





Özgün araştırma

Farklı İçeriğe Sahip Konserve Balıkların Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi

Seray Akalın Saygılı¹ , Elif İnan Eroğlu² , Atila Güleç³ , Aylin Ayaz⁴ 

Gönderim Tarihi: 25 Kasım, 2022

Kabul Tarihi: 3 Mart, 2023

Basım Tarihi: 30 Nisan, 2023

Erken Görünüm Tarihi: 18 Nisan, 2023

Öz

Amaç: Bu araştırmanın amacı Ankara piyasasında ve internet üzerinden satılan farklı içeriğe sahip 66 adet konserve balık örneğinin kurşun, kadmiyum, alüminyum ve arsenik düzeylerinin belirlenmesidir. Aynı zamanda araştırma kapsamında konserve balıkların yağ, nem ve pH düzeyleri de analiz edilerek ağır metal içerikleri ile ilişkileri incelenmiştir.

Gereç ve Yöntem: Tüm örneklerde yağ, nem ve pH analizleri yapılmıştır. Bunun yanı sıra ağır metal (kurşun, kadmiyum, alüminyum ve arsenik) içerikleri de ICP-MS cihazıyla analiz edilmiştir.

Bulgular: Araştırmanın sonuçlarına göre örneklerin en yüksek kurşun içeriği soslu-yağlı ton balığı konservesinde ($0,13\pm 0,13$ mg/kg), kadmiyum içeriği sade-yağsız ton balığı konservesinde ($6,64\pm 4,68$ µg/kg), alüminyum içeriği soslu-yağlı uskumru konservesinde ($2,49\pm 1,24$ mg/kg), arsenik içeriği ise soslu-yağlı sardalya konservesinde ($3,02\pm 0,03$ mg/kg) saptanmıştır. Soslu numunelerin alüminyum düzeyi sade numunelere kıyasla daha yüksek bulunmuştur ($p<0,001$). Yağlı numunelerin ise arsenik düzeyinin yağsız numunelerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Sonuç: Araştırmaya göre konserve balıkların içerdikleri balık türü, sos ve yağ durumuna göre ağır metal düzeyleri değişiklik göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre konserve balıkların içerdikleri ağır metaller yasal limitlerin altında bulunmuştur Buna göre bireylerin ağır metal maruziyetleri güvenli aralıktadır. Fakat farklı yaş grubundaki bireylerin diyet ve diyet dışı faktörlere bağlı ağır metal maruziyetleri üzerine yapılacak ileri araştırmalara gereksinim vardır.

Anahtar Kelimeler: ağır metal, konserve balık, yağ içeriği, pH

¹Seray Akalın Saygılı (Sorumlu Yazar). Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 06100 Sıhhiye/Ankara, Tel: +90 312 305 1094/167. E-mail: serayakalinn@gmail.com.tr





²Elif İnan Eroğlu. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 06100 Sıhhiye/Ankara. 2. Department of Molecular Epidemiology, German Institute of Human Nutrition Potsdam-Rehbruecke (DIfE), Nuthetal, Germany, Tel No: +49 33 200 88-2435, E-mail: Elif.Inan-Eroglu@dife.de

³Atila Güleç. Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Fatih Caddesi No:197/7, 06290, Keçiören/Ankara, Tel: +90 312 381 2350/6508, E-mail: guleca@ankara.edu.tr

⁴Aylin Ayaz. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 06100 Sıhhiye/Ankara, Tel: +90 312 305 1094/119. E-mail: baylin@hacettepe.edu.tr

Original Research

Determination of Heavy Metal Levels of Canned Fish with Different Contents

Seray Akalın Saygılı¹ , Elif İnan Eroğlu² , Atila Güleç³ , Aylin Ayaz⁴ 

Submission Date: 25th November, 2022

Acceptance Date: 3rd March, 2023

Pub.Date: 30th of April, 2023

Early View Date: 18th of April, 2023

Abstract

Objective: The purpose of this research was to determine the lead, cadmium, aluminum and arsenic levels of 66 canned fish with different contents sold in Ankara market and over the internet. As well as, within the scope of the research, fat, moisture and pH levels of canned fish were analyzed and their relations with heavy metal contents were examined.

Materials and Methods: Fat, moisture and pH analyzes were performed in all samples. In addition, heavy metal (lead, cadmium, aluminum and arsenic) contents were also analyzed with the ICP-MS method.

Results: According to the results of the study, the highest lead level of the samples was determined in canned tuna with sauce-oil (0.13±0.13 mg/kg), cadmium level in plain-lean tuna (6.64±4.68 µg/kg), aluminum level in canned mackerel with sauce-oil (2.49±1.24 mg/kg), and arsenic level in canned sardines with sauce-oil (3.02±0.03 mg/kg). The aluminum level of the samples with sauce was higher than the plain samples (p<0,001). It was determined that the arsenic level of the oily samples was higher than the non-oily samples (p<0,001).

Conclusion: According to the research, heavy metal concentrations of canned fish vary according to the type of fish, sauce and oil conditions. As a result of the analysis, the heavy metals contained in canned fish are below the legal limits. Therefore, heavy metal exposures of individuals are in the safe range. However, there is a need for further research on heavy metal exposures due to dietary and non-dietary factors in individuals in different age groups.

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

¹**Seray Akalın Saygılı (Corresponding Author).** Hacettepe University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, 06100 Sıhhiye/Ankara, Tel: +90 312 305 1094/167. E-mail: serayakalinn@gmail.com.tr

²**Elif İnan Eroğlu.** Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 06100 Sıhhiye/Ankara. 2. Department of Molecular Epidemiology, German Institute of Human Nutrition Potsdam-Rehbruecke (DIfE), Nuthetal, Germany, Tel No: +49 33 200 88-2435, E-mail: Elif.Inan-Eroglu@dife.de

³**Atila Güleç.** Ankara University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Fatih Street No:197/7, 06290, Keçiören/Ankara, Tel: +90 312 381 2350/6508, E-mail: guleca@ankara.edu.tr

⁴**Aylin Ayaz.** Hacettepe University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, 06100 Sıhhiye/Ankara, Tel: +90 312 305 1094/119. E-mail: baylin@hacettepe.edu.tr

Giriş

Ağır metaller küresel olarak uzun yıllardır işlenmekte ve kullanılmaktadır. Bu kullanıma bağlı olarak ağır metallerin çevresel kirletici olarak ele alındığı bilinmektedir. Ağır metallerin çevresel yayılımından tüm canlılar etkilenmektedir (Andayesh ve ark, 2015). Özellikle suların ağır metal yönünden kirletilmesinde başlıca etken tarımsal ve endüstriyel atıklardır. Suların kirletilmesi suda yaşayan canlıların da etkilenmesine sebep olmaktadır (Hosseini ve ark, 2015). Bireyler de tüm canlılar gibi bu kirleticilerden doğrudan ve dolaylı olarak etkilenmektedir. Bireylerin ağır metallerle maruz kalması nörolojik bozukluklara, organlarda ve iskelet sisteminde çeşitli hasarlara neden olmaktadır (Türközü ve Şanlıer, 2014).

Kurşun (Pb) toksik etkisi bilinen ağır metallerden biridir. Bireylerde oksidatif stresi artırmakta ve hücrel hasara yol açmaktadır. Aynı zamanda hem biyosentezini bozarak demir metabolizmasını olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle çocukluk döneminde kurşuna maruziyetin yüksek olması beyin gelişimini etkileyerek zekâ seviyesinde (IQ) azalmaya neden olmaktadır (Ahamed ve ark, 2005; Flora ve ark, 2012; Flora ve ark, 2011). Temel olarak su, besinler, toprak ve mutfak araç-gereçleri ile kurşuna maruziyet olduğu saptanmıştır (Papanikolaou ve ark, 2005). Besin ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından maksimum kurşun maruziyet düzeyi çocuklar için 2,2 µg/gün, doğurganlık çağındaki kadınlar için 8,8 µg/gün olarak belirlenmiştir (Unites State Food and Drug Administration, 2022). Güncel veriler (2021 yılı) doğrultusunda çocuklarda kanda bulunan referans kurşun düzeyi 5 µg/dL'den 3.5 µg/dL'ye düşürülmüştür (Centers for Disease Control and Prevention, 2021). Ülkemizde ise Türk Gıda Kodeksi (TGK) Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre balık etinde bulunmasına izin verilen maksimum Pb seviyesi 0.30 mg/kg yaş ağırlık olarak belirlenmiştir (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı [GTHB], 2011).

Kadmiyum (Cd) da yüksek dozda maruziyet sonucu toksik etki gösteren ağır metallerden biridir. Çevre Koruma Ajansı'na (EPA) göre Grup B1 'insan karsinojeni' grubunda bulunmaktadır (Environmental Protection Agency, 2021). Kadmiyum maruziyeti sigara içen bireylerde başlıca solunum yoluyla ikincil olarak da su ve besinler yoluyla olmaktadır. Sigara içmeyen bireylerde Cd maruziyeti birincil olarak besinlerle olmaktadır. Kadmiyumun vücutta birikimiyle oksidatif stres artmakta, böbreklerde fonksiyon bozuklukları görülmektedir. Ayrıca gen ekspresyonu üzerinde olumsuz etkiler göstererek kanseri tetiklemektedir (Bertin ve Averbek, 2006; World Health Organization [WHO], 2010). Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından besinler yoluyla kadmiyum maruziyeti için maksimum limit 0.001 mg/kg/gün olarak belirlenmiştir (Environmental Protection Agency, 2000). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi ise

besinlerle alınan kadmiyum düzeyini haftalık 2,5 µg/kg vücut ağırlığı olarak bildirmiştir (European Food Safety Authority [EFSA], 2009). TGK Bulaşanlar Yönetmeliği'nde balık etlerinde bulunmasına izin verilen maksimum limitler balık çeşidine göre değişiklik göstermektedir. Uskumru ve sardalya için maksimum limit 0,10 mg/kg iken, tuna balığı için maksimum limit 0,20 mg/kg, hamsi için maksimum limit 0,30 mg/kg olarak belirlenmiştir. Diğer tüm balık türleri için maksimum Cd seviyesi 0,05 mg/kg olarak sınırlandırılmıştır (GTHB, 2011).

Besinlerle maruz kalınan ağır metallere bir diğeri de alüminyum (Al)'dur. Bireylerin maruz kaldıkları alüminyumun %95'i besinler yoluyla olmaktadır (Vargel, 2004). Besinlerin yanı sıra gıda katkı maddeleri, ilaçlar ve içme suları da alüminyum maruziyetine sebep olmaktadır (Krewski ve ark, 2007). Alüminyum maruziyeti genellikle sinir sisteminde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Alüminyumun Alzheimer ve Parkinson hastalığı üzerinde etkileri olduğuna dair çalışmalar yapılmıştır ve bu konudaki çalışmalar devam etmektedir (Jaishankar ve ark, 2014; Van Dyke ve ark, 2021). Alüminyum maruziyeti sinir sisteminin yanı sıra iskelet sistemini de olumsuz yönde etkilemektedir. Aynı zamanda böbreklerde disfonksiyona neden olabilmektedir (Vardar ve Ünal, 2007). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi besinlerle alınan alüminyum düzeyini haftalık 1 mg/kg vücut ağırlığı olarak sınırlandırmıştır (European Food Safety Authority [EFSA], 2008). Ülkemizde konserve balıklardaki Al düzeyine yönelik herhangi bir üst limit bulunmamaktadır.

Arsenik (As) elementi Çevre Koruma Ajansı tarafından Grup A 'insan karsinojeni' grubunda yer almaktadır (United States Environmental Protection Agency [US EPA], 2021). Arsenik besinlerde farklı formlarda bulunmaktadır. Organik ve inorganik formlarının farklı etkiler gösterdiği bilinmektedir. Arsenik maruziyetinde özellikle arsenik türüne bağlı olarak riskin boyutu değişiklik göstermektedir. Balıklarda genellikle organik formda bulunan arseniğin inorganik forma kıyasla daha az toksik etki gösterdiği saptanmıştır (EFSA, 2009). Sularda genellikle daha toksik olan organik arsenik formları bulunurken, balık etinde genellikle inorganik arsenik formlarının baskın olduğu saptanmıştır. Bu değişikliğin balığın detoksifikasyon sisteminden kaynaklandığı düşünülmektedir (Popowich ve ark, 2016). İnsanların balık tüketimi sonucu maruz kaldıkları arseniğin etkileri henüz tam olarak bilinmemektedir. Fakat içme suları ve tüketilen besinler yoluyla yüksek miktarda arsenik maruziyeti olduğu bildirilmiştir (Lu ve ark, 2007). Yüksek oranda arsenik maruziyetinin insanlarda kansere neden olabileceği bildirilmiştir (Pál ve ark, 2022). Gıda Katkı Maddeleri Ortak FAO/WHO Uzmanlar Komitesi (JECFA), 1988 yılında arsenik için belirlediği tolere

edilebilen düzeyi koruyucu etkisi olmadığı gerekçesiyle 2011 yılında geri çekmiştir (Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives [JECFA], 2011).

Canlılar birçok etmen yoluyla çevresel kirleticilere maruz kalmaktadır. Doğrudan veya dolaylı olarak maruz kalınan bu kirleticiler bireylerde çeşitli sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Ağır metaller de önemli çevresel kirleticiler arasında yer almaktadır. Bireylerin tükettikleri besinler vasıtasıyla maruz kaldıkları ağır metalleri azaltmaları mümkündür. Bunun için tüketilen besinlerin ağır metal içeriklerinin saptanarak değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Balık da ağır metal içeriği bakımından dikkat çeken bir besin grubudur. Aynı zamanda içeriğindeki protein, omega-3 yağ asitleri, vitamin ve mineral yönünden sağlıklı beslenmenin ayrılmaz bir parçasıdır. Balık tüketirken ağır metal içerikleri de göz önünde bulundurularak uygun balık türünün seçilmesi bireylerin sağlığı açısından önem taşımaktadır (Alamdar ve ark, 2017).

Bu çalışmanın amacı satışa sunulan farklı pH ve yağ içeriğine sahip konserve balıkların ağır metal düzeylerini (arsenik, alüminyum, kadmiyum, kurşun) belirlemektir.

Gereç ve Yöntem

Materyal

Bu çalışmada Ankara'nın çeşitli marketlerinde ve internet üzerinden satılan 24 farklı markaya ait toplam 66 adet konserve balık, brüt ağırlığı 240 g olacak şekilde satın alınmıştır. Piyasadaki tüm konserve balıkların çalışmaya dahil edilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada kullanılan konserve balık türlerinin içerikleri farklılık göstermektedir. Numuneler içeriklerine göre Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. 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

Laboratuvar Analizleri

Örnekler konservenin tüm içeriğiyle birlikte süzülmeden mutfak tipi blender ile blenderize edilmiştir. Daha sonra örnekler ağır metal, yağ, nem ve pH analizleri yapılmak üzere 4 gruba ayrılmıştır. Blenderize edilen örnekler yağ analizi yapılmak üzere 5 g tartılıp soxhlet yöntemine göre 8 saat petrol eteriyle ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon sonrası eter uçurularak etüvde ($103\pm 2^{\circ}\text{C}$) kurutulmuştur (AOAC, 2000; Vural ve Öztan, 1996). Numunelerin nem tayini için konserve balık numuneleri plakalara yerleştirilerek Sartorius ® MA150 nem tayin cihazıyla analiz edilmiştir. pH analizi için örnekler 10 g tartıldıktan sonra üzerine 100 mL saf su eklenmiş ve ultra turrax yardımıyla homojenizasyonu sağlanmıştır. Homojenat süzüldükten sonra kalibre edilmiş Hanna Instruments 2020 Edge ® pH metre süzüntüye daldırılarak ölçüm yapılmıştır.

Ağır metal analizi için teflon kaplarda 0.5 g olarak tartılan örneklerin üzerine iz (eser) analizler için 5 ml ultra saf $\geq 65\%$ konsantre nitrik asit (HNO_3) ve 2 mL ultra saf H_2O eklenmiştir. Ardından tüm örneklerdeki organik içerik CEM Mars mikrodalgada 120°C 1200W düzeyinde 10 dakika, 200°C 1200W düzeyinde 15 dakika ısıtma programı ile yakılmıştır. Örnekler oda sıcaklığına ulaştıktan sonra Thermo Electron marka, X series II model ICP-MS cihazında Nordic Committee on Food Analysis (NMKL) 186 numaralı metoduna göre ağır metal tayini yapılmıştır (NMKL, 2007). Tüm örnekler dublike çalışılmıştır. Her örnek 5 kez okutulmuş sonuçların ortalaması alınmıştır. Analiz edilen tüm konserve balık örneklerinin ağır metal miktarları yaş ağırlık (YA) üzerinden değerlendirilmiştir.

İstatistiksel Değerlendirme

Verilerin değerlendirilmesinde SPSS Statistics 22.0 paket program kullanılmıştır. Tanımlayıcı istatistik olarak ortalama, standart sapma ve ortanca (Q1-Q3) değerleri kullanılmıştır. Kullanılan örneklerin yağ yüzdesi, nem oranı, pH ve ağır metal düzeyleri uygun testlerde karşılaştırılmıştır. Numuneler yağ, nem, pH ve ağır metal içeriklerine göre çoklu karşılaştırma yapılarak değerlendirilmiştir. Konservelerin ağır metal içeriklerinin yağ yüzdesi, nem oranı ve pH düzeyleriyle ilişkisi değerlendirilmiştir. Tüm istatistiksel testlerde en düşük anlamlılık düzeyi 0.05 olarak alınmıştır (Hayran K.M. ve Hayran M., 2011).

Bulgular

Farklı Konserve Balık Türlerinin Ağır Metal İçerikleri Açısından Değerlendirilmesi

Araştırma kapsamında satın alınan konserve balıklar; balık türleri, sos ve yağ durumlarına göre gruplara ayrılarak ağır metal içerikleri kıyaslanmıştır. Tablo 2’de örneklerin içeriklerine göre sınıflandırılması ve ağır metal içerikleri özetlenmiştir. Araştırma kapsamında alınan yağlı konserve balıkların Pb içeriği $0,03\pm 0,01$ - $0,13\pm 0,13$ mg/kg arasında, Cd içeriği $0,32\pm 0,07$ - $7,58\pm 4,69$ µg/kg arasında, As içeriği $0,06\pm 0,00$ mg/kg - $3,02\pm 0,03$ mg/kg arasında, Al içeriği ise $0,57\pm 0,11$ - $2,49\pm 1,24$ mg/kg arasında değişmektedir.

Tablo 3’te konservelerin farklı balık türlerine göre ağır metal içerikleri belirtilmektedir. Bu tabloya göre kurşun içeriğinin ton balığında en yüksek olduğu görülmektedir. Ton balığının kurşun içeriği alabalığa kıyasla anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Fakat diğer balık türlerine kıyasla bu fark anlamlı bulunmamıştır. Kadmiyum açısından ton balığındaki düzeyin, alabalık, sardalya, somon ve levrekten daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,05$).

Alüminyum analizi sonucunda en yüksek konsantrasyon hamsi konservelerinde bulunmuştur (Tablo 3). Hamsi konservelerinin Al içeriğinin ton, sardalya, somon ve uskumru konservelerinden daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Tablo 3’e göre en yüksek As düzeyi sardalyada bulunmuştur. Sardalya konservelerinin As düzeyinin ton, alabalık, somon ve levrekten daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Benzer şekilde uskumru ve hamsi konservelerinin As düzeyi ton, somon, alabalık ve levrekten daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Ton balığı konservelerindeki As miktarı, somon, alabalık ve levrek konservelerinden daha yüksektir ($p<0,01$).

Tablo 4’te balık türlerine göre yağ yüzdesi, nem oranı ve pH değerleri belirtilmiştir. Balık türüne göre yağ içeriği, nem oranı ve pH değeri farklılık göstermektedir ($p<0,05$). Tablo 4’e göre en yüksek yağ içeriğine sahip olan tür sardalyadır. Sardalyanın yağ içeriği alabalık ve somondan daha yüksektir ($p<0,05$). Alabalığın nem içeriği ise ton, sardalya, somon ve uskumrudan daha yüksektir ($p<0,05$). pH düzeyine göre ise konserve ton balığının asiditesi alabalık, sardalya, uskumru ve levrekten daha yüksektir ($p<0,05$).

Bu çalışmada balık türünün yanı sıra sos durumunun da ağır metal içeriğine etkisi araştırılmıştır. Numunelerin sos durumuna göre pH değerleri farklılık göstermektedir. pH değeri soslu numunelerde sade numunelere kıyasla daha düşüktür ($p<0,001$)(Tablo 5). Al miktarı pH içeriği daha düşük olan soslu konservelerde daha yüksektir ($p<0,001$). Kurşun, kadmiyum ve arsenik yönünden soslu ve sade konserveler arasında anlamlı düzeyde farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 5).

Araştırma kapsamında değerlendirilen yağsız örneklerin tamamı ton balığı konservesidir. Bu nedenle yağ yüzdesinin etkisini değerlendirmek için yağlı ve yağsız sade ton balığı konserveleri kıyaslanmıştır (Tablo 6). Sonucunda As içeriğinin yağlı örneklerde daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,001$). Pb, Cd, Al açısından yağlı ve yağsız numuneler arasında farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 2. 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)		Cd (µg/kg)		Al (mg/kg)		As (mg/kg)	
			($\bar{X} \pm SS$)	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.

Tablo 3. Farklı balık türüne ait 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 ^a	0,04 (0,02-0,16)	6,36±3,55 ^a	5,18 (4,20-9,60)	1,27±0,87 ^a	0,92 (0,68-1,79)	0,35±0,19 ^a	0,33 (0,25-0,42)
Alabalık (2)	0,03±0,01 ^b	0,03 (0,02-0,03)	3,35±2,84 ^{b,d}	2,54 (0,86-6,63)	1,53±0,48 ^{a,b}	1,80 (1,00-1,81)	0,17±0,10 ^b	0,12 (0,11-0,29)
Hamsi (2)	0,04±0,01 ^{a,b}	0,04 (0,03-0,05)	3,79±1,54 ^{a,b}	3,59 (2,26-5,30)	1,91±0,15 ^b	1,91 (1,77-2,06)	0,66±0,02 ^c	0,67 (0,64-0,68)
Sardalya (5)	0,04±0,01 ^{a,b}	0,04 (0,03-0,04)	1,12±4,25 ^{b,c}	1,99 (ND*-3,90)	1,18±0,71 ^a	0,98 (0,59-1,75)	2,16±1,13 ^c	2,25 (0,91-3,22)
Somon (6)	0,08±0,08 ^a	0,05 (0,02-0,14)	0,19±1,51 ^c	0,19 (ND*-1,57)	1,27±0,44 ^a	1,34 (0,77-1,74)	0,23±0,17 ^b	0,18 (0,06-0,33)
Uskumru (8)	0,08±0,10 ^{a,b}	0,03 (0,02-0,10)	5,03±2,74 ^{a,d}	4,89 (3,16-7,64)	1,77±1,35 ^a	1,45 (0,63-2,61)	0,66±0,15 ^c	0,63 (0,52-0,84)
Levrek (1)	0,03±0,01 ^{a,b}	0,03 (0,02-0,03)	0,32±0,07 ^{b,c}	0,30 (0,28-0,35)	1,05±0,11 ^{a,b}	1,06 (0,94-1,15)	0,09±0,00 ^b	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.

**Aynı sütündeki farklı üst simgeler (a, b, c, d) değerlerin birbirinden farklı olduğunu gösterir (p<0.05; Kruskal Wallis Testi).

***YA: Yaş ağırlık.

Tablo 4. Farklı balık türüne ait yağlı konserve balıkların yağ, nem ve pH düzeylerinin değerlendirilmesi.

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

*Aynı sütündeki farklı üst simgeler (a, b, c, d) değerlerin birbirinden farklı olduğunu gösterir (p<0.05; Kruskal Wallis Testi).

Tablo 5. Konserve balıkların ağır metal içeriklerinin sos durumuna göre değerlendirilmesi.

Sos Durumu (n)	pH*		Pb (mg/kg)		Cd (µg/kg)		Al (mg/kg)*		As (mg/kg)	
	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)
Soslu (21)	5,79±0,42	5,75 (5,46-6,16)	0,09±0,11	0,04 (0,03-0,10)	4,97±3,83	4,47 (3,08-6,39)	2,03±1,03	1,78 (1,46-2,66)	0,49±0,60	0,43 (0,13-0,55)
Sade (45)	6,06±0,49	6,00 (5,81-6,45)	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.

Tablo 6. Farklı yağ içeriğine sahip sade ton balıklarının ağır metal düzeylerinin ortalama, standart sapma ve ortanca değerleri.

Yağ Durumu (n)	Yağ (%)*		Pb (mg/kg)		Cd (µg/kg)		Al (mg/kg)		As (mg/kg)*	
	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)	($\bar{X} \pm SS$)	Ortanca (Q1-Q3)
Yağsız (7)	0,35±0,28	0,25 (0,09-0,65)	0,08±0,06	0,08 (0,02-0,12)	6,64±4,68	4,06 (3,81-10,45)	1,00±0,43	0,97 (0,64-1,08)	0,25±0,11	0,19 (0,18-0,31)
Yağlı (26)	32,46±8,59	32,51 (29,5-38,26)	0,12±0,18	0,04 (0,02-0,15)	6,36±3,47	5,71 (4,35-9,74)	1,02±0,56	0,86 (0,60-1,18)	0,36±0,20	0,33 (0,25-0,41)

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

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

Bu çalışmada incelenen konserve balıkların yağ, nem ve pH değerleri ile ağır metal içerikleri arasında çeşitli korelasyonlar bulunmuştur. Tablo 7'ye göre örneklerdeki yağ yüzdesi arttıkça kurşun ve alüminyum düzeyleri azalmaktadır, buna karşın arsenik düzeyleri artmaktadır ($p<0,01$). Benzer şekilde asidite arttıkça kurşun, kadmiyum ve alüminyum düzeyleri artmakta, arsenik düzeyleri azalmaktadır ($p<0,01$). Nem yüzdesi ise kadmiyum ve alüminyum düzeyi ile pozitif yönde ilişki gösterirken, arsenik ile negatif yönde ilişki göstermektedir. Tablo 7'ye göre yağ yüzdesi, nem yüzdesi ve pH değeri ile ağır metal içerikleri arasında anlamlı düzeyde ilişki bulunsa da bu korelasyonlar zayıf düzeydedir.

Tablo 7. Konservelerin ağır metal içeriği ile nem oranı, pH ve yağ yüzdesi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi.

Ağır Metal	Yağ (%)^a	Nem (%)^a	pH^a
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*

* $p<0,01$.

^aSpearman korelasyon testi

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, Ankara piyasasında ve internet üzerinden satışa sunulan tüm konserve balık türlerinin Pb, Cd, Al ve As içeriğinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bireylerin balık tüketimine teşvik edilmesinde konserve balıklar pratik ve kullanılabilir olması bakımından önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle konserve balıkların sağlık üzerine olası zararlı etkilerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi, genel sağlığın korunması ve geliştirilmesinde rol oynamaktadır.

Son yıllarda konserve balıklar içerdikleri 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 (Anishchenko ve ark, 2017; Mol, 2011; Morshdy ve ark, 2021; Sadighara ve ark, 2022; Shokri ve ark, 2021; Yi ve ark, 2017). Yapılan çalışmalarda konserve besinlerdeki ağır metal düzeyinin pH ve besinin yağ içeriği gibi etmenlere bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir (Anishchenko ve ark, 2017; López ve ark, 2002; Veríssimo ve Gomes, 2008).

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 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 (Mol, 2011a; Mol, 2011b; Mol, 2011c). Bu çalışmaların sonuçlarına göre konserve ton balığının diğer türdeki konserve balıklara kıyasla (uskumru hariç) daha yüksek oranda Pb içerdiği belirlenmiştir (Mol, 2011a; Mol, 2011b; Mol, 2011c). Morshdy ve diğ. (2021) da İran’daki bazı konserve balıkların Pb içeriğinin 0.19±0.05 - 1.17±0.28 mg/kg arasında değiştiğini saptamıştır. Benzer şekilde Sadighara ve diğ. (2022)’nin çalışmasına göre ise konserve ton balıklarının 0.18±0.2 mg/kg Pb içerdiği bulunmuştur. Brezilya’da konserve ton ve sardalya balıklarının Pb, Cd, Al ve As de dahil olmak üzere ağır metal içerikleri analiz edilmiştir (de Lima ve ark, 2021). Brezilya’da yürütülen bu çalışmada konserve ton balığının içeriğindeki Pb düzeyinin tespit edilemeyecek kadar düşük olduğu