sade-yagli uskumru konservelerinde ($0,57 \pm 0,11$ mg/kg YA) belirlenmiştir (Tablo 4.8).

Farklı içeriğe sahip konserve balıkların ortalama arsenik içeriği $0,50 \pm 0,61$ mg/kg YA’dır. En yüksek As konsantrasyonu soslu-yagli sardalya konservesinde ($3,02 \pm 0,03$ mg/kg YA) en düşük ise soslu-yagli somon konservelerinde bulunmuştur ($0,06 \pm 0,00$ mg/kg YA) (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Farklı içeriklere sahip konserve balıkların ağır metal düzeylerinin ortalama ve standart sapma ($\bar{X} \pm SS$) değerleri (yaş ağırlık/YA).

Balık Türü	Sos Durumu (n)	Yağ Durumu (n)	Pb (mg/kg YA)		Cd (µg/kg YA)		Al (mg/kg YA)		As (mg/kg YA)	
			($\bar{X} \pm SS$)	Alt-Üst	($\bar{X} \pm SS$)	Alt-Üst	($\bar{X} \pm SS$)	Alt-Üst	($\bar{X} \pm SS$)	Alt-Üst
Ton	Soslu (9)	Yağlı (9)	0,13±0,13	0,01-0,43	6,37±3,77	2,85-14,05	1,97±1,17	0,45-4,76	0,31±0,14	0,07-,49
	Sade (33)	Yağsız (7)	0,08±0,06	0,01-0,21	6,64±4,68	2,68-16,72	1,00±0,43	0,57-2,22	0,25±0,11	0,16-0,50
		Yağlı (26)	0,12±0,18	0,01-0,89	6,36±3,47	0,63-13,56	1,02±0,56	0,36-2,90	0,36±0,20	0,13-1,29
Alabalık	Soslu (2)	Yağlı (2)	0,03±0,01	0,02-0,03	3,35±2,84	0,41-7,94	1,53±0,48	0,71-1,81	0,17±0,10	0,10-0,34
Hamsi	Soslu (2)	Yağlı (2)	0,04±0,01	0,03-0,05	3,79±1,54	2,14-5,62	1,91±0,15	1,76-2,07	0,66±0,02	0,63-0,70
Sardalya	Soslu (1)	Yağlı (1)	0,04±0,01	0,03-0,04	ND*	-	2,26±0,15	2,09-2,41	3,02±0,03	2,96-3,05
	Sade (4)	Yağlı (4)	0,04±0,02	0,01-0,07	2,42±3,74	0-8,17	0,92±0,50	0,32-1,76	1,94±1,17	0,61-3,54
Somon	Soslu (2)	Yağlı (2)	0,03±0,01	0,01-0,04	1,76±0,20	1,49-2,04	1,65±0,14	1,45-1,79	0,06±0,00	0,06-0,07
	Sade (4)	Yağlı (4)	0,11±0,08	0,02-0,25	ND*	-	1,09±0,42	0,67-1,76	0,31±0,15	0,14-0,55
Uskumru	Soslu (5)	Yağlı (5)	0,11±0,11	0,02-0,34	6,66±1,89	3,21-9,43	2,49±1,24	1,28-4,44	0,55±0,06	0,46-0,66
	Sade (3)	Yağlı (3)	0,03±0,02	0,01-0,06	2,32±1,50	0-4,22	0,57±0,11	0,36-0,72	0,84±0,07	0,72-0,93
Levrek	Sade (1)	Yağlı (1)	0,03±0,01	0,02-0,03	0,32±0,07	0,26-0,46	1,05±0,11	0,94-1,16	0,09±0,003	0,09-0,10
Toplam			0,10±0,14	0,01-0,89	5,01±4,09	ND*-16,72	1,32±0,87	0,32-4,76	0,50±0,61	0,06-3,54

*ND: Tespit edilememiştir.

Yağlı konservelerin farklı balık içeriğine göre ağır metal düzeylerinin ortalama, standart sapma ve ortanca değerleri Tablo 4.9’da verilmiştir. Tablo 4.10 ile Tablo 4.13 arasında farklı balık türüne sahip yağlı konservelerin ağır metal düzeyleri çoklu karşılaştırmaya göre değerlendirilmiştir. Tablo 4.10’a göre konserve alabalıkların ortalama Pb içeriği ($0,03 \pm 0,01$ mg/kg YA), ton ($0,12 \pm 0,17$ mg/kg YA, $p < 0,01$) ve somon balıklarının Pb içeriğinden ($0,08 \pm 0,08$ mg/kg YA, $p < 0,05$) daha düşük bulunmuştur (Şekil 4.1).

Farklı balık türüne sahip konservelerde kadmiyum analizine göre, yağlı somon konservelerinin en düşük Cd içeriğine sahip olduğu saptanmıştır ($0,19 \pm 1,51$ µg/kg YA) (Tablo 4.9). Buna göre somon konservelerinin Cd konsantrasyonu ($0,19 \pm 1,51$ µg/kg YA) ton balığı ($6,36 \pm 3,55$ µg/kg YA, $p < 0,001$), hamsi ($3,79 \pm 1,54$ µg/kg YA, $p < 0,001$), uskumru ($5,03 \pm 2,74$ µg/kg YA, $p < 0,001$) ve alabalık ($3,35 \pm 2,84$ µg/kg YA, $p < 0,05$) konservelerinden anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur (Tablo 4.9, Tablo 4.11 Şekil 4.2). Ton balığı konservelerinin Cd düzeyinin ($6,36 \pm 3,55$ µg/kg YA) alabalık ($3,35 \pm 2,84$ µg/kg YA, $p < 0,01$), levrek ($0,32 \pm 0,07$ µg/kg YA, $p < 0,001$) ve sardalyadan ($1,12 \pm 4,25$ µg/kg YA, $p < 0,001$) daha yüksek olduğu saptanmıştır. Uskumru konservelerinin Cd miktarı ($5,03 \pm 2,74$ µg/kg YA) sardalya ($1,12 \pm 4,25$ µg/kg YA) ve levrek ($0,32 \pm 0,07$ µg/kg YA) konservelerinden anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p < 0,001$) (Tablo 4.9, Tablo 4.11, Şekil 4.2).

Alüminyum analizi sonucunda en düşük konsantrasyon yağlı levrek konservesinde ($1,05 \pm 0,11$ mg/kg YA), en yüksek konsantrasyon ise hamsi konservelerinde ($1,91 \pm 0,15$ mg/kg YA) bulunmuştur (Tablo 4.9). Hamsi konservelerinin Al içeriğinin ton ($1,27 \pm 0,87$ mg/kg YA, $p < 0,001$), sardalya ($1,18 \pm 0,71$ mg/kg YA, $p < 0,001$), somon ($1,27 \pm 0,44$ mg/kg YA, $p < 0,05$) ve uskumru ($1,77 \pm 1,35$ mg/kg YA, $p < 0,05$) konservelerinden daha yüksek olduğu saptanmıştır (Tablo 4.9, Tablo 4.12, Şekil 4.3).

Tablo 4.9’a göre en yüksek As düzeyi yağlı sardalyada bulunmuştur ($2,16 \pm 1,13$ mg/kg YA). Sardalya konservelerinin As düzeyinin ton ($0,35 \pm 0,19$ mg/kg YA), somon ($0,23 \pm 0,17$ mg/kg YA), alabalık ($0,17 \pm 0,10$ mg/kg YA) ve levrekten ($0,09 \pm 0,00$ mg/kg YA) daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p < 0,001$) (Tablo 4.13). Benzer şekilde uskumru ($0,66 \pm 0,15$ mg/kg YA) ve hamsi konservelerinin As düzeyi ($0,66 \pm 0,02$

mg/kg YA) ton, somon, alabalık ve levrekten daha yüksek bulunmuştur ($p<0,001$) (Tablo 4.9, Tablo 4.13, Şekil 4.3). Ton balığı konservelerindeki As miktarı ($0,35\pm0,19$ mg/kg YA), somon ($0,23\pm0,17$ mg/kg YA), alabalık ($0,17\pm0,10$ mg/kg YA) ve levrek ($0,09\pm0,00$ mg/kg YA) konservelerinden daha yüksektir ($p<0,01$) (Tablo 4.9, Tablo 4.13, Şekil 4.3).

Konserve balıkların soslu veya sade olma durumlarına göre ağır metal içerikleri Tablo 4.14'te verilmiştir. Tablo 4.6'e göre soslu numunelerin pH değeri ($5,79\pm0,42$) sade numunelerden ($6,06\pm0,49$) daha düşüktür ($p<0,001$). Analiz sonucunda soslu ve sade örneklerin içeriğindeki ortalama Pb ($p=0,819$), Cd ($p=0,509$) ve As ($p=0,349$) düzeyleri arasındaki farklılık istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır. Fakat soslu konserve balıkların içeriğindeki ortalama Al miktarı $2,03\pm1,03$ mg/kg YA iken, sade konserve balıklarda $0,98\pm0,51$ mg/kg YA'dır. pH seviyesi düşük olan soslu konserve balıkların Al düzeyi, sade konservelerden anlamlı derecede yüksektir ($p<0,001$) (Tablo 4.14).

Farklı yağ içeriğine sahip konserve balıkların ağır metal içerikleri arasındaki farklılık Tablo 4.15'te verilmiştir. Araştırma kapsamına alınan numunelerden sadece 7 tanesi yağsızdır. Yağsız konservelerin tamamı ton balığı numunelerine aittir. Buna göre ton balığı konserveleri yağlı ve yağsız olmak üzere iki gruba ayrılıp karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda ton balığı konservelerinin yağlı veya yağsız olma durumuna göre Pb, Cd ve Al konsantrasyonu açısından farklılık göstermediği belirlenmiştir (sırasıyla $p=0,861$, $p=0,052$ $p=0,445$) (Tablo 4.15).

Yağlı ve yağsız ton balığı konservelerinin As miktarları arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Yağlı konserveler ($0,35\pm0,19$ mg/kg YA), yağsız konservelerden ($0,25\pm0,11$ mg/kg YA) daha yüksek oranda As içermektedir ($p<0,001$) (Tablo 4.15).

Tablo 4.9. Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların ağır metal düzeylerinin ortalama, standart sapma ve ortanca değerleri.

Balık Türü (n)	Pb (mg/kg YA)		Cd (µg/kg YA)		Al (mg/kg YA)		As (mg/kg YA)	
	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)
Ton (35)	0,12±0,17	0,04 (0,02-0,16)	6,36±3,55	5,18 (4,20-9,60)	1,27±0,87	0,92 (0,68-1,79)	0,35±0,19	0,33 (0,25-0,42)
Alabalık (2)	0,03±0,01	0,03 (0,02-0,03)	3,35±2,84	2,54 (0,86-6,63)	1,53±0,48	1,80 (1,00-1,81)	0,17±0,10	0,12 (0,11-0,29)
Hamsi (2)	0,04±0,01	0,04 (0,03-0,05)	3,79±1,54	3,59 (2,26-5,30)	1,91±0,15	1,91 (1,77-2,06)	0,66±0,02	0,67 (0,64-0,68)
Sardalya (5)	0,04±0,01	0,04 (0,03-0,04)	1,12±4,25	1,99 (ND*-3,90)	1,18±0,71	0,98 (0,59-1,75)	2,16±1,13	2,25 (0,91-3,22)
Somon (6)	0,08±0,08	0,05 (0,02-0,14)	0,19±1,51	0,19 (ND*-1,57)	1,27±0,44	1,34 (0,77-1,74)	0,23±0,17	0,18 (0,06-0,33)
Uskumru (8)	0,08±0,10	0,03 (0,02-0,10)	5,03±2,74	4,89 (3,16-7,64)	1,77±1,35	1,45 (0,63-2,61)	0,66±0,15	0,63 (0,52-0,84)
Levrek (1)	0,03±0,01	0,03 (0,02-0,03)	0,32±0,07	0,30 (0,28-0,35)	1,05±0,11	1,06 (0,94-1,15)	0,09±0,00	0,09 (0,09-0,09)
Toplam (58)	0,10±0,14	0,04 (0,02-0,12)	5,01±4,09	4,48 (2,44-7,43)	1,32±0,87	1,01 (0,69-1,76)	0,50±0,61	0,34 (0,21-0,50)

*ND: Tespit edilememiştir.

Tablo 4.10. Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların Pb (mg/kg YA) düzeylerinin çoklu karşılaştırmaya göre değerlendirilmesi.

Balık Türü (n)	Ton	Alabalık	Hamsi	Sardalya	Somon	Uskumru	Levrek
Ton (35)	-						
Alabalık (2)	0,003*	-					
Hamsi (2)	1,000	0,359	-				
Sardalya (5)	1,000	0,293	1,000	-			
Somon (6)	1,000	0,015**	1,000	1,000	-		
Uskumru (8)	0,237	0,577	1,000	1,000	1,000	-	
Levrek (1)	0,144	1,000	1,000	1,000	0,217	1,000	-

*p<0,01, **p<0,05; Kruskal-Wallis Testi.

Tablo 4.11. Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların Cd ($\mu\text{g/kg}$ YA) düzeylerinin çoklu karşılaştırmaya göre değerlendirilmesi.

Balık Türü (n)	Ton	Alabalık	Hamsi	Sardalya	Somon	Uskumru	Levrek
Ton (35)	-						
Alabalık (2)	0,010**	-					
Hamsi (2)	0,226	1,000	-				
Sardalya (5)	0,000*	1,000	0,894	-			
Somon (5)	0,000*	0,014**	0,000*	0,072	-		
Uskumru (8)	0,484	0,776	1,000	0,000*	0,000*	-	
Levrek (1)	0,000*	0,350	0,066	1,000	1,000	0,000*	-

*p<0,001, **p<0,05; Kruskal-Wallis Testi.

Tablo 4.12. Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların Al (mg/kg YA) düzeylerinin çoklu karşılaştırmaya göre değerlendirilmesi.

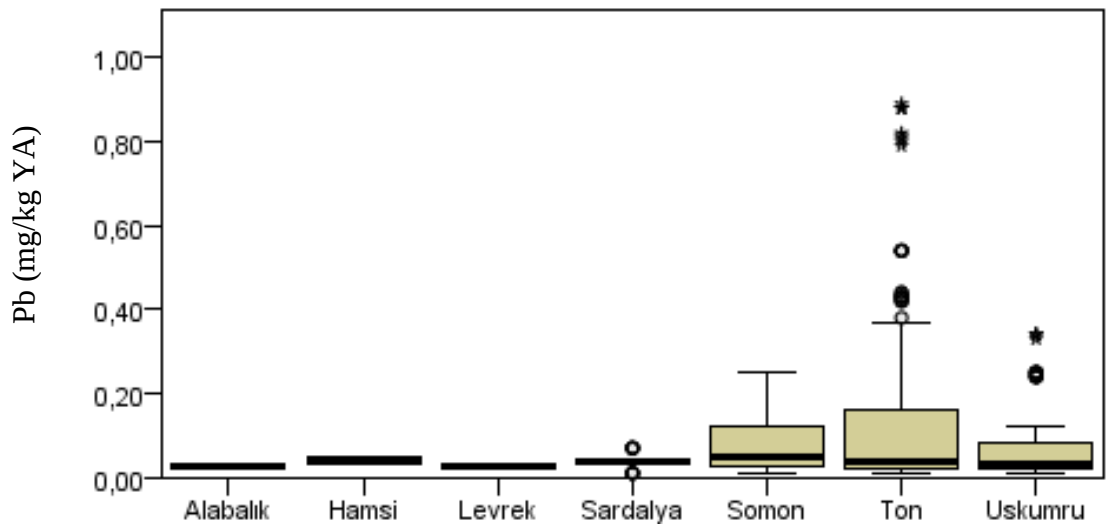
Balık Türü (n)	Ton	Alabalık	Hamsi	Sardalya	Somon	Uskumru	Levrek
Ton (35)	-						
Alabalık (2)	0,076	-					
Hamsi (2)	0,000*	1,000	-				
Sardalya (5)	1,000	0,117	0,000*	-			
Somon (5)	1,000	1,000	0,012***	1,000	-		
Uskumru (8)	0,852	1,000	0,013***	1,000	1,000	-	
Levrek (1)	1,000	1,000	0,195	1,000	1,000	1,000	-

*p<0,001, **p<0,01, ***p<0,05; Kruskal-Wallis Testi.

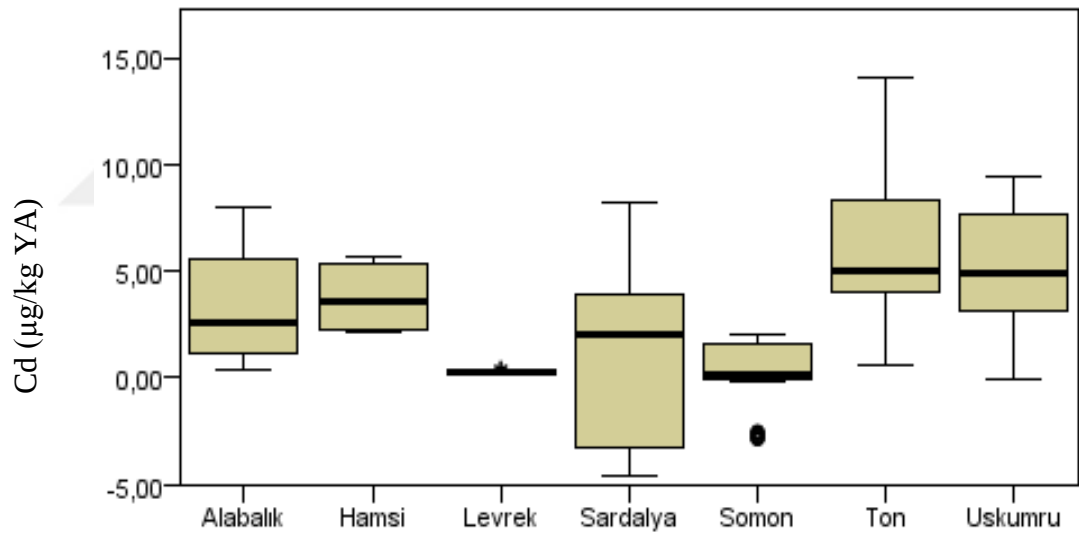
Tablo 4.13. Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların As (mg/kg YA) düzeylerinin çoklu karşılaştırmaya göre değerlendirilmesi.

Balık Türü (n)	Ton	Alabalık	Hamsi	Sardalya	Somon	Uskumru	Levrek
Ton (35)	-						
Alabalık (2)	0,008**	-					
Hamsi (2)	0,000*	0,000*	-				
Sardalya (5)	0,000*	0,000*	1,000	-			
Somon (5)	0,001**	1,000	0,000*	0,000*	-		
Uskumru (8)	0,000*	0,000*	1,000	0,236	0,000*	-	
Levrek (1)	0,003**	1,000	0,000*	0,000*	1,000	0,000*	-

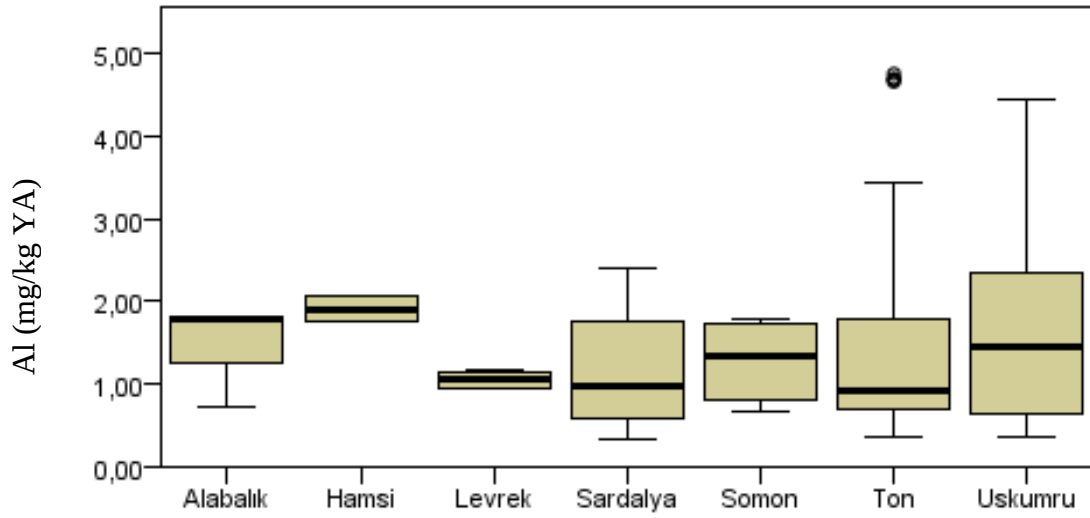
*p<0,001, **p<0,01; Kruskal-Wallis Testi.



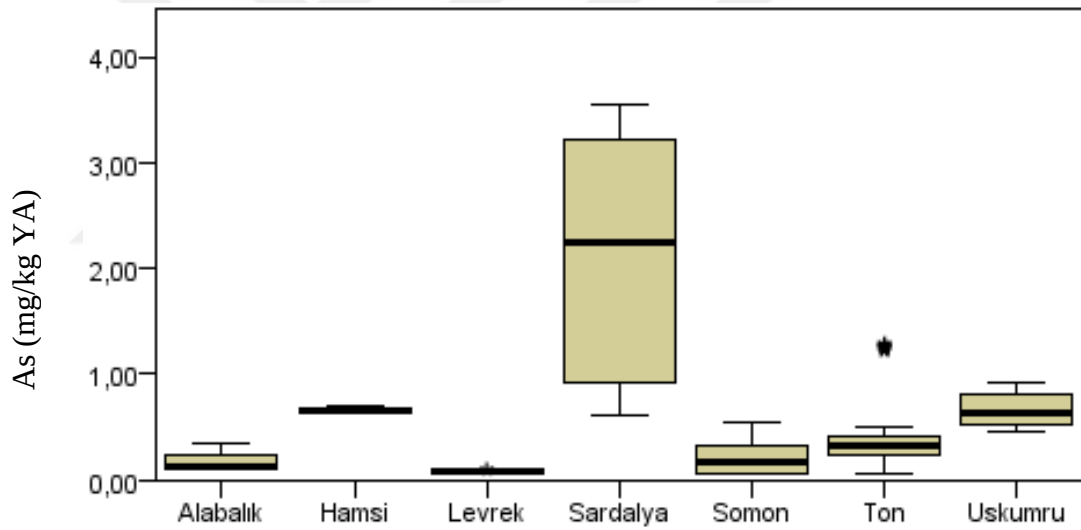
Şekil 4.1. Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların Pb düzeyleri (mg/kg YA).



Şekil 4.2. Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların Cd düzeyleri (µg/kg YA).



Şekil 4.3. Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların Al düzeyleri (mg/kg YA).



Şekil 4.4. Farklı balık türüne sahip yağlı konserve balıkların As düzeyleri (mg/kg YA).

Tablo 4.14. Farklı sos durumuna sahip konserve balıkların ağır metal düzeylerinin değerlendirilmesi.

Sos Durumu (n)	Pb (mg/kg YA)			Cd (µg/kg YA)			Al (mg/kg YA)			As (mg/kg YA)		
	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	p	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	p	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	p	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	p
Soslu (21)	0,09±0,11	0,04 (0,03-0,10)	0,819	4,97±3,83	4,47 (3,08-6,39)	0,509	2,03±1,03	1,78 (1,46-2,66)	0,000*	0,49±0,60	0,43 (0,13-0,55)	0,349
Sade (45)	0,10±0,15	0,04 (0,02-0,12)		5,03±4,20	4,48 (1,91-7,62)		0,98±0,51	0,85 (0,63-1,15)		0,50±0,61	0,33 (0,23-0,48)	

*p<0,001; Mann-Whitney U Testi.

Tablo 4.15. Farklı yağ içeriğine sahip ton balıklarının ağır metal düzeylerinin ortalama, standart sapma ve ortanca değerleri.

Yağ Durumu (n)	Pb (mg/kg YA)			Cd (µg/kg YA)			Al (mg/kg YA)			As (mg/kg YA)		
	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	p	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	p	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	p	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	p
Yağsız (7)	0,08±0,06	0,08 (0,02-0,12)	0,861	6,64±4,68	4,06 (3,81-10,45)	0,052	1,00±0,43	0,97 (0,64-1,08)	0,445	0,25±0,11	0,19 (0,18-0,31)	0,000*
Yağlı (35)	0,12±0,17	0,04 (0,02-0,16)		6,36±3,54	5,18 (4,20-9,60)		1,27±0,87	0,92 (0,68-1,79)		0,35±0,19	0,33 (0,25-0,42)	

*p<0,001; Mann-Whitney U Testi.

4.3. Farklı Konserve Balık Türlerinin Ağır Metal İçeriği ile Yağ Yüzdesi, Nem Oranı ve pH Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi

Konserve balıkların ağır metal içeriklerinin yağ yüzdesi, nem oranı ve pH ile ilişkisi Tablo 4.16 ve Tablo 4.17’de özetlenmiştir.

Kurşun (Pb), yağ yüzdesiyle ($r=-0,157$) negatif korelasyon göstermektedir ($p<0,01$) (Tablo 4.16). Hamsi ($r=0,894$, $p<0,01$), sardalya ($r=0,110$, $p>0,05$) ve somon ($r=0,186$, $p>0,05$) numunelerinde Pb ile yağ yüzdesi arasında pozitif yönde ilişki bulunmuştur ancak yalnızca hamsi numunelerinde anlamlılık saptanmıştır. Ton, uskumru ve levrek numunelerinde ise negatif yönde ilişki (sırasıyla $r=-0,126$, $r=-0,508$, $r=-1,000$) belirlenmiştir ($p<0,01$). Balıkların nem oranıyla Pb içeriği arasındaki korelasyon incelendiğinde; uskumru ($r=0,383$) ve levrek ($r=1,000$) konservelerinde pozitif yönde ($p<0,01$), hamsi ($r=-0,447$) ve somon ($r=-0,540$) konservelerinde negatif yönde ilişki bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.17). Ağır metal düzeyini etkileyen etmenlerden biri de pH’dır. Pb, pH değeri ($r=-0,338$) ile negatif korelasyon göstermektedir ($p<0,01$) (Tablo 4.16). Tablo 4.17’de Pb ile pH değeri arasında hamsi ($r=0,894$), sardalya ($r=0,392$) ve levrek ($r=1,000$) numunelerinde pozitif ilişki; ton balığı ($r=-0,233$) ve uskumru ($r=-0,708$) numunelerinde ise negatif ilişki bulunmuştur ($p<0,01$).

Kadmiyumun yağ yüzdesiyle korelasyonunun balık türüne göre farklılık gösterdiği saptanmıştır. Hamsi ($r=0,605$ $p<0,01$), sardalya ($r=0,318$ $p<0,05$) ve uskumru ($r=0,532$ $p<0,01$) numunelerinde pozitif yönde ilişki bulunurken alabalık ($r=-0,776$ $p<0,01$), somon ($r=-0,746$ $p<0,01$) ve levrek ($r=-0,707$ $p<0,05$) numunelerinde ise negatif yönde ilişki bulunmuştur (Tablo 4.17). Tüm numuneler birlikte değerlendirildiğinde kadmiyumun, nem oranıyla pozitif yönde ($r=0,137$), pH değeri ile negatif yönde ($r=-0,351$) korelasyon gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,01$) (Tablo 4.16). Alabalık, somon, uskumru ve levrek konservelerinde nem oranı ve Cd arasında pozitif yönde ilişki (sırasıyla $r=0,776$ $p<0,01$, $r=0,873$ $p<0,01$, $r=0,556$ $p<0,01$, $r=0,702$ $p<0,05$) saptanmıştır (Tablo 4.17). Cd ile pH değeri arasındaki korelasyon ise ton ($r=-0,114$ $p<0,05$), alabalık ($r=-0,776$ $p<0,01$), somon ($r=-0,329$ $p<0,05$) ve

uskumru ($r=-0,724$ $p<0,01$) numunelerinde negatif yönde; hamsi ($r=0,947$ $p<0,01$) ve levrek ($r=0,707$ $p<0,05$) numunelerinde pozitif yönde bulunmuştur (Tablo 4.17).

Konserve balıkların Al içeriklerinin nem oranı, pH ve yağ yüzdesiyle olan ilişkisi Tablo 4.16 ve Tablo 4.17’de gösterilmiştir. Konserve balıkların %94’ünde Al ile yağ yüzdesi arasında negatif yönde ilişki bulunmuştur ($p<0,01$). Ton, sardalya, somon, uskumru ve levrek numunelerinde yağ yüzdesi ve Al konsantrasyonu arasındaki korelasyon düzeyleri sırasıyla $r=-0,168$, $r=-0,670$, $r=-0,661$, $r=-0,641$, $r=-0,910$ ’dur ($p<0,01$) (Tablo 4.17). Tüm numunelerde, Al ile nem oranı pozitif yönde korelasyon göstermiştir ($r=0,227$ $p<0,01$) (Tablo 4.16). Alüminyumun ton, somon, uskumru ve levrek numunelerinde nem oranıyla pozitif korelasyon gösterdiği (sırasıyla $r=0,140$, $r=0,517$, $r=0,647$, $r=0,910$) saptanmıştır ($p<0,01$) (Tablo 4.17). Tüm numuneler birlikte değerlendirildiğinde Al ile pH değeri arasında negatif yönde korelasyon olduğu bulunmuştur ($r=-0,235$, $p<0,01$) (Tablo 4.16). Farklı balık konservelerine göre değerlendirildiğinde ise ton ($r=-0,275$ $p<0,01$), sardalya ($r=-0,303$ $p<0,05$) ve uskumru ($r=-0,840$ $p<0,01$) konservelerinde negatif yönde, hamsi ve levrek konservelerinde pozitif (sırasıyla $r=0,947$, $r=0,707$; $p<0,05$) yönde korelasyon olduğu saptanmıştır (Tablo 4.17).

Konserveler içeriğindeki balık türüne bakılmaksızın değerlendirildiğinde As ile yağ yüzdesi arasında pozitif yönde ilişki bulunmuştur ($r=0,289$, $p<0,01$) (Tablo 4.16). Ton, somon ve uskumru balığında As ve yağ yüzdesi arasındaki ilişkinin pozitif yönde (sırasıyla $r=0,143$, $r=0,905$, $r=0,895$), alabalık ve hamsi numunelerinde ise negatif yönde (sırasıyla $r=-0,703$, $r=-0,700$) olduğu saptanmıştır ($p<0,01$) (Tablo 4.17). Nem oranı ile As arasındaki ilişkinin ise alabalık konservelerinde pozitif yönde ($r=0,703$); ton, somon ve uskumru konservelerinde ise negatif yönde (sırasıyla $r=-0,150$, $r=-0,758$, $r=-0,898$) olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). pH değeri ile As arasındaki ilişkinin balık türüne göre farklılık gösterdiği Tablo 4.16 ve Tablo 4.17’de belirtilmiştir. Alabalık ve hamsi konservelerinde pH ile As arasında negatif yönde (sırasıyla $r=-0,703$, $r=-0,708$) ilişki, sardalya, somon ve uskumruda ise pozitif yönde (sırasıyla $r=0,376$, $r=0,619$, $r=0,786$) ilişki saptanmıştır ($p<0,01$) (Tablo 4.17).

Tablo 4.16. Konservelerin ağır metal içeriği ile nem oranı, pH ve yağ yüzdesi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi.

Ağır Metal	Yağ (%)	Nem (%)	pH
Kurşun (Pb)	-0,157*	0,029	-0,338*
Kadmiyum (Cd)	-0,019	0,137*	-0,351*
Alüminyum (Al)	-0,334*	0,227*	-0,235*
Arsenik (As)	0,289*	-0,390*	0,275*

*p<0,01; Spearman korelasyon testi.

Tablo 4.17. Farklı balık türlerine ait konservelerin ağır metal içeriği ile nem oranı, pH ve yağ yüzdesi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi.

Ağır Metal	Balık Türü	Yağ (%)	Nem (%)	pH
Kurşun (Pb)	Ton	-0,126**	0,048	-0,233**
	Alabalık	0,000	0,000	0,000
	Hamsi	0,894**	-0,447*	0,894**
	Sardalya	0,110	0,274	0,392**
	Somon	0,186	-0,540**	-0,119
	Uskumru	-0,508**	0,383**	-0,708**
	Levrek	-1,000**	1,000**	1,000**
Kadmiyum (Cd)	Ton	0,090	0,049	-0,114*
	Alabalık	-0,776**	0,776**	-0,776**
	Hamsi	0,605**	-0,341	0,947**
	Sardalya	0,318*	-0,238	-0,097
	Somon	-0,746**	0,873**	-0,329*
	Uskumru	0,532**	0,556**	-0,724**
	Levrek	-0,707*	0,707*	0,707*
Alüminyum (Al)	Ton	-0,168**	0,140**	-0,275**
	Alabalık	-0,217	0,217	-0,217
	Hamsi	0,648**	-0,275	0,922**
	Sardalya	-0,670**	-0,054	-0,303*
	Somon	-0,661**	0,517**	-0,139
	Uskumru	-0,641**	0,647**	-0,840**
	Levrek	-0,910**	0,910**	0,910**
Arsenik (As)	Ton	0,143**	-0,150**	-0,010
	Alabalık	-0,703**	0,703**	-0,703**
	Hamsi	-0,700**	-0,078	-0,708**
	Sardalya	-0,164	0,208	0,376**
	Somon	0,905**	-0,758**	0,619**
	Uskumru	0,895**	-0,898**	0,786**
	Levrek	-0,333	0,333	0,333

*p<0,05, **p<0,01; Spearman korelasyon testi.

4.4. Farklı Konserve Balık Türlerinin Ağır Metal Düzeylerinin Türkiye'deki ve Dünyadaki Yasal Düzenlemelere Göre Değerlendirilmesi

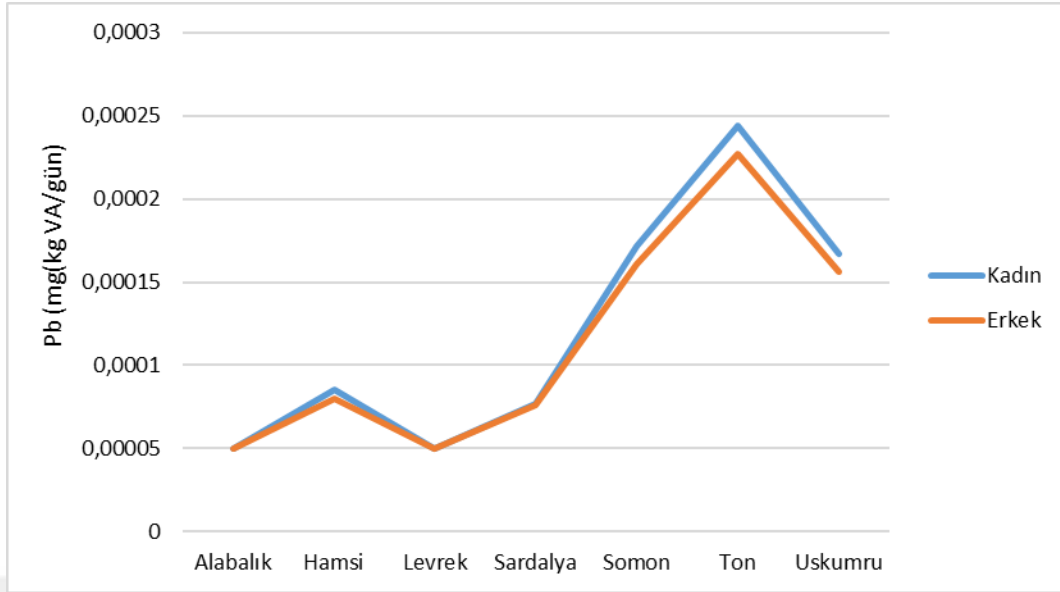
Araştırma kapsamında alınan konserve balıkların tamamında Pb, Al ve As tespit edilmiştir. Örneklerin %95'inde ise Cd belirlenmiştir. Türk Gıda Kodeksi (TGK) Bulaşanlar Yönetmeliği'nde (2011) verilen üst limitlere göre Pb (0.30 mg/kg YA) ve Cd (çeşitli balık türlerine göre 0,05–0,30 mg/kg YA arası) düzeyleri değerlendirilmiştir. Türkiye ve Dünya genelinde konserve balıkların Al ve As düzeyini sınırlayan herhangi bir üst limit bulunmamaktadır. Bunun yerine bireylerin toplam maruziyeti konusunda farklı otoriteler tarafından belirlenmiş üst limitler bulunmaktadır.

Analiz edilen konserve balıkların tamamında Pb ve Cd düzeylerinin TGK'nin belirlediği üst limitlerin altında olduğu saptanmıştır. Araştırma kapsamına alınan numunelerin ortalama Pb içeriği $0,10 \pm 0,14$ mg/kg YA, Cd içeriği ise $5,01 \pm 4,09$ µg/kg YA'dır (Tablo 4.8).

4.5. Konserve Balıkların Ağır Metal İçeriğine Göre Maruziyetin Değerlendirilmesi

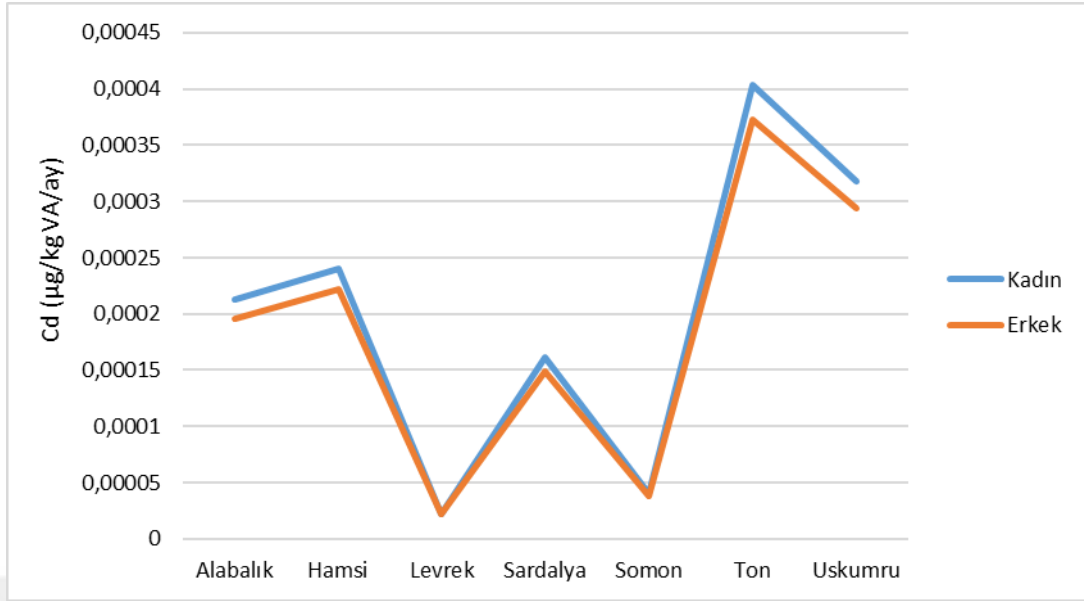
Araştırmada Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi'nde cinsiyete göre yetişkin bireylerde (19 yaş ve üzeri) günlük tüketilmesi önerilen 2.5-3 porsiyon et grubu besinlerin 1 porsiyonunu konserve balık tüketerek (150 g) karşılamaları halinde maruz kalacakları Pb, Cd, Al ve As miktarları incelenmiştir.

Kurşun ağır metale toplam çevresel maruziyet için FDA 0,006 mg/kg VA/gün olarak üst limit belirlemiştir. Şekil 4.5'te yetişkin kadın ve erkeklerin konserve balık tüketimiyle maruz kalacağı Pb düzeyi verilmiştir. En yüksek Pb maruziyeti somon konservesinde (kadınlar için 0,00021 mg/kg VA/gün, erkekler için 0,000195 mg/kg VA/gün), en düşük ise alabalık ve levrek konservesinde (erkek ve kadınlar için 0,00005 mg/kg VA/gün) belirlenmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Yetişkin bireylerin önerilen balık tüketimlerine göre Pb maruziyet düzeyleri (mg/kg/gün)

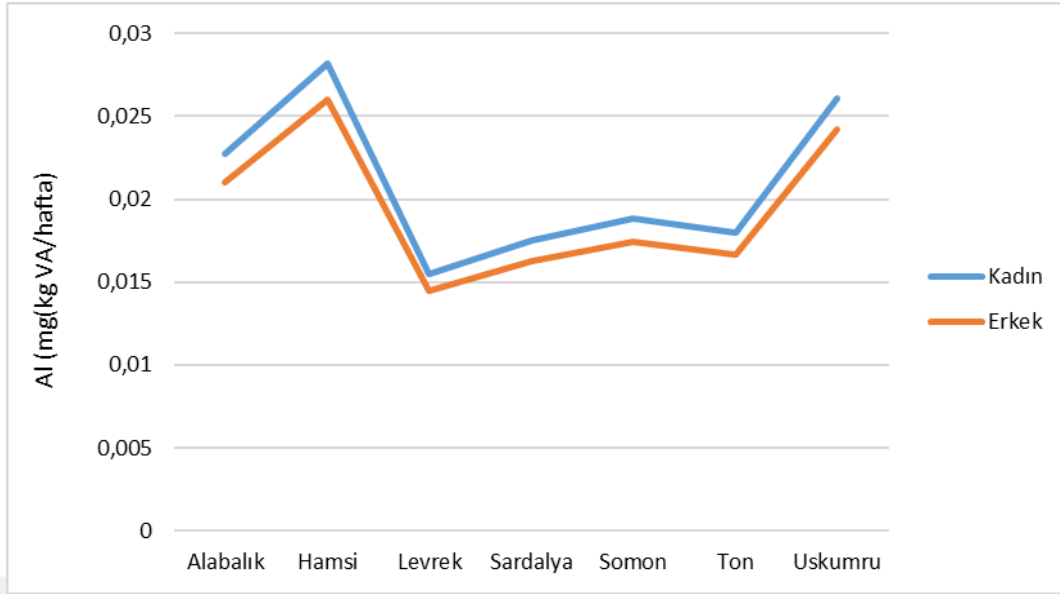
Kadmiyum için çeşitli otoriteler tarafından belirlenen maksimum maruziyet düzeyleri bulunmaktadır. JECFA'ya göre belirlenmiş olan üst limit 25 $\mu\text{g/kg VA/ay}$ 'dır. EFSA ise Cd maruziyetini üst limit haftalık 2,5 $\mu\text{g/kg VA}$ olarak belirtmiştir. Şekil 4.6'da yetişkin kadın ve erkeklerin Cd maruziyeti gösterilmiştir. En yüksek maruziyetin ton balığı konservesinde (kadınlarda 0,0004 $\mu\text{g/kg VA/ay}$, erkeklerde 0,000365 $\mu\text{g/kg VA/ay}$), en düşük maruziyetin ise somon konservesinde (tüm yetişkinlerde 0,00002 $\mu\text{g/kg VA/ay}$) olduğu saptanmıştır.



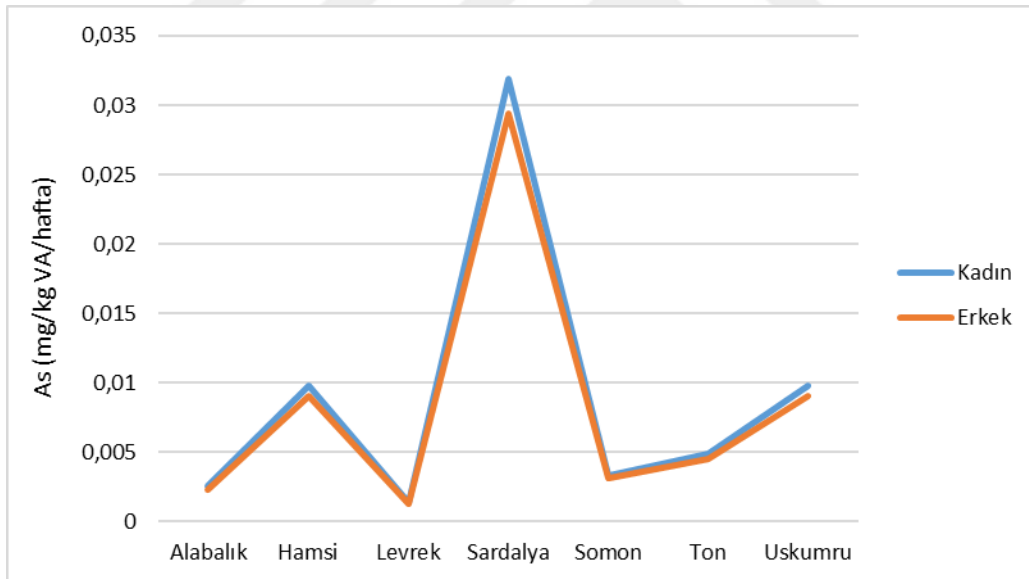
Şekil 4.6. Yetişkin bireylerin önerilen balık tüketimlerine göre Cd maruziyet düzeyleri ($\mu\text{g/kg VA/ay}$)

Şekil 4.7’de Al maruziyet düzeyleri gösterilmiştir. En yüksek maruziyet hamsi konserve balığında (kadınlarda 0,028 mg/kg VA/hafta, erkeklerde 0,026 mg/kg VA/hafta) en düşük maruziyet somon konserve balığında (kadınlarda 0,011 mg/kg VA/hafta, erkeklerde 0,010 mg/kg VA/hafta) saptanmıştır. Buna göre yetişkinlerin Al maruziyeti JECFA’nın belirlediği üst limitin (2 mg/kg VA/hafta) altındadır.

Arsenik maruziyeti Şekil 4.8’de verilmiştir. JECFA’nın önceden belirlemiş olduğu fakat günümüzde yeterli görülmeyen limitler (inorganik arsenik bileşikleri için 15 $\mu\text{g/kg VA/hafta}$, organik arsenik bileşikleri için 50 $\mu\text{g/kg VA/hafta}$) göz önünde bulundurulduğunda maruziyet düzeyleri limitlerin altında belirlenmiştir. En yüksek As maruziyet düzeyi sardalya konservesinde (kadınlarda 32,2 $\mu\text{g/kg VA/hafta}$, erkeklerde 29,4 $\mu\text{g/kg VA/hafta}$) en düşük ise levrekte (kadınlarda 1,33 $\mu\text{g/kg VA/hafta}$, erkeklerde 1,26 $\mu\text{g/kg VA/hafta}$) bulunmuştur.



Şekil 4.7. Yetişkin bireylerin önerilen balık tüketimlerine göre Al maruziyet düzeyleri (mg/kg VA/hafta)



Şekil 4.8. Yetişkin bireylerin önerilen balık tüketimlerine göre As maruziyet düzeyleri (mg/kg VA/hafta)

5. TARTIŞMA

Besinler işlenmeden doğal olarak tüketildiği gibi uzun süre bozulmadan saklanabilmesi için ısıtma işlemi uygulanarak da tüketimi sağlanmaktadır. Bu uygulamalardan biri de konserve balıktır. Konserve balıklar Türkiye’de ve Dünya çapında tüketim kolaylığı nedeniyle toplumdaki her yaş grubundaki bireyler tarafından tercih edilmektedir. Son yıllarda konserve balıklar özellikle içeriklerindeki ağır metaller nedeniyle araştırmacıların bu konu üzerinde yoğunlaşmasına neden olmuştur. Konserve balıkların içeriğindeki ağır metallerin (Pb, Cd, Al, As) analizine yönelik dünyanın farklı ülkelerinde çalışmalar yapılmıştır (2, 52, 55, 58, 59, 65, 146, 147, 149, 150, 165). Yapılan çalışmalarda konserve besinlere ağır metal geçişinin pH ile besinin yağ içeriği gibi etmenlere bağlı olarak değiştiği belirtilmektedir (47, 147, 166). Besinlerin Pb, Cd, Al ve As düzeyleri insan sağlığı için risk taşımaktadır. Farklı otoriteler tarafından besinlerdeki ağır metallerle yönelik yasal sınırlamalar getirilmiştir (154, 155, 157, 158, 167). Ağır metal düzeylerinin doğru analiz yöntemiyle saptanması önem taşımaktadır. Bu konuda yapılan araştırmalar da göz önünde bulundurularak bu çalışmada ICP-MS cihazı kullanılmıştır.

Yapılan araştırmanın sonucuna göre konserve balıkların bazı ağır metal düzeyleri arasında farklılıklar saptanmıştır.

5.1. Farklı Konserve Balık Türlerinin Yağ, Nem ve pH İçerikleri Açısından Değerlendirilmesi

Bu araştırma kapsamında alınan farklı konserve balıkların, balık türü, sos durumu ve yağ durumuna göre içeriklerindeki yağ yüzdesi, nem oranı ve pH değerlerinin farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.1).

Analiz edilen konserve balıklardan sade numunelerin yağ yüzdesi (%27,54±14,31) soslu numunelerden (%14,85±9,79) daha yüksek bulunmuştur ($p<0,001$) (Tablo 4.6). Aynı zamanda nem oranı sade numunelerde (%32,99±20,09) soslu numunelerden (%44,40±15,93) daha düşüktür ($p<0,001$). Yağ ve nem oranındaki bu farklılığın sos içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Soslu numunelerin içeriğinde yağ dışında sebze, tahıl, baharatlar bulunmaktadır. Böylece aynı gramaja

sahip sade ve soslu numuneler kıyaslandığında soslu numunelerde yağ ilavesi daha düşük olmaktadır. Bunun yerine nem oranı artmaktadır.

Bu araştırmada konserve balıkların yağ oranının ve nem oranının suda veya yağda konserve edilmelerine göre de farklılık gösterdiği saptanmıştır ($p<0,001$) (Tablo 4.7).

Konserve balıklarda pH düzeyinin incelenmesine yönelik çalışmalara literatürde rastlanmamıştır. Fakat bu çalışmada soslu konserve balıkların sos içeriğine bağlı olarak pH düzeyinin düştüğü, soslu ve sade konserve balıkların pH düzeyleri arasında farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$) (Tablo 4.6). Bu durumun sos olarak sıklıkla domates gibi asidik besinlerin kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.2. Farklı Konserve Balık Türlerinin Ağır Metal İçerikleri Açısından Değerlendirilmesi

Araştırmada analiz edilen konserve balıkların içeriğindeki Pb, Cd, Al ve As düzeyleri sos ile yağ durumuna ve balık türüne göre değerlendirilmiştir (Tablo 4.8-Tablo 4.15). Araştırma kapsamında alınan yağlı konserve balıkların Pb içeriği $0,03\pm0,01$ ile $0,13\pm0,13$ mg/kg YA arasında değişmektedir (Tablo 4.8). Cd içeriği ise $0,32\pm0,07$ ile $7,58\pm4,69$ µg/kg YA arasındadır. Bu çalışmaya göre Ankara piyasasında satılan konserve balıkların As içeriği $0,06\pm0,00$ mg/kg ile $3,02\pm0,03$ mg/kg YA arasında değişmektedir. En yüksek Al içeriği ise soslu-yağlı uskumru konserve balıklarında saptanmıştır. Tüm numunelerin ortalama $1,32\pm0,87$ mg/kg YA Al içerdiği belirlenmiştir.

Türkiye’de üretilen konserve balıklar üzerinde yapılan çalışmalarda Pb konsantrasyonu konserve alabalıkta $0,167$ mg/kg YA, konserve hamside $0,188$ mg/kg YA, konserve palamutta 0.209 ± 0.580 mg/kg YA, konserve sardalyada 0.284 ± 0.605 mg/kg YA, konserve ton balığında 0.28 ± 0.15 mg/kg YA, konserve uskumruda ise 0.313 ± 0.877 mg/kg YA olarak saptanmıştır (55-57). Bu çalışmaların sonuçlarına göre konserve ton balığının diğer türdeki konserve balıklara kıyasla (uskumru hariç) daha yüksek oranda Pb içerdiği belirlenmiştir. Konserve balıkların Pb miktarının analiz edildiği bir başka çalışmanın sonucuna göre konserve ton balığının ($0,117\pm0,011$ mg/kg YA), konserve hamsiden ($0,092\pm0,035$ mg/kg YA) daha yüksek miktarda Pb içerdiği

bulunmuştur (58). Bu konuda yapılan araştırmaların sonuçlarına göre konserve balık türlerinin ağır metal içeriklerinin oldukça geniş bir aralıkta farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Yapılmış çalışmalara (55-58) kıyasla bu araştırma kapsamında analiz edilen numunelerin daha düşük düzeyde Pb içerdiği saptanmıştır. Bunun nedeninin yapılan çalışmalarda genellikle konservenin içeriğindeki su ve yağ kısmının süzildikten sonra analiz edilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çalışmada yağ ve sos içeriğine göre ağır metal analizleri yapıldığı için konserve balıklar süzülmeden homojenize edilmiştir.

Kadmiyum (Cd), konserve balıklarda analiz edilen bir diğer ağır metaldir (55-59, 150). Bu çalışmada analiz edilen yağlı konserve balıkların Cd içeriği ortalama $5,01 \pm 4,09 \mu\text{g/kg YA}$ olarak saptanmıştır. Farklı balık türlerine göre en yüksek içeriğin ton balığında ($6,36 \pm 3,55 \mu\text{g/kg YA}$), en düşük ise levrekte ($0,32 \pm 0,07 \mu\text{g/kg YA}$) olduğu gösterilmiştir (Tablo 4.9). Mol (55-57)'ün yapmış olduğu çalışmalarda Cd içeriği konserve alabalıkta $1 \pm 1 \mu\text{g/kg YA}$, palamutta $4 \pm 12 \mu\text{g/kg YA}$, ton balığında $10 \pm 10 \mu\text{g/kg}$, sardalya $10 \pm 23 \mu\text{g/kg}$ ve uskumruda $15 \pm 30 \mu\text{g/kg}$, hamside $19 \pm 21 \mu\text{g/kg}$ olarak analiz edilmiştir. Tüzen ve Soylak (59)'ın yapmış olduğu araştırmada ise, konserve palamut ($60 \pm 5 \mu\text{g/kg YA}$), ton balığı ($80 \pm 6 \mu\text{g/kg YA}$), hamsi ($120 \pm 10 \mu\text{g/kg YA}$), sardalya ($190 \pm 10 \mu\text{g/kg YA}$) ve uskumrunun ($250 \pm 20 \mu\text{g/kg YA}$) sırasıyla artan miktarlarda Cd içerdiği belirlenmiştir. Çelik ve Oehlenschläger (58)'in çalışmasında, konserve hamsinin ($25.1 \pm 13.1 \mu\text{g/kg YA}$) ve ton balığının ($182.0 \pm 10.2 \mu\text{g/kg YA}$) Cd içeriği daha yüksek bulunmuştur. Bu araştırma sonucu, bu konuda yapılan çalışmaların (55-59) sonuçları ile uyumlu bulunmamıştır.

Konserve balıklarda Al analizi üzerine çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışmada balık türüne göre Al konsantrasyonu en düşükten en yükseğe sırasıyla; levrek ($1,05 \pm 0,11 \text{ mg/kg YA}$), somon ($1,27 \pm 0,44 \text{ mg/kg YA}$), sardalya ($1,18 \pm 0,71 \text{ mg/kg YA}$), ton ($1,27 \pm 0,87 \text{ mg/kg YA}$), alabalık ($1,53 \pm 0,48 \text{ mg/kg YA}$), uskumru ($1,77 \pm 1,35 \text{ mg/kg YA}$) ve hamsidir ($1,91 \pm 0,15 \text{ mg/kg YA}$) (Tablo 4.9). Tüzen ve Soylak (59)'ın yaptığı çalışmada çeşitli konserve balıklar (hamsi, ton, sardalya, palamut ve istavrit) piyasadan satın alınmış ve analiz edilmiştir. Çalışmaya göre Al içeriği konserve ton balığında $0.45 \pm 0.04 \text{ mg/kg YA}$, palamutta $0.63 \pm 0.05 \text{ mg/kg}$, hamside $0.80 \pm 0.06 \text{ mg/kg}$, sardalyada $0.98 \pm 0.08 \text{ mg/kg}$, konserve istavritte $1.50 \pm 0.12 \text{ mg/kg}$

bulunmuştur. Başka bir çalışmada ise konserve ton balıklarında Al analizi yapılmıştır. Farklı 5 markaya ait örneklerin Al içeriği $0,49 \pm 0,14$ ile $2,15 \pm 0,12$ mg/kg YA aralığında değişmektedir (168). Bu araştırmanın sonuçları, Tüzen ve Soylak (59)'ın yapmış olduğu çalışmadan daha yüksek bulunmuştur. Fakat Fathabad ve ark. (168)'ın çalışmasının sonucuyla benzerlik göstermektedir. Çalışmalar arasında farklılık olması konservelerin içeriğindeki balık eti dışındaki besinlere bağlı olarak depolama süresi boyunca Al kontaminasyonunda değişiklik olabileceğini düşündürmektedir. Aynı zamanda balığın avlandığı bölgenin ve balığın menşeinin de ağır metal konsantrasyonunu etkilemesi olasıdır.

Arsenik genellikle içme sularında bulunan bir ağır metaldir. Balıklar da yetiştikleri suyun kirlilik düzeyine bağlı olarak As içeriği açısından risk teşkil edebilmektedir. Balıklardaki As içeriğine yönelik çalışmalar genellikle taze veya dondurulmuş balıklar üzerinde yapılmıştır (52, 53, 146). Sınırlı sayıda konserve balıklara yönelik çalışmalar bulunmaktadır (65, 169). Bu araştırmanın sonucunda farklı balık türlerine göre As konsantrasyonu en düşük levrekte bulunmuştur ($0,09 \pm 0,00$ mg/kg YA). Yağlı konserve balıkların As içeriği $0,09 \pm 0,00$ ile $2,16 \pm 1,13$ mg/kg YA arasında saptanmıştır (Tablo 4.9). Yapılan bir çalışmada ise yağlı konserve ton balıklarında saptanan As düzeyi (ortalama $0,128$ mg/kg YA) bu araştırma sonucundan ($0,34 \pm 0,19$ mg/kg YA) düşük bulunmuştur (65). Benzer şekilde başka bir çalışmada (169) da piyasadan alınan yağlı konserve sardalyaların içeriğindeki ortalama As konsantrasyonu ($0,49$ - $1,87$ mg/kg YA) bu çalışmada belirlenen düzeyin ($0,61$ - $3,54$ mg/kg YA aralığında) altında bulunmuştur. Bu çalışmada As düzeyinin diğer çalışmalara kıyasla daha yüksek olmasının sebebi analiz esnasında konservelerin süzülmeden homojenize edilmiş olması olabilir. Konservelerin içeriğindeki balık eti dışındaki besinlerin As konsantrasyonu toplam As düzeyini etkilemektedir.

Konserve besinlerde ağır metal içeriğinin pH düzeyinden etkilendiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır (47, 166). Fakat bu çalışmalar konserve içeceklerde yapılmıştır. Literatürde konserve balıkların ağır metal düzeyinin pH'a bağlı olarak değiştiğini gösteren araştırmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmaya dahil edilen tüm numunelerin sos durumuna göre ağır metal içerikleri değerlendirilmiştir (Tablo 4.14). Soslu numunelerin pH derecesi sade numunelerden daha düşük bulunmuştur

($p<0,001$) (Tablo 4.6). Bu çalışmanın sonuçlarına göre konserve balıklara sos eklenmesi ortamı daha asidik hale getirmektedir. Pb, Cd ve As içerikleri, pH değerine bağlı olarak anlamlı düzeyde farklılık göstermemektedir ($p>0,05$). Fakat Al içeriği, pH değeri daha düşük olan soslu konserve balıklarda daha yüksektir ($p<0,001$) (Tablo 4.14). Besinin Al düzeyi konservenin kalitesi, sıcaklık ve pH gibi değişkenlerden etkilenmektedir. Fakat bu çalışmada konserve balıkların ağır metal düzeylerinin zamana bağlı değişimi incelenmemiştir.

Konserve ton balıklarının pH değerinin yanı sıra yağ içeriğine göre de ağır metal konsantrasyonunda farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.15). Yağlı konserve ton balıklarının As düzeylerinin ($0,35\pm0,19$ mg/kg YA) yağsız konserve ton balıklarından ($0,25\pm0,11$ mg/kg YA) daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,001$). Ülkemizde bu çalışmaya benzer olarak yağ içeriğine göre ağır metal miktarının kıyaslandığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Fakat Rusya’da yapılan bir çalışmada yağlı ve yağsız konserve balıkların bazı ağır metal düzeyleri analiz edilmiştir. Analiz sonucunda Cd düzeyi yağlı örneklerde anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Ayrıca yağsız konserve balıkların ortalama Al ve Pb düzeyleri yağlı numunelerden daha yüksek olsa da bu farklılık anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$) (147). Yapılan bir çalışmada yağlı ve yağsız konserve balık örneklerinde Pb, Cd ve As analiz edilmiştir. Analiz sonucunda; yağlı uskumru konserveleri ile yağsız çaça ve ringa balığı konservelerinde ağır metal düzeyi daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada yağ durumunun ağır metal düzeyini etkilemediği belirlenmiştir (170). Bu konuda yapılmış çalışmalar oldukça sınırlı olup, birbiriyle çelişkili sonuçlar elde edilmiştir. Bunun nedeninin çalışmaların farklı bölgelerde, farklı içerikteki örneklerle ve farklı zamanlarda yapılmış olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

5.3. Farklı Konserve Balık Türlerinin Ağır Metal İçeriği ile Yağ Yüzdesi, Nem Oranı ve pH Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi

Bu araştırmada farklı konserve balık türlerinde yağ yüzdesinin Pb ve Al içeriği ile negatif (Pb için $r=-0,157$, Al için $r=-0,334$), As içeriği ile pozitif ($r=0,289$) ilişkili olduğu saptanmıştır ($p<0,01$) (Tablo 4.17). Yağ yüzdesi ile nem oranı birbiriyle ilişkili olarak değerlendirilmiştir. Balık numunelerinin bir kısmı suda, bir kısmı da yağlı ortamda bulunduğu için yağ yüzdesi düşük olan örneklerde nem oranı daha yüksek

bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada konserve sardalya örnekleri analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre yağ oranı yüksek olan örneklerde Al düzeyi daha düşük bulunmuştur (147). Başka bir çalışmada ise yağ oranı fazla olan konserve uskumru örneklerinde Cd ve As içeriği daha yüksek bulunmuştur (170). Bu çalışmalar (147, 170) araştırmanın sonuçlarıyla Al ve As açısından benzerlik göstermektedir.

Bu araştırmada nem oranı ile Cd ($r=0,137$) ve Al ($r=0,227$) metalleri arasında pozitif yönde zayıf derecede korelasyon bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.16). Yapılmış bir çalışmada nem oranı ile Cd içeriği arasında negatif yönde ilişki bulunmuştur. Fakat aynı çalışmada nem oranı ile Al düzeyi pozitif yönde ilişki belirlenmiştir (147). Bu çalışma sonuçları, araştırma sonucunda belirlenen Cd içeriği yönünden çelişkili olsa da Al içeriği yönünden paralellik göstermektedir. Tablo 4.16'da belirtildiği üzere As metali ile nem oranı arasında negatif ($r=-0,390$) yönde korelasyon saptanmıştır ($p<0,01$). Yapılan bir çalışmada uskumru konserveinin içeriğindeki Pb, Cd ve As miktarı nem oranı ile negatif yönde ilişki saptanmıştır (170). Bu araştırma sonucunda ise uskumru konserveilerinde As miktarı nem oranıyla benzer şekilde negatif yönde ilişkili ($r=-0,898$) bulunurken, Pb ($r=0,383$) ve Cd ($r=0,556$) miktarı ise pozitif yönde ilişkili bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.17).

Bu araştırmanın sonuçlarına göre pH düzeyi, Pb ($r=-0,338$), Cd ($r=-0,0351$) ve Al ($r=-0,235$) düzeyleri ile negatif yönde ilişkili, As düzeyi ile pozitif yönde ($r=0,275$) ilişkili bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.16). pH düzeyi azaldıkça yani asitlik arttıkça numunelerin Cd, Pb ve Al düzeylerinde artma, As seviyesinde ise azalma belirlenmiştir. Farklı pH düzeyine sahip konserve balıkların ağır metal içeriklerini saptamaya yönelik çalışmalar mevcut değildir. Fakat konserve kutuda tüketime sunulan bazı besinlerin farklı pH düzeyindeki Al içeriklerinin karşılaştırıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda pH derecesi ve Al içeriği arasında negatif yönde ilişki olduğu bildirilmiştir. Daha asidik içeriğe sahip olan konserveilerin Al düzeyi daha yüksek bulunmuştur (47, 166). Bu durum, bu araştırmanın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

5.4. Farklı Konserve Balık Türlerinin Ağır Metal Düzeylerinin Türkiye'deki ve Dünyadaki Yasal Düzenlemelere Göre Değerlendirilmesi

Bu çalışmada Ankara ili piyasasında satılan tüm konserve balık çeşitlerinin içeriğindeki Pb, Cd, Al ve As miktarı ICP-MS cihazıyla analiz edilmiştir. Analiz sonucunda numunelerin tamamında Pb, %95'inde ise Cd içeriği saptanmıştır. Fakat bu miktarlar Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'nde (2011) yer alan Pb (0.30 mg/kg YA) ve Cd (çeşitli balık türlerine göre farklılık göstermektedir, 0,05 – 0,30 mg/kg YA arası) için belirlenen üst limitleri aşacak düzeyde bulunmamıştır (Tablo 4.8).

Türkiye ve Dünya'da konserve balık türlerinin Pb düzeylerinin değerlendirilmesine yönelik farklı çalışmalar yapılmıştır (2, 55-58, 147, 150, 171, 172). Türkiye'de yapılan bir çalışmada piyasada satılan konserve uskumrunun Pb düzeyi ($0,313 \pm 0,877$ mg/kg YA) yasal limitlerin üzerinde saptanmıştır. Fakat aynı çalışmada incelenen konserve palamut ($0,209 \pm 0,580$ mg/kg YA) ve konserve sardalyanın ($0,284 \pm 0,605$ mg/kg YA) Pb içeriği yasal limitlerin altında bulunmuştur (55). Tüzen ve Soylak (59)'ın yaptığı çalışmada ise konserve hamsinin Pb düzeyi $0,40 \pm 0,04$ mg/kg olarak saptanırken, konserve ton balığı, uskumru, sardalya ve karagöz istavritin Pb düzeyi yasal limit olan 0,3 mg/kg'ın altında belirlenmiştir (59). Bir başka çalışmada ise farklı 4 markaya ait konserve ton balığı örneği incelenmiştir. Bu 4 markanın 2 tanesinde Pb düzeylerinin yasal limitlerin üzerinde olduğu saptanmıştır. Çalışmada kullanılan tüm numunelerin ortalama Pb değeri ise 0.28 ± 0.15 mg/kg YA'dır (56). Benzer şekilde konserve hamsi ve konserve alabalık numuneleriyle yapılan bir başka çalışmada ise her iki çeşit konserve balıkta Pb içeriğinin yasal limitin altında olduğu bulunmuştur (sırasıyla 0.188 ± 0.317 mg/kg YA, 0.167 ± 0.214 mg/kg YA) (57). İran'da yapılan bir araştırmada yellowfin türü ton balığından yapılan konserve balıkların Pb içeriği yasal limitlerin altında bulunurken ($0,19 \pm 0,015$ mg/kg YA) longtail türü ton balıklarından hazırlanan konserve balıklarında ise Pb konsantrasyonunun ($1,59 \pm 1,56$ mg/kg YA) yasal limitlerin oldukça üzerinde olduğu belirlenmiştir (2). Suudi Arabistan'da yapılan bir araştırmada ise konserve ton balıklarının Pb düzeyleri ($0,23 \pm 0,24$ mg/kg YA) yasal limitlerin altında bulunurken, konserve sardalya ($0,84 \pm 0,46$ mg/kg YA) ve somon balığının ($0,31 \pm 0,11$ mg/kg YA)

içeriğindeki Pb miktarının ise yasal limitlerin üzerinde olduğu bulunmuştur (150). Brezilya’da (2001) yapılan bir çalışmada ise analiz edilen konserve sardalya balıklarının tamamında Pb konsantrasyonu ($0,77 \pm 0,33$ - $2,15 \pm 0,85$ mg/kg YA aralığında) 0,3 mg/kg olan yasal limitin üzerinde saptanmıştır (171). Bu çalışmaların (2, 56, 57, 150) sonuçlarına göre konserve balıkların Pb düzeyinin balık türüne göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Konserve balıkların kadmiyum içeriğine yönelik Türkiye’de ve Dünya’da yapılan çalışmalar mevcuttur (2, 55-57, 59, 65, 147, 150, 172). Yapılan çalışmaların çoğunda konserve balıkların Cd konsantrasyonunun konserve balıkların içeriğine göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışmada analiz edilen konserve balıkların hiçbirinin Cd düzeyi yasal limitleri aşmadığı belirlenmiştir (Tablo 4.8). Fakat Türkiye’de konserve balıklar üzerinde yapılan bir çalışmada konserve uskumru balığında ($0,015 \pm 0,030$ mg/kg YA) Cd düzeyinin yasal limitin ($0,010$ mg/kg YA) üzerinde; konserve sardalyada ($0,010 \pm 0,023$ mg/kg YA) ve palamutta Cd düzeyinin ise ($0,004 \pm 0,012$ mg/kg YA) yasal limitin altında olduğu saptanmıştır (55). Benzer şekilde konserve ton balığı ve hamside yapılan analizlerde, konserve hamsinin Cd konsantrasyonu yasal limitlerin altındayken ($0,025 \pm 0,013$ mg/kg YA), ton balığı örneğinde limitlerin üzerinde bulunmuştur ($0,247 \pm 0,043$ mg/kg YA) (58). Tüzen ve Soylak (59)’ın çalışmasına göre piyasadan satın alınan konserve hamsi ($0,12 \pm 0,01$ mg/kg YA), ton ($0,08 \pm 0,006$ mg/kg YA) ve palamut ($0,06 \pm 0,005$ mg/kg YA) örneklerinin Cd konsantrasyonu yasal limitlerin altında, sardalya ($0,19 \pm 0,01$ mg/kg YA) ve uskumru ($0,25 \pm 0,02$ mg/kg YA) numunelerinin Cd konsantrasyonu ise limitlerin üzerinde saptanmıştır. Ülkemizde bu konuda yapılan diğer çalışmalarda ise konserve hamsi ($0,019 \pm 0,021$ mg/kg YA), alabalık ($0,001 \pm 0,001$ mg/kg YA) ve ton balığının ($0,01$ mg/kg YA) içeriğindeki Cd konsantrasyonu yasal limitlerin altında bulunmuştur (56, 57). Bu çalışmaların sonuçlarına göre aynı ülke sınırları içinde yapılan araştırmalarda bile Cd içeriğinin farklılık gösterdiği belirlenmiştir. İran (2, 65), Rusya (147) ve Kanada (172) piyasasında satılan konserve balıklarla yapılan çalışmalarda analiz edilen konserve balıkların içeriğindeki Cd miktarı yasal limitlerin altında saptanmıştır. Suudi Arabistan’da yapılmış olan bir çalışmaya göre ise analiz edilen konserve somonun ($0,16 \pm 0,10$ mg/kg YA), ton balığının ($0,22 \pm 0,18$ mg/kg YA) ve sardalyaların ($0,18 \pm 0,19$ mg/kg YA) Cd içeriği yasal limitlerin üzerinde

bulunmuştur (150). Benzer şekilde Brezilya’da yapılan bir çalışmada 4 farklı markaya ait konserve sardalyaların tamamında Cd düzeyleri (0.19 ± 0.06 ile 0.38 ± 0.29 mg/kg YA aralığında) yasal limitlerin üzerinde bulunmuştur (171). Yapılan çalışmalarda bazı örneklerde Cd düzeyi yasal limitleri aştığı için bu konuda kapsamlı çalışmalar yapılmalı, çiftlikten–çatala izlenebilirlik sağlanmalı ve yasal düzenlemelere göre rutin olarak denetlenmelidir.

Konserve balıkların ağır metal düzeyini etkileyen farklı etmenler bulunmaktadır. Balıkların avlanmasından tüketimine kadar geçen tüm süreçler konserve balıkların kontamine olmasına ve ağır metal düzeylerinin değişiklik göstermesine neden olabilmektedir (56). Balıkların avlandıkları denizlerin ve okyanusların kirlilik düzeyi, avlanma koşulları, saklanma ve işlenme süreçlerine bağlı olarak dünya üzerinde farklı türdeki konserve balıklarda çeşitli düzeylerde ağır metaller rastlanmaktadır (57). Bu çeşitlilik balıkların kalitesine göre de değişiklik göstermektedir (171). Yapılan bu çalışmalar konserve balık üretiminin, üretimden-tüketime kadar olan süreçte denetimlerin etkin bir şekilde yapılması gerektiğini göstermektedir.

5.5. Konserve Balıklardaki Ağır Metal Düzeyine Göre Maruziyetin Değerlendirilmesi

Dünyada farklı otoriteler tarafında ağır metal maruziyetine yönelik üst limitler belirlenmiştir. FDA besinler yoluyla kurşuna maruziyette günlük olarak tolere edilebilen maksimum düzeyi 0,006 mg/kg olarak belirlemiştir (46). EPA, JECFA ve CDC gibi otoriteler bu limitin koruyucu etkisi olmadığını savunmaktadır (46). JECFA, Cd, Al ve As için çeşitli üst limitler belirlemiştir. Cd için tolere edilebilen üst limiti 25 µg/kg VA/ay, Al için tolere edilebilen maksimum limiti 2 mg/kg VA/hafta olarak belirlemiştir (154). As için ise tolere edilebilen düzey inorganik arsenik bileşikleri için 15 µg/kg VA/hafta, organik arsenik bileşikleri için 50 µg/ kg VA/hafta olarak belirlenmiştir (156). Fakat günümüzde JECFA ve EPA, As limitinin koruyucu etkisinin olmadığını bildirmiş ve bu konuda limit belirlememiştir (155).

Araştırma kapsamına alınan konserve balıkların içermiş oldukları ağır metal düzeylerine göre (Pb, Cd, As, Al) yetişkin bireylerde maruziyet değerlendirilmiştir

(Şekil 4.5- Şekil 4.8). Bu araştırma sonuçlarına göre en yüksek Pb maruziyeti somon konservesi (kadınlar için 0,00021 mg/kg VA/gün, erkekler için 0,000195 mg/kg VA/gün), en yüksek Cd maruziyeti ton balığı konservesi (kadınlarda 0,0004 µg/kg VA/ay, erkeklerde 0,000365 µg/kg VA/ay), en yüksek Al maruziyeti hamsi konservesi (kadınlarda 0,028 mg/kg VA/hafta, erkeklerde 0,026 mg/kg VA/hafta) ve en yüksek As maruziyeti ise sardalya konservesi (kadınlarda 0,0322 mg/kg VA/hafta, erkeklerde 0,0294 mg/kg VA/hafta) tüketiminde belirlenmiştir.

Diyetle ağır metal alımını araştıran bir çalışmada balık ve kabuklu deniz ürünlerinin diğer besin gruplarına kıyasla daha fazla Pb, Cd ve As içerdiği saptanmıştır. Besin gruplarının tüketim miktarı da göz önünde bulundurulduğunda özellikle As maruziyetinde balık ve deniz ürünlerinin tüketimi önemli bir yere sahiptir (173). Polonya’da yapılan bir çalışmada yıllık konserve balık tüketimine göre (yıllık 1,5 kg) hesaplanan ağır metal maruziyet düzeyinin (Pb, Cd, As) maksimum tolere edilebilen düzeyin altında olduğu belirlenmiştir (170). Çin’de taze balıklarla yapılan bir çalışmada da As, Cd ve Pb maruziyet düzeylerinin EPA’nın belirlediği maksimum maruziyet düzeyinin altında olduğu saptanmıştır (146). Benzer şekilde Anishchenko ve ark. (147)’nin yaptığı çalışmada, insan vücudunun günlük esansiyel yağ asidi ihtiyacının tamamının balık tüketimiyle karşılanması durumunda kurşun ve kadmiyuma maruziyetin sağlık üzerinde risk oluşturacak düzeyde olmadığını belirtmiştir.

Tüzen ve Soylak (59)’ın çalışmasına göre konserve balıklarda analiz edilen Pb ve Cd konsantrasyonunun bu araştırma sonuçlarına göre daha yüksek, Al konsantrasyonu ise daha düşük düzeyde saptanmıştır. Pb ve Cd miktarı daha yüksek çıkmasına rağmen maruziyet düzeyi hesaplandığında maksimum limitleri aşmadığı belirlenmiştir. Konserve balık tüketimine bağlı olarak Al maruziyeti üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. İskenderun körfezi ve Akdeniz’in kuzeybatısında yaşayan taze balıklarda yapılan bir analiz sonucunda taze balıkların Al konsantrasyonunun bu araştırma sonuçlarından daha yüksek olduğu saptanmıştır. Fakat buna rağmen maruziyet düzeyi JECFA’nın önerisini (2 mg/kg VA/hafta) aşmamaktadır (151). Bu durum Türkiye piyasasında satılan konserve balıkların ağır metal içeriklerinin güvenilir sınırlar içerisinde olduğunu göstermektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ankara piyasasında satışa sunulan farklı içeriğe (sos, yağ) sahip olan konserve balıkların ağır metal (Pb, Cd, Al ve As) içeriklerini belirlemek amacıyla yürütülen bu araştırmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir;

1. Araştırmada analiz edilen konserve balıklar sos ve yağ içeriğine göre değerlendirildiğinde; yağ oranı (%) soslu-yagli ton balığında $15,92 \pm 10,48$, alabalıkta $12,04 \pm 6,02$, hamside $22,16 \pm 8,17$, sardalyada $24,67 \pm 0,59$, somonda $23,50 \pm 12,14$, uskumruda ise $14,15 \pm 7,53$ 'tür. Sade-yagli numunelerde yağ oranı (%) ton balığında $32,46 \pm 8,59$, sardalyada $30,92 \pm 3,41$, somonda $27,97 \pm 10,61$, uskumruda $44,74 \pm 3,70$, levrekte ise $23,06 \pm 1,10$ bulunmuştur. Aynı zamanda sade-yagsız ton balığının yağ oranı $0,35 \pm 0,28$ olarak saptanmıştır. Tüm numunelerin ortalama yağ oranı ise $24,50 \pm 14,32$ 'dir.
2. Araştırmada analiz edilen konserve balıklar yağlı balık türüne göre değerlendirildiğinde; yağ yüzdeleri ton balığında $28,21 \pm 11,63$, alabalıkta $12,04 \pm 6,03$, hamside $22,16 \pm 8,17$, sardalyada $29,67 \pm 3,96$, somonda $19,43 \pm 14,97$, uskumruda $25,62 \pm 16,19$, levrekte $23,06 \pm 1,10$ bulunmuştur. Yağlı alabalığın yağ yüzdesi ($12,04 \pm 6,03$), ton balığı ($28,21 \pm 11,63$ $p < 0,001$), sardalya ($29,67 \pm 3,96$ $p < 0,001$) ve uskumrudan ($25,62 \pm 16,19$ $p < 0,01$) daha düşüktür. Yağlı somonun yağ yüzdesi ($19,43 \pm 14,97$) konserve sardalyadan ($29,67 \pm 3,96$ $p < 0,05$) ve ton balığından ($28,21 \pm 11,63$ $p < 0,001$) daha düşüktür.
3. Araştırmada analiz edilen konserve balıkların nem oranı (%) soslu-yagli ton balığında $42,86 \pm 13,73$, alabalıkta $54,63 \pm 8,11$, hamside $38,54 \pm 8,61$, sardalyada $10,52 \pm 0,94$, somonda $70,02 \pm 3,10$, uskumruda $41,97 \pm 10,64$ 'tür. Nem oranı (%) sade-yagli ton balığında $27,32 \pm 11,27$, sardalyada $16,33 \pm 7,59$, somonda $28,53 \pm 13,22$, uskumruda $17,92 \pm 2,00$, levrekte ise $36,83 \pm 0,96$ olarak saptanmıştır.

Sade-yağsız ton balığında nem oranı ise $72,07 \pm 8,49$ 'dir. Tüm numunelerin ortalama nem oranı ise $36,62 \pm 19,59$ 'dur.

4. Araştırmada analiz edilen konserve balıklar yağlı balık türüne göre değerlendirildiğinde nem oranları (%) sırasıyla; alabalık ($54,63 \pm 8,10$), somon ($42,36 \pm 22,53$), hamsi ($38,54 \pm 8,61$), levrek ($36,83 \pm 0,96$), uskumru ($32,95 \pm 14,45$), ton ($31,31 \pm 13,74$) ve sardalyadır ($15,17 \pm 7,17$). Konserve sardalyanın nem oranı ($15,17 \pm 7,17$) diğer tüm balık türlerinden daha düşüktür ($p < 0,001$). Alabalık konserve, ton ($31,31 \pm 13,74$, $p < 0,001$), uskumru ($32,95 \pm 14,45$, $p < 0,001$), sardalya ($15,17 \pm 7,17$, $p < 0,001$) ve somon ($42,36 \pm 22,53$, $p < 0,01$) konservelerinden daha yüksek oranda nem içermektedir.
5. Araştırmada analiz edilen konserve balıkları pH değerleri sos ve yağ içeriğine göre incelendiğinde; pH değeri soslu-yağlı ton balığında $5,65 \pm 0,27$, alabalıkta $6,22 \pm 0,26$, hamside $6,14 \pm 0,18$, sardalyada $6,23 \pm 0,04$, somonda $5,51 \pm 0,24$, uskumruda ise $5,77 \pm 0,58$ 'dir. Sade-yağlı numunelerde pH değeri ton balığında $5,97 \pm 0,39$, sardalyada $6,49 \pm 0,30$, somonda $6,19 \pm 0,61$, uskumruda $6,70 \pm 0,16$, levrekte ise $6,86 \pm 0,01$ bulunmuştur. Sade-yağsız ton balığının pH değeri de $5,66 \pm 0,39$ olarak saptanmıştır. Tüm numunelerin ortalama pH değeri $5,97 \pm 0,49$ 'dur.
6. Araştırmada analiz edilen konserve balıkların pH değerleri yağlı balık türüne göre incelendiğinde; pH değerleri levrek ($6,86 \pm 0,01$), sardalya ($6,44 \pm 0,29$), alabalık ($6,22 \pm 0,26$), hamsi ($6,14 \pm 0,18$), uskumru ($6,11 \pm 0,65$), somon ($5,96 \pm 0,61$), ton ($5,89 \pm 0,39$) şeklinde sıralanmaktadır. Yağlı ton balığı konserve, somon ($5,89 \pm 0,39$); alabalık ($6,22 \pm 0,26$, $p < 0,01$), sardalya ($6,44 \pm 0,29$, $p < 0,001$), uskumru ($6,11 \pm 0,65$, $p < 0,001$) ve levrek ($6,86 \pm 0,01$, $p < 0,001$) konserve, somon ($5,96 \pm 0,61$) de sardalya ($6,44 \pm 0,29$) ve levrekten ($6,86 \pm 0,01$) daha düşük bulunmuştur ($p < 0,001$). Yağlı

uskumrunun pH değeri ($6,11 \pm 0,65$), sardalya ($6,44 \pm 0,29$, $p < 0,05$) ve levrekten ($6,86 \pm 0,01$, $p < 0,01$) daha düşüktür.

7. Araştırmada analiz edilen soslu-yagli konserve balıkların Pb içeriği ton balığında $0,13 \pm 0,13$ mg/kg YA, alabalıkta $0,03 \pm 0,01$ mg/kg YA, hamside $0,04 \pm 0,01$ mg/kg YA, sardalyada $0,04 \pm 0,01$ mg/kg YA, somonda $0,03 \pm 0,01$ mg/kg YA, uskumruda ise $0,11 \pm 0,11$ mg/kg YA'dır. Sade-yagli numunelerin Pb içeriği ton balığında $0,12 \pm 0,18$ mg/kg, sardalyada $0,04 \pm 0,02$ mg/kg, somonda $0,11 \pm 0,08$ mg/kg, uskumruda $0,03 \pm 0,02$ mg/kg, levrekte ise $0,03 \pm 0,01$ mg/kg olarak bulunmuştur. Aynı zamanda sade-yagsız ton balığının Pb içeriği $0,08 \pm 0,06$ mg/kg'dır. Tüm numunelerin ortalama Pb içeriği $0,10 \pm 0,14$ mg/kg'dır.
8. Araştırmada analiz edilen soslu-yagli konserve balıkların Cd içeriği ton balığında $6,37 \pm 3,77$ µg/kg YA, alabalıkta $3,35 \pm 2,84$ µg/kg YA, hamside $3,79 \pm 1,54$ µg/kg YA, somonda $1,76 \pm 0,20$ µg/kg YA, uskumruda ise $6,66 \pm 1,89$ µg/kg YA'dır. Sade-yagli numunelere bakıldığında Cd içeriği ton balığında $6,36 \pm 3,47$ µg/kg YA, sardalyada $2,42 \pm 3,74$ µg/kg YA, uskumruda $2,32 \pm 1,50$ µg/kg YA, levrekte ise $0,32 \pm 0,07$ µg/kg YA bulunmuştur. Aynı zamanda sade-yagsız ton balığının Cd içeriği $6,64 \pm 4,68$ µg/kg YA olarak saptanmıştır. Soslu-yagli sardalya ve sade-yagli somon numunelerinin Cd içeriği ölçülebilen düzeylerin altında olduğu için tespit edilememiştir. Tüm numunelerin ortalama Cd içeriği ise $5,01 \pm 4,09$ µg/kg YA'dır.
9. Araştırmada analiz edilen soslu-yagli konserve balıkların Al içeriği ton balığında $1,97 \pm 1,17$ mg/kg YA, alabalıkta $1,53 \pm 0,48$ mg/kg YA, hamside $1,91 \pm 0,15$ mg/kg YA, sardalyada $2,26 \pm 0,15$ mg/kg YA, somonda $1,65 \pm 0,14$ mg/kg YA, uskumruda ise $2,49 \pm 1,24$ mg/kg YA'dır. Sade-yagli numunelerin Al içeriği ton balığında $1,02 \pm 0,56$ mg/kg YA, sardalyada $0,92 \pm 0,50$ mg/kg YA, somonda $1,09 \pm 0,42$ mg/kg YA, uskumruda $0,57 \pm 0,11$ mg/kg YA, levrekte ise $1,05 \pm 0,11$ mg/kg YA bulunmuştur.

Sade-yağsız ton balığının Al içeriği ise $1,00 \pm 0,43$ mg/kg YA olarak saptanmıştır. Tüm numunelerin ortalama Al içeriği $1,32 \pm 0,87$ mg/kg YA'dır.

10. Araştırmada analiz edilen konserve balıkların As içeriği soslu-yağlı ton balığında $0,31 \pm 0,14$ mg/kg YA, alabalıkta $0,17 \pm 0,10$ mg/kg YA, hamside $0,66 \pm 0,02$ mg/kg YA, sardalyada $3,02 \pm 0,03$ mg/kg YA, somonda $0,06 \pm 0,00$ mg/kg YA, uskumruda ise $0,55 \pm 0,06$ mg/kg YA'dır. Sade-yağlı numunelerin As içeriği ton balığında $0,36 \pm 0,20$ mg/kg YA, sardalyada $1,94 \pm 1,17$ mg/kg YA, somonda $0,31 \pm 0,15$ mg/kg YA, uskumruda $0,84 \pm 0,07$ mg/kg YA, levrekte ise $0,09 \pm 0,003$ mg/kg YA bulunmuştur. Aynı zamanda sade-yağsız ton balığının As içeriği $0,25 \pm 0,11$ mg/kg YA'dır. Tüm numunelerin ortalama As içeriği $0,50 \pm 0,61$ mg/kg YA'dır.
11. Araştırmada kullanılan yağlı konserve balıklardan en yüksek ortalama Pb içeriğine sahip olan ton balığıdır ($0,12 \pm 0,17$ mg/kg YA). Bunu uskumru ($0,08 \pm 0,10$ mg/kg YA), somon ($0,08 \pm 0,08$ mg/kg YA), hamsi ($0,04 \pm 0,01$ mg/kg YA) ve sardalya ($0,04 \pm 0,01$ mg/kg YA) takip etmektedir. Yağlı numuneler arasında en düşük Pb içeriğine sahip olan konserveler ise alabalık ($0,03 \pm 0,01$ mg/kg YA) ve levrektir ($0,03 \pm 0,01$ mg/kg YA). Analiz sonuçlarına göre alabalığın Pb içeriği ton ($p < 0,01$) ve somon ($p < 0,05$) numunelerinden daha düşük bulunmuştur.
12. Araştırmada analiz edilen yağlı konserve balıkların Cd içerikleri değerlendirildiğinde en yüksek miktar ton balığında ($6,36 \pm 3,55$ µg/kg YA) saptanmıştır. Ton balığının Cd içeriği alabalık ($3,35 \pm 2,84$ µg/kg YA, $p < 0,01$), levrek ($0,32 \pm 0,07$ µg/kg YA, $p < 0,001$), sardalya ($1,12 \pm 4,25$ µg/kg YA, $p < 0,001$) ve somondan ($0,19 \pm 1,51$ µg/kg YA, $p < 0,001$) daha yüksektir. Benzer şekilde yağlı uskumru konservesinin Cd içeriği ($5,03 \pm 2,74$ µg/kg YA) de sardalya, levrek ve somondan daha yüksektir ($p < 0,001$). Yağlı somon konservesinin Cd içeriği ($0,19 \pm 1,51$ µg/kg YA) ton balığının yanı sıra alabalık ($3,35 \pm 2,84$ µg/kg YA, $p < 0,05$) ve hamsi

($3,79 \pm 1,54$ $\mu\text{g/kg}$ YA, $p < 0,001$) konservelerinden de daha düşük bulunmuştur.

13. Araştırmada kullanılan yağlı konserve balıkların Al içerikleri birbirine benzer düzeydedir. Al konsantrasyonları en yüksek olandan en düşük olana sırasıyla; hamsi ($1,91 \pm 0,15$ mg/kg YA), uskumru ($1,77 \pm 1,35$ mg/kg YA), alabalık ($1,53 \pm 0,48$ mg/kg YA), ton ($1,27 \pm 0,87$ mg/kg YA), somon ($1,27 \pm 0,44$ mg/kg YA), sardalya ($1,18 \pm 0,71$ mg/kg YA), levrek (1,05±0,11 mg/kg YA). Hamsinin Al içeriği uskumru ($p < 0,05$), somon ($p < 0,05$), ton ($p < 0,001$) ve sardalyadan ($p < 0,001$) daha yüksektir.
14. Araştırmada kullanılan yağlı konservelerin As içerikleri $2,16 \pm 1,13$ mg/kg YA ile $0,09 \pm 0,00$ mg/kg YA aralığında bulunmaktadır. En yüksek As içeriği sardalya numunelerinde belirlenmiştir ($2,16 \pm 1,13$ mg/kg YA). Sardalyayı, uskumru ($0,66 \pm 0,15$ mg/kg YA), hamsi ($0,66 \pm 0,02$ mg/kg YA), ton ($0,35 \pm 0,19$ mg/kg YA), somon ($0,23 \pm 0,17$ mg/kg YA), alabalık ($0,17 \pm 0,10$ mg/kg YA) izlemektedir. En düşük içerik ise levrek (0,09±0,00 mg/kg YA). Sardalya, uskumru ve hamsi konservelerinin diğer yağlı konservelerden daha yüksek düzeyde As içerdiği saptanmıştır ($p < 0,001$). Yağlı ton balığının As içeriği ($0,35 \pm 0,19$ mg/kg YA), somon ($0,23 \pm 0,17$ mg/kg YA), alabalık ($0,17 \pm 0,10$ mg/kg YA) ve levrekten ($0,09 \pm 0,00$ mg/kg YA) daha yüksektir ($p < 0,01$).
15. Araştırmada konserve balıkların soslu veya sade olmalarına göre ağır metal içerikleri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmenin sonucunda Pb, Cd ve As düzeyleri birbirinden farklı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Fakat Al içeriği ($2,03 \pm 1,03$ mg/kg YA) soslu konservelerde sade konservelerden ($0,98 \pm 0,51$ mg/kg YA) daha yüksek düzeyde bulunmuştur ($p < 0,001$).
16. Araştırmada kullanılan yağlı ve yağsız ton balığı numunelerinde Pb, Cd ve Al içerikleri arasında anlamlı düzeyde bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0,05$). Fakat As düzeyleri arasında farklılık mevcuttur. Yağlı ton balığı

numunelerinin As içeriği ($0,35 \pm 0,19$ mg/kg YA) de yağsız numunelerden ($0,25 \pm 0,11$ mg/kg YA) daha yüksektir ($p < 0,001$).

17. Konserve balıkların içeriğindeki Pb ve Al miktarı yağ yüzdesi (Pb için $r = -0,157$, Al için $r = -0,334$) ve pH (Pb için $r = -0,338$, Al için $r = -0,235$) ile negatif yönde ilişkilidir ($p < 0,01$). Konserve balıkların Al miktarı nem oranıyla pozitif yönde ilişkilidir ($r = 0,227$ $p < 0,01$). Konservelerin Cd içeriği ise nem oranıyla pozitif yönde ($r = 0,137$), pH ile negatif yönde ($r = -0,351$) ilişkili bulunmuştur ($p < 0,01$). As, yağ yüzdesi ($r = 0,289$) ve pH ($r = 0,275$) ile pozitif yönde ilişkilirken nem oranı ($r = -0,390$) ile negatif yönde ilişkili olduğu saptanmıştır bulunmuştur ($p < 0,01$).
18. Pb miktarının yağ yüzdesiyle ilişkisi ton ($r = -0,126$ $p < 0,01$), uskumru ($r = -0,508$ $p < 0,01$) ve levrek ($r = -1,000$ $p < 0,01$) numunelerinde negatif yönde, hamsi ($r = 0,894$ $p < 0,01$) numunelerinde ise pozitif yöndedir. Pb içeriği hamsi ($r = -0,447$ $p < 0,05$) ve somon ($r = -0,540$ $p < 0,01$) balığında nem oranıyla negatif yönde ilişkili, uskumru ($r = 0,383$ $p < 0,01$) ve levrekte ($r = 1,000$ $p < 0,01$) ise pozitif yönde ilişkilidir. Ton ($r = -0,233$ $p < 0,01$) ve uskumru ($r = -0,708$ $p < 0,01$) numunelerinde pH değeri ile Pb içeriği negatif yönde korelasyon, hamsi ($r = 0,894$ $p < 0,01$), sardalya ($r = 0,392$ $p < 0,01$) ve levrek ($r = 1,000$ $p < 0,01$) numunelerinde ise pozitif yönde korelasyon bulunmuştur.
19. Araştırmada yağ yüzdesiyle Cd içeriği arasındaki ilişki değerlendirildiğinde; alabalık ($r = -0,776$ $p < 0,01$), somon ($r = -0,746$ $p < 0,01$) ve levrek ($r = -0,707$ $p < 0,05$) konservelerinde negatif, hamsi ($r = 0,605$ $p < 0,01$), sardalya ($r = 0,318$ $p < 0,05$) ve uskumru ($r = 0,532$ $p < 0,01$) konservelerinde ise pozitif ilişki saptanmıştır. Alabalık ($r = 0,776$ $p < 0,01$), somon ($r = 0,873$ $p < 0,01$), uskumru ($r = 0,556$ $p < 0,01$) ve levrek ($r = 0,707$ $p < 0,05$) konservelerinin Cd içeriği nem oranıyla pozitif yönde ilişkilidir. pH ile Cd arasındaki ilişki ton ($r = -0,114$ $p < 0,05$), alabalık ($r = -0,776$ $p < 0,01$), somon ($r = -0,329$ $p < 0,05$) ve uskumru ($r = -0,724$ $p < 0,01$)

konservelerinde negatif yönde, hamsi ($r=0,947$ $p<0,01$) ve levrek ($r=0,707$ $p<0,05$) konservelerinde pozitif yöndedir.

20. Araştırmada analiz edilen ton ($r=-0,168$), sardalya ($r=-0,670$), somon ($r=-0,661$), uskumru ($r=-0,641$) ve levrek ($r=-0,910$) numunelerinde Al ile yağ yüzdesi arasında negatif yönde ilişki belirlenmiştir ($p<0,01$). Hamsi konservelerinde ise yağ yüzdesi ile Al pozitif ilişkili bulunmuştur ($r=0,648$ $p<0,01$). Al içeriği ile nem oranı arasında ton ($r=0,140$), somon ($r=0,517$), uskumru ($r=0,647$) ve levrek ($r=0,910$) numunelerinde pozitif ilişki bulunmuştur ($p<0,01$). pH değeri ile Al arasındaki ilişki ise ton ($r=-0,275$ $p<0,01$), sardalya ($r=-0,303$ $p<0,05$) ve uskumru ($r=-0,840$ $p<0,01$) numunelerinde negatif yönde, hamsi ($r=0,922$ $p<0,01$) ve levrek ($r=0,910$ $p<0,01$) numunelerinde ise pozitif yöndedir.

21. Araştırmada yağ oranı (%) alabalık ($r=-0,703$) ve hamsi ($r=-0,700$) konservelerinde As içeriği ile negatif yönde ilişkili bulunmuştur ($p<0,01$). Ton ($r=0,143$), somon ($r=0,905$) ve uskumru ($r=0,895$) konservelerinde yağ oranı ile As arasında pozitif ilişki saptanmıştır ($p<0,01$). Ton ($r=-0,150$), somon ($r=-0,758$) ve uskumru ($r=-0,898$) konservelerinde As içeriği ile nem oranı arasında negatif yönde ilişki saptanmıştır ($p<0,01$). Alabalıkta ise bu ilişki pozitif yöndedir ($r=0,703$ $p<0,01$). pH değeri, alabalık ($r=-0,703$) ve hamsi ($r=-0,708$) konservelerinde As içeriği ile negatif ilişki bulunmuştur ($p<0,01$). Fakat sardalya ($r=0,376$), somon ($r=0,619$) ve uskumruda ($r=0,786$) pH değeri ile As içeriği pozitif ilişkilidir ($p<0,01$).

22. Araştırmada kullanılan tüm numunelerin Pb ve Cd düzeyleri Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen üst limitlerin altında bulunmuştur. TGK Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre Pb için 0.30 mg/kg YA, Cd için ise çeşitli balık türlerine göre 0,05 – 0,30 mg/kg YA arasında üst limit belirtilmiştir. Analiz edilen tüm numunelerin ortalama Pb içeriği $0,10\pm0,14$ mg/kg YA, Cd içeriği ise $5,01\pm4,09$ µg/kg YA'dır.

23. Ağır metallere maksimum maruziyet düzeyleri farklı otoriteler tarafından belirlenmiştir. Araştırmada Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi'nde cinsiyete göre yetişkin bireylerde (19 yaş ve üzeri) günlük tüketilmesi önerilen 2.5-3 porsiyon et grubu besinlerin 1 porsiyonunu konserve balık tüketerek (150 g) karşılamaları halinde farklı otoriteler tarafından belirlenen maksimum Pb, Cd ve Al maruziyet limitlerini aşmadıkları saptanmıştır.

Öneriler

Konserve balıkların içeriğindeki ağır metal düzeyleri farklı faktörlerden etkilenmektedir. Çevresel etmenlerin yanı sıra konserve balıkların üretim aşamaları da bu düzeyleri etkileyen etmenlerdendir. Konserve balıkların içeriğindeki ağır metal analizine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Fakat bu araştırma konserve balıklarda balık türü, yağ oranı, nem oranı, pH değeri ve ağır metal içeriğinin birlikte değerlendirildiği bir araştırma olması yönünden önemlidir.

Balık, içermiş olduğu makro ve mikro besin öğeleri ile yeterli ve dengeli beslenmede önemli yer tutan temel besin kaynaklarından biridir. Günümüzde konserve balıklar ulaşılabilirlik ve tüketim kolaylığı nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak taze veya konserve balıklar diyetimizde ağır metaller yönünden de potansiyel bir risk olarak gösterilmektedir. Taze veya ısıtılmış işlem görmüş konserve balıkların özellikle büyüme ve gelişme döneminde olan çocuklar, gebe ve emziren kadınlar gibi duyarlı gruplar tarafından önemli miktarda tüketildiği bilinmektedir. Diyetimizde ağır metal maruziyetinin en az düzeyde olması için konserve balıklarda yasal düzenlemelere uygun olacak şekilde üretimden-tüketime kadar geçen her aşamada ağır metal kontaminasyonunu engelleyecek sürdürülebilir tedbirlerin alınması gereklidir.

Konserve balıkların içeriğindeki Pb, Cd, Al ve As düzeyi yağ, nem, pH, balık türü gibi etmenlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Yağsız konserve ton balıklarda Al ve As gibi bazı ağır metallerin içeriği düşük olduğu için yağsız konserveler daha düşük oranda ağır metal maruziyetine neden olacağı düşünülmektedir. Pb ve Cd içeriği ise tüm konserve balıklarda farklılık göstermektedir. Konserve balık türleri birbirinden farklı düzeyde besin değeri ve/veya

kirliliğe sahip olduğu için tüm besin gruplarında olduğu gibi balık tüketimi konusunda da her yaş grubundaki bireyler tüketimde çeşitliliğe zen göstermelidir.

Ayrıca piyasada satışa sunulan farklı türde ve içeriğe sahip konserve balıkların günlük tüketim miktarlarına göre farklı yaş gruplarındaki bireylerin ağır metal maruziyetini değerlendiren çalışma sayısı da oldukça azdır. Bu konuda daha kapsamlı çalışmalar yapılması gerekmektedir.



7. KAYNAKLAR

1. Andayesh S, Hadiani MR, Mousavi Z, Shoeibi S. Lead, cadmium, arsenic and mercury in canned tuna fish marketed in Tehran, Iran. *Food Addit Contam Part B Surveill.* 2015;8(2):93-8.
2. Hosseini SV, Sobhanardakani S, Miandare HK, Harsij M, Regenstien JM. Determination of toxic (Pb, Cd) and essential (Zn, Mn) metals in canned tuna fish produced in Iran. *J Environ Health Sci Eng.* 2015;13:59.
3. Yokel RA. *Encyclopedia of Human Nutrition (Third Edition)*. Waltham: Academic Press; 2013. Aluminum: p. 57-63.
4. Faroon O, Ashizawa A, Wright S, Tucker P, Jenkins K, Ingberman L, et al. Toxicological profile for cadmium, Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR); 2012.
5. Agency for Toxic Substances & Disease Registry. Toxicological profile for arsenic, ATSDR;2007.
6. Türközü D, Şanlıer N. Gıdalardaki ağır metal kontaminasyonları: Bulaşma kaynakları, sağlık riskleri ve ulusal/uluslararası standartlar. *Electronic Journal of Food Technologies.* 2014;9(3):29-46.
7. United States Environmental Protection Agency. Dose-Response Assessment for Assessing Health Risks Associated With Exposure to Hazardous Air Pollutants [Internet]. 2018 [Erişim Tarihi: 08.07.2018]. Erişim adresi: <http://www.epa.gov/sites/production/files/2014-05/documents/table1.pdf>
8. Flora G, Gupta D, Tiwari A. Toxicity of lead: a review with recent updates. *Interdiscip Toxicol.* 2012;5(2):47-58.
9. Flora S, Pachauri V, Saxena G. Arsenic, cadmium and lead. *Reproductive and Developmental Toxicology.* 2011;415-38.
10. Patrick L. Lead toxicity part II: the role of free radical damage and the use of antioxidants in the pathology and treatment of lead toxicity. *Altern Med Rev.* 2006;11(2):114.
11. Ahamed M, Verma S, Kumar A, Siddiqui M. Environmental exposure to lead and its correlation with biochemical indices in children. *Sci Total Environ.* 2005;346(1):48-55.
12. World Health Organization. Exposure to cadmium: a major public health concern. Geneva, Switzerland [Internet]. 2010 [Erişim tarihi:03.03.2018]. Erişim adresi: www.who.int/ipcs/features/cadmium
13. Nawrot T, Plusquin M, Hogervorst J, Roels HA, Celis H, Thijs L, et al. Environmental exposure to cadmium and risk of cancer: a prospective population-based study. *Lancet oncol.* 2006;7(2):119-26.
14. Bertin G, Averbeck D. Cadmium: cellular effects, modifications of biomolecules, modulation of DNA repair and genotoxic consequences (a review). *Biochimie.* 2006;88(11):1549-59.

15. Nordberg GF, Fowler BA, Nordberg M, Friberg LT. Handbook on the Toxicology of Metals. 3rd Edition. Academic Press; 2014.
16. Gupta N, Gaurav SS, Kumar A. Molecular basis of aluminium toxicity in plants: a review. *Am J Plant Sci.* 2013;4(12):21.
17. Jaishankar M, Tseten T, Anbalagan N, Mathew BB, Beeregowda KN. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdiscip Toxicol.* 2014;7(2):60-72.
18. Vardar F, Ünal M. Aluminum toxicity and resistance in higher plants. *Advances in Molecular Biology.* 2007;1:1-12.
19. Jeffery E, Abreo K, Burgess E, Cannata J, Greger J. Systemic aluminum toxicity: effects on bone, hematopoietic tissue, and kidney. *J Toxicol Environ Health A.* 1996;48(6):649-66.
20. European Food Safety Authority. Scientific Opinion on arsenic in food. *EFSA J.* 2009; 7 (10): 1351.
21. Lu M, Wang H, Li X-F, Arnold LL, Cohen SM, Le XC. Binding of dimethylarsinous acid to cys-13 α of rat hemoglobin is responsible for the retention of arsenic in rat blood. *Chem Res Toxicol.* 2007;20(1):27-37.
22. Salnikow K, Zhitkovich A. Genetic and epigenetic mechanisms in metal carcinogenesis and cocarcinogenesis: Nickel, arsenic, and chromium. *Chem Res Toxicol.* 2008;21(1):28-44.
23. Alamdar A, Eqani SAMAS, Hanif N, Ali SM, Fasola M, Bokhari H, et al. Human exposure to trace metals and arsenic via consumption of fish from river Chenab, Pakistan and associated health risks. *Chemosphere.* 2017;168:1004-12.
24. Joint FAO/WHO Food Standards Programme. Codex Alimentarius Commission: procedural manual 21st Edition, Rome: World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013. 214.
25. Järup L. Hazards of heavy metal contamination. *Br Med Bull.* 2003;68(1):167-82.
26. Brown KG, Ross GL. Arsenic, drinking water, and health: a position paper of the American Council on Science and Health. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2002;36(2):162-74.
27. Costa M, Klein CB. Toxicity and carcinogenicity of chromium compounds in humans. *Crit Rev Toxicol.* 2006;36(2):155-63.
28. Gibb HJ, Lees PS, Pinsky PF, Rooney BC. Lung cancer among workers in chromium chemical production. *Am J Ind Med.* 2000;38(2):115-26.
29. Treatment LW. Air purification. Water Treatment, Publish by Lenntech, Rotterdamseweg, Netherlands. 2004.
30. Farlex I. Definition: Environment, the Free Dictionary. Farlex Inc Publishing, USA. 2005.
31. Nagajyoti P, Lee K, Sreekanth T. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environ Chem Lett.* 2010;8(3):199-216.

32. Papanikolaou NC, Hatzidaki EG, Belivanis S, Tzanakakis GN, Tsatsakis AM. Lead toxicity update. A brief review. *Med Sci Monit.* 2005;11(10):RA329-RA36.
33. Agency for Toxic Substances & Disease Registry. Toxicological Profile for lead, ATSDR;2007.
34. Agency for Toxic Substances & Disease Registry. Toxicological Profile for Aluminium, ATSDR;2008.
35. Domingo JL. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*. Oxford: Academic Press; 2003. Aluminium (Aluminum) Toxicology: p. 160-6.
36. International Agency for Research on Cancer. Arsenic, metals, fibres and dusts volume 100 C. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum [Internet]. 2012 [Erişim Tarihi:07.06.2018]. Erişim adresi: <http://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100C.pdf>
37. Söylemez E, Kayaaltı Z. Toxic effect of lead exposure to newborn and children. *The Turkish Journal of Occupational/Environmental Medicine and Safety*.2017;2(1):296-296.
38. Krewski D, Yokel RA, Nieboer E, Borchelt D, Cohen J, Harry J, et al. Human health risk assessment for aluminium, aluminium oxide, and aluminium hydroxide. *J Toxicol Environ Health, Part B.* 2007;10(S1):1-269.
39. Vargel C. *Corrosion of Aluminium. Preface to the Original French Edition*. Amsterdam: Elsevier; 2004. p. xiii-xiv.
40. Uneyama C, Toda M, Yamamoto M, Morikawa K. Arsenic in various foods: cumulative data. *Food Addit Contam.* 2007;24(5):447-534.
41. Gomez-Caminero A, Howe PD, Hughes M, Kenyon E, Lewis D, Moore M, et al. Arsenic and arsenic compounds. World Health Organization. 2001.
42. Kakkar P, Jaffery FN. Biological markers for metal toxicity. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2005;19(2):335-49.
43. Źukowska J, Biziuk M. Methodological evaluation of method for dietary heavy metal intake. *Journal of Food Science.* 2008;73(2).
44. Rubio C, Hardisson A, Reguera JI, Revert C, Lafuente MA, González-Iglesias T. Cadmium dietary intake in the Canary Islands, Spain. *Environ Res.* 2006;100(1):123-9.
45. González-Soto E, González-Rodríguez V, López-Suárez C, Castro-Romero J, Pérez-Iglesias J, Fernandez-Solis J. Migration of lead and cadmium from ceramic materials used in food preparation. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2000;65(5):598-603.
46. Food and Drug Administration. Questions and Answers on Lead in Foods [Internet]. 2017 [Erişim Tarihi: 06.07.2018]. Erişim Adresi: <https://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/Metals/ucm557424.htm>

47. López FF, Cabrera C, Lorenzo ML, López MC. Aluminium content of drinking waters, fruit juices and soft drinks: contribution to dietary intake. *Sci Total Environ.* 2002;292(3):205-13.
48. Pennington JA. Aluminium content of foods and diets. *Food Addit Contam.* 1988;5(2):161-232.
49. Pennington JA, Schoen SA. Estimates of dietary exposure to aluminium. *Food Addit Contam.* 1995;12(1):119-28.
50. Biego GH, Joyeux M, Hartemann P, Debry G. Daily intake of essential minerals and metallic micropollutants from foods in France. *Sci Total Environ.* 1998;217(1):27-36.
51. Stahl T, Taschan H, Brunn H. Aluminium content of selected foods and food products. *Environ Sci Eur.* 2011;23(1):37.
52. Tuzen M. Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. *Food Chem Toxicol.* 2009;47(8):1785-90.
53. Burger J, Gochfeld M. Heavy metals in commercial fish in New Jersey. *Environ Res.* 2005;99(3):403-12.
54. Jomova K, Jenisova Z, Feszterova M, Baros S, Liska J, Hudecova D, et al. Arsenic: toxicity, oxidative stress and human disease. *J Appl Toxicol.* 2011;31(2):95-107.
55. Mol S. Levels of heavy metals in canned bonito, sardines, and mackerel produced in Turkey. *Biol Trace Elem Res.* 2011;143(2):974-82.
56. Mol S. Levels of selected trace metals in canned tuna fish produced in Turkey. *J Food Composit Anal.* 2011;24(1):66-9.
57. Mol S. Determination of trace metals in canned anchovies and canned rainbow trouts. *Food Chem Toxicol.* 2011;49(2):348-51.
58. Çelik U, Oehlenschläger J. High contents of cadmium, lead, zinc and copper in popular fishery products sold in Turkish supermarkets. *Food Control.* 2007;18(3):258-61.
59. Tuzen M, Soylak M. Determination of trace metals in canned fish marketed in Turkey. *Food Chem.* 2007;101(4):1378-82.
60. Ashraf W, Seddigi Z, Abulkibash A, Khalid M. Levels of selected metals in canned fish consumed in Kingdom of Saudi Arabia. *Environ Monit Assess.* 2006;117(1):271-9.
61. Voegborlo R, El-Methnani A, Abedin M. Mercury, cadmium and lead content of canned tuna fish. *Food Chem.* 1999;67(4):341-5.
62. Mendil D, Demirci Z, Tuzen M, Soylak M. Seasonal investigation of trace element contents in commercially valuable fish species from the Black sea, Turkey. *Food Chem Toxicol.* 2010;48(3):865-70.
63. Tuzen M. Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. *Food Chem Toxicol.* 2009;47(8):1785-90.

64. 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 Koycegiz Lake-Mugla (Turkey). *Turkish Journal of Science & Technology*. 2009;4(1):7-15.
65. Khansari FE, Ghazi-Khansari M, Abdollahi M. Heavy metals content of canned tuna fish. *Food Chem*. 2005;93(2):293-6.
66. Pastorelli A, Baldini M, Stacchini P, Baldini G, Morelli S, Sagratella E, et al. Human exposure to lead, cadmium and mercury through fish and seafood product consumption in Italy: a pilot evaluation. *Food Addit Contam: Part A*. 2012;29(12):1913-21.
67. Dewailly E, Suhas É, Mou Y, Dallaire R, Château-Degat L, Chansin R. High fish consumption in French Polynesia and prenatal exposure to metals and nutrients. *Asia Pac J Clin Nutr*. 2008;17(3):461-70.
68. Eide DJ. Functional genomics and metal metabolism. *Genome Biology*. 2001;2(10):reviews1028. 1.
69. Renner R. Exposure on tap: drinking water as an overlooked source of lead. *Environ Health Perspect*. 2010;118(2):A68.
70. Agency for Toxic Substances & Disease Registry. Lead Toxicity, ATSDR; 2017.
71. Castro-Gonzalez MI, Mendez-Armenta M. Heavy metals: Implications associated to fish consumption. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2008;26(3):263-71.
72. Needleman H. Lead poisoning. *Annu Rev Med*. 2004;55:209-22.
73. Cleveland LM, Minter ML, Cobb KA, Scott AA, German VF. Lead hazards for pregnant women and children: Part 1: Immigrants and the poor shoulder most of the burden of lead exposure in this country. Part 1 of a two- part article details how exposure happens, whom it affects, and the harm it can do. *Am J Nurs*. 2008;108(10):40-9.
74. Bellinger D. Lead Pediatrics 113: 1016–1022. 2004.
75. Brent J. A review of:“Medical Toxicology”. 3rd Edition. Lippincott Williams and Wilkins, December 2003. Richard C. Dart, MD et al., Eds. Taylor & Francis; 2006.
76. Flora S. Nutritional components modify metal absorption, toxic response and chelation therapy. *J Nutr Environ Med*. 2002;12(1):53-67.
77. Ahamed M, Siddiqui M. Low level lead exposure and oxidative stress: current opinions. *Clin Chim Acta*. 2007;383(1):57-64.
78. Flora S, Flora G, Saxena G, Mishra M. Arsenic and lead induced free radical generation and their reversibility following chelation. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)*. 2007;53(1):26-47.
79. Garza A, Vega R, Soto E. Cellular mechanisms of lead neurotoxicity. *Medi Sci Monit*. 2006;12(3):RA57-RA65.

80. Bressler J, Kim K-a, Chakraborti T, Goldstein G. Molecular mechanisms of lead neurotoxicity. *Neurochem Res.* 1999;24(4):595-600.
81. Kalia K, Flora SJ. Strategies for safe and effective therapeutic measures for chronic arsenic and lead poisoning. *J Occup Health.* 2005;47(1):1-21.
82. Flora SJ, Flora G, Saxena G. Environmental occurrence, health effects and management of lead poisoning. Casas JS, Sordo J editors. *Lead Chemistry, Analytical Aspects, Environmental Impacts And Health Effects.* 2006;158-228.
83. Pearce J. Burton's line in lead poisoning. *Eur neurol.* 2007;57(2):118-9.
84. Vij AG, Dhundasi S. Hemopoietic, hemostatic and mutagenic effects of lead and possible prevention by zinc and vitamin C. *Al Ameen J Med Sci.* 2009;2:27-36.
85. Maitani T, Waalkes MP, Klaassen CD. Distribution of cadmium after oral administration of cadmium-thionein to mice. *Toxicol Appl Pharmacol.* 1984;74(2):237-43.
86. Berglund M, Akesson A, Nermell B, Vahter M. Intestinal absorption of dietary cadmium in women depends on body iron stores and fiber intake. *Environ Health Perspect.* 1994;102(12):1058.
87. Shaikh Z, Smith J. Metabolism of orally ingested cadmium in humans. *Dev Toxicol Environ Sci.* 1980;8:569.
88. Kjellström T, Nordberg GF. A kinetic model of cadmium metabolism in the human being. *Environ Res.* 1978;16(1-3):248-69.
89. Inaba T, Kobayashi E, Suwazono Y, Uetani M, Oishi M, Nakagawa H, et al. Estimation of cumulative cadmium intake causing Itai-itai disease. *Toxicol Lett.* 2005;159(2):192-201.
90. Brzóska MM, Moniuszko-Jakoniuk J. Disorders in bone metabolism of female rats chronically exposed to cadmium. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2005;202(1):68-83.
91. Brzóska MM, Moniuszko-Jakoniuk J. Effect of chronic exposure to cadmium on the mineral status and mechanical properties of lumbar spine of male rats. *Toxicol Lett.* 2005;157(2):161-72.
92. Brzóska MM, Moniuszko-Jakoniuk J. Bone metabolism of male rats chronically exposed to cadmium. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2005;207(3):195-211.
93. Von Zglinicki T, Edwall C, Ostlund E, Lind B, Nordberg M, Ringertz N, et al. Very low cadmium concentrations stimulate DNA synthesis and cell growth. *J Cell Sci.* 1992;103(4):1073-81.
94. Irfan M, Hayat S, Ahmad A, Alyemeni MN. Soil cadmium enrichment: Allocation and plant physiological manifestations. *Saudi J Biol Sci.* 2013;20(1):1-10.
95. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality 4th edition. WHO chronicle. 2011;38:104-8.

96. Straif K, Benbrahim-Tallaa L, Baan R, Grosse Y, Secretan B, El Ghissassi F, et al. A review of human carcinogens—part C: metals, arsenic, dusts, and fibres. *Lancet Oncol*. 2009;10(5):453-4.
97. Goyer RA, Liu J, Waalkes MP. Cadmium and cancer of prostate and testis. *Biometals*. 2004;17(5):555-8.
98. Åkesson A, Julin B, Wolk A. Long-term dietary cadmium intake and postmenopausal endometrial cancer incidence: a population-based prospective cohort study. *Cancer Res*. 2008;68(15):6435-41.
99. Gupta RC. *Veterinary Toxicology (Second Edition)*. Boston: Academic Press; 2012. Chapter 30, Aluminum. p. 493-8.
100. Nayak P. Aluminum: impacts and disease. *Environ Res*. 2002;89(2):101-15.
101. Yokel RA, McNamare PJ. Aluminum bioavailability and disposition in adult and immature rabbits. *Toxicol Appl Pharmacol*. 1985;77(2):344-52.
102. Priest ND. *Encyclopedia of Human Nutrition (Second Edition)*. Oxford: Elsevier; 2005. Aluminum; p. 69-76.
103. Bansal VK, Bansal S. Nervous system disorders in dialysis patients. Biller J, Ferro JM, editors. *Handbook of Clinical Neurology*. 119: Elsevier; 2014. p. 395-404.
104. Kawahara M, Kato-Negishi M. Link between aluminum and the pathogenesis of Alzheimer's disease: the integration of the aluminum and amyloid cascade hypotheses. *Int J Alzheimers Dis*. 2011;2011.
105. Exley C, Mamutse G, Korchazhkina O, Pye E, Strekopytov S, Polwart A, et al. Elevated urinary excretion of aluminium and iron in multiple sclerosis. *Mult Scler*. 2006;12(5):533-40.
106. Laabdar W, Elgot A, Gamrani H. The protective effect of curcumin on dopaminergic system after chronic aluminium intoxication: Possible link with Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord*. 2016;22:e188.
107. Yumoto S, Kakimi S, Ohsaki A, Ishikawa A. Demonstration of aluminum in amyloid fibers in the cores of senile plaques in the brains of patients with Alzheimer's disease. *J Inorg Biochem*. 2009;103(11):1579-84.
108. Walton J, Wang M-X. APP expression, distribution and accumulation are altered by aluminum in a rodent model for Alzheimer's disease. *J Inorg Biochem*. 2009;103(11):1548-54.
109. Bondy SC. Prolonged exposure to low levels of aluminum leads to changes associated with brain aging and neurodegeneration. *Toxicology*. 2014;315:1-7.
110. Walton J. Aluminum involvement in the progression of Alzheimer's disease. *J Alzheimers Dis*. 2013;35(1):7-43.
111. Zhang Q, Jia L, Jiao X, Guo W, Ji J, Yang H, et al. APP/PS1 transgenic mice treated with aluminum: an update of Alzheimer's disease model. *Int J Immunopathol Pharmacol*. 2012;25(1):49-58.

112. Praticò D, Uryu K, Sung S, Tang S, Trojanowski JQ, Lee VM-Y. Aluminum modulates brain amyloidosis through oxidative stress in APP transgenic mice. *The FASEB Journal*. 2002;16(9):1138-40.
113. Walton JR. Bioavailable aluminum: Its effects on human health. 2011:331-42.
114. Rönneberg A, Langmark F. Epidemiologic evidence of cancer in aluminum reduction plant workers. *Am J Ind Med*. 1992;22(4):573-90.
115. Thériault G, Cordier S, Tremblay C, Gingras S. Bladder cancer in the aluminium industry. *Lancet*. 1984;323(8383):947-50.
116. Hughes MF, Devesa V, Adair BM, Styblo M, Kenyon EM, Thomas DJ. Tissue dosimetry, metabolism and excretion of pentavalent and trivalent monomethylated arsenic in mice after oral administration. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2005;208(2):186-97.
117. Juhasz AL, Smith E, Weber J, Rees M, Rofe A, Kuchel T, et al. In vivo assessment of arsenic bioavailability in rice and its significance for human health risk assessment. *Environ Health Perspect*. 2006;114(12):1826.
118. Francesconi KA, Tanggaar R, McKenzie CJ, Goessler W. Arsenic metabolites in human urine after ingestion of an arsenosugar. *Clin Chem*. 2002;48(1):92-101.
119. Raml R, Raber G, Rumpler A, Bauernhofer T, Goessler W, Francesconi KA. Individual Variability in the human metabolism of an arsenic-containing carbohydrate, 2', 3'-dihydroxypropyl 5-deoxy-5-dimethylarsinoyl- β -D-ribose, a naturally occurring arsenical in seafood. *Chem Res Toxicol*. 2009;22(9):1534-40.
120. Liu Z, Shen J, Carbrey JM, Mukhopadhyay R, Agre P, Rosen BP. Arsenite transport by mammalian aquaglyceroporins AQP7 and AQP9. *Proc Natl Acad Sci*. 2002;99(9):6053-8.
121. Villa-Bellosta R, Sorribas V. Role of rat sodium/phosphate cotransporters in the cell membrane transport of arsenate. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2008;232(1):125-34.
122. Schuhmacher-Wolz U, Dieter HH, Klein D, Schneider K. Oral exposure to inorganic arsenic: evaluation of its carcinogenic and non-carcinogenic effects. *Crit Rev Toxicol*. 2009;39(4):271-98.
123. Lu M, Wang H, Li X-F, Lu X, Cullen WR, Arnold LL, et al. Evidence of hemoglobin binding to arsenic as a basis for the accumulation of arsenic in rat blood. *Chem Res Toxicol*. 2004;17(12):1733-42.
124. Vahter M. Mechanisms of arsenic biotransformation. *Toxicology*. 2002;181:211-7.
125. Csanaky I, Némethi B, Gregus Z. Dose-dependent biotransformation of arsenite in rats—not S-adenosylmethionine depletion impairs arsenic methylation at high dose. *Toxicology*. 2003;183(1):77-91.

126. Schmeisser E, Rumpler A, Kollroser M, Rechberger G, Goessler W, Francesconi KA. Arsenic fatty acids are human urinary metabolites of arsenolipids present in cod liver. *Angew Chem Int Ed*. 2006;45(1):150-4.
127. Grund SC, Hanusch K, Wolf HU. Arsenic and arsenic compounds. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 2008.
128. McCarty KM, Chen Y-C, Quamruzzaman Q, Rahman M, Mahiuddin G, Hsueh Y-M, et al. Arsenic methylation, GSTT1, GSTM1, GSTP1 polymorphisms, and skin lesions. *Environ Health Perspect*. 2007;115(3):341.
129. Cohen SM, Arnold LL, Eldan M, Lewis AS, Beck BD. Methylated arsenicals: the implications of metabolism and carcinogenicity studies in rodents to human risk assessment. *Crit Rev Toxicol*. 2006;36(2):99-133.
130. Marshall G, Ferreccio C, Yuan Y, Bates MN, Steinmaus C, Selvin S, et al. Fifty-year study of lung and bladder cancer mortality in Chile related to arsenic in drinking water. *J Natl Cancer Inst*. 2007;99(12):920-8.
131. Smith AH, Marshall G, Yuan Y, Ferreccio C, Liaw J, von Ehrenstein O, et al. Increased mortality from lung cancer and bronchiectasis in young adults after exposure to arsenic in utero and in early childhood. *Environ Health Perspect*. 2006;114(8):1293.
132. Karagas MR, Tosteson TD, Morris JS, Demidenko E, Mott LA, Heaney J, et al. Incidence of transitional cell carcinoma of the bladder and arsenic exposure in New Hampshire. *Cancer Causes Control*. 2004;15(5):465-72.
133. Tsai S-Y, Chou H-Y, The H-W, Chen C-M, Chen C-J. The effects of chronic arsenic exposure from drinking water on the neurobehavioral development in adolescence. *Neurotoxicology*. 2003;24(4):747-53.
134. Mathew L, Vale A, Adcock JE. Arsenical peripheral neuropathy. *Practic neurol*. 2010;10(1):34-8.
135. Mumford JL, Wu K, Xia Y, Kwok R, Yang Z, Foster J, et al. Chronic arsenic exposure and cardiac repolarization abnormalities with QT interval prolongation in a population-based study. *Environ Health Perspect*. 2007;115(5):690.
136. Bashir S, Sharma Y, Irshad M, Nag T, Tiwari M, Kabra M, et al. Arsenic induced apoptosis in rat liver following repeated 60 days exposure. *Toxicology*. 2006;217(1):63-70.
137. Mazumder DNG, Steinmaus C, Bhattacharya P, von Ehrenstein OS, Ghosh N, Gotway M, et al. Bronchiectasis in persons with skin lesions resulting from arsenic in drinking water. *Epidemiology*. 2005;16(6):760-5.
138. Mozaffarian D, Appel LJ, Van Horn L. Components of a cardioprotective diet. *Circulation*. 2011;123(24):2870-91.
139. American Heart Association. Fish and Omega-3 Fatty Acids [Internet]. 2017 [Erişim Tarihi: 07.06.2018]. Erişim Adresi: <https://healthyforgood.heart.org/eat-smart/articles/fish-and-omega-3-fatty-acids>
140. Das U. Biological significance of essential fatty acids. *Journal-Association Of Physicians of India*. 2006;54(R):309.

141. Calder PC. n- 3 polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. *Am J Clin Nutr.* 2006;83(6):S1505-19S.
142. Castoldi AF, Johansson C, Onishchenko N, Coccini T, Roda E, Vahter M, et al. Human developmental neurotoxicity of methylmercury: impact of variables and risk modifiers. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2008;51(2):201-14.
143. Persky V, Turyk M, Anderson HA, Hanrahan LP, Falk C, Steenport DN, et al. The effects of PCB exposure and fish consumption on endogenous hormones. *Environ Health Perspect.* 2001;109(12):1275.
144. Papagiannis I, Kagalou I, Leonardos J, Petridis D, Kalfakakou V. Copper and zinc in four freshwater fish species from Lake Pamvotis (Greece). *Environ Int.* 2004;30(3):357-62.
145. Varol M, Sünbül MR. Organochlorine pesticide, antibiotic and heavy metal residues in mussel, crayfish and fish species from a reservoir on the Euphrates River, Turkey. *Environ Pollut.* 2017;230(Supplement C):311-9.
146. Yi Y, Tang C, Yi T, Yang Z, Zhang S. Health risk assessment of heavy metals in fish and accumulation patterns in food web in the upper Yangtze River, China. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2017;145(Supplement C):295-302.
147. Anishchenko OV, Sushchik NN, Makhutova ON, Kalachova GS, Gribovskaya IV, Morgun VN, et al. Benefit-risk ratio of canned pacific saury (*Cololabis saira*) intake: Essential fatty acids vs. heavy metals. *Food Chem Toxicol.* 2017;101(Supplement C):8-14
148. Türkmen M, Ciminli C. Determination of metals in fish and mussel species by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. *Food Chem.* 2007;103(2):670-5.
149. Uluozlu OD, Tuzen M, Mendil D, Soylak M. Trace metal content in nine species of fish from the Black and Aegean Seas, Turkey. *Food Chem.* 2007;104(2):835-40.
150. Ashraf W, Seddigi Z, Abulkibash A, Khalid M. Levels of selected metals in canned fish consumed in Kingdom of Saudi Arabia. *Environ Monit Assess.* 2006;117(1-3):271-9.
151. Turkmen A, Turkmen M, Tepe Y, Akyurt İ. Heavy metals in three commercially valuable fish species from İskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. *Food Chem.* 2005;91(1):167-72.
152. Celik U, Cakli Sk, Oehlenschläger Jr. Determination of the lead and cadmium burden in some northeastern Atlantic and Mediterranean fish species by DPSAV. *Eur Foo Res Technol.* 2004;218(3):298-305.
153. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. Resmi Gazete: 29.12.2011 - 28157.
154. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Meeting & World Health Organization. Evaluation of Certain Food Additives: Seventy-seventh Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Italy: World Health Organization; 2013. Technical Report Series 983.

155. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Meeting & World Health Organization. Evaluation of Certain Food Additives: Seventy-fourth Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Italy: World Health Organization; 2011. Technical Report Series 966.
156. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Meeting & World Health Organization. Evaluation of Certain Contaminants in Food: Seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Italy: World Health Organization; 2010. Technical Report Series 959.
157. European Food Safety Authority. Scientific Opinion on lead in food. EFSA J. 2010; 8 (4): 1570.
158. European Food Safety Authority. Statement on tolerable weekly intake for cadmium. EFSA J. 2011;9(2):1975.
159. Vural H, Öztan A. Et ve et ürünleri kalite kontrol laboratuvarı uygulama klavuzu. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fak Yayınları Yayın. 1996(36).
160. CEM. Application Note for Acid Digestion [Internet]. [Erişim tarihi: 06.06.2018]. Erişim adresi: <http://cem.com/acid-digestion>
161. Food and Drug Administration. Questions and Answers on Lead in Foods [Internet]. 2017 [Erişim tarihi: 07.03.2018]. Erişim adresi: <https://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/Metals/ucm557424.htm>
162. Türkiye Sağlık Bakanlığı. Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması 2010: Beslenme Durumu ve Alışkanlıklarının Değerlendirilmesi Sonuç Raporu. Ankara, Sağlık Bakanlığı Sağlık Araştırmaları Genel Müdürlüğü. 2014.
163. Besler HT, Ayaz A, Büyüktuncer Demirel Z, Gökmen Özel H, Samur G. Türkiye'ye Özgü Besin ve Beslenme Rehberi. Ankara: 2015.
164. Hayran M, Hayran M. Sağlık Araştırmaları İçin Temel İstatistik. 1. Baskı. Ankara: Omega Araştırma; 2011.
165. Ikem A, Egiebor NO. Assessment of trace elements in canned fishes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama (United States of America). J Food Compos Anal. 2005;18(8):771-87.
166. Verissimo MIS, Gomes MTSR. Aluminium migration into beverages: Are dented cans safe? Sci Total Environ. 2008;405(1):385-8.
167. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Meeting & World Health Organization. Evaluation of Certain Food Additives: Seventy-third Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Geneva: World Health Organization; 2010. Technical Report Series 960.
168. Fathabad A, Shariatifar N, Ehsani A, Sayadi M. Evaluation of toxic metals in canned fish market in Tehran. IJPSR. 2015;6:818-22.
169. Shiber JG. Arsenic, cadmium, lead and mercury in canned sardines commercially available in eastern Kentucky, USA. Mar Pollut Bull. 2011;62(1):66-72.

170. Usydus Z, Szlinder-Richert J, Polak-Juszczak L, Kandarska J, Adamczyk M, Malesa-Cieciewicz M, et al. Food of marine origin: between benefits and potential risks. Part I. Canned fish on the Polish market. *Food Chem.* 2008;111(3):556-63.
171. Tarley CRT, Coltro WKT, Matsushita M, de Souza NE. Characteristic Levels of Some Heavy Metals from Brazilian Canned Sardines (*Sardinella brasiliensis*). *J Food Compost Anal.* 2001;14(6):611-7.
172. Mahalakshmi M, Balakrishnan S, Indira K, Srinivasan M. Characteristic levels of heavy metals in canned tuna fish. *J Toxicol Environ Health Sci.* 2012;4(2):43-5.
173. Llobet J, Falco G, Casas C, Teixido A, Domingo J. Concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in common foods and estimated daily intake by children, adolescents, adults, and seniors of Catalonia, Spain. *J Agric Food Chem.* 2003;51(3):838-42.

8. EKLER

EK 1. ICP-MS Cihazına Ait Parametreler ve Çalışma Koşulları.

Parametreler	Çalışma Koşulları
Rf Gücü	1430
Nebulizer(taşıyıcı) Gaz Akış Hızı (L/dk)	0,80
Soğutucu (cool) Gaz Akış Hızı (L/dk)	13,00
Yardımcı(auxiliary) Gaz Akış Hızı (L/dk)	0,80
Örnek Giriş Hızı (mL/dk)	0,40
Torch Enjeksiyon İç Çapı (ID mm)	1,5
Torch Ayarları	
Yatay (Horizontal)	85,00
Dikey (Vertical)	375,00
Max. Uptake(s)	60,00
Max. Wash (s)	60,00
Lensler	
Ayırma (Extraction) (V)	-141,00
Lens 1 (V)	-1140,00
Lens 2 (V)	-80,00
Lens 3 (V)	-200,00
Pole Bias (V)	-1,00
DA	-29,80
Hexapole Bias	-4,00
DI	-42,40
Focus	11,00
Dedektör	
Main Run	Peak Jumping
Dwell Time (s)	10000
Sweeps	100
Acquisition Duration (s)	2650

9. ÖZGEÇMİŞ

I- Bireysel Bilgiler

Adı-Soyadı: Seray Akalın

Doğum Yeri ve Tarihi: Strasbourg - 14.06.1992

Uyruğu: T.C.

İletişim Adresi ve Telefonu: Çamlıtepe Mah. Bahadırlar Sok. No:27/1 Kurtuluş /
Çankaya / Ankara – Tel: 546 613 51 52

II- Eğitimi

2016-halen: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beslenme Bilimleri
Anabilim Dalı - Yüksek Lisans Programı

2010-2014: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik
Bölümü - Lisans

III- Mesleki Deneyimi

05/2016 – Halen: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve
Diyetetik Bölümü Araştırma Görevlisi

02/2015 – 05/2016: Ordu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve
Diyetetik Bölümü Araştırma Görevlisi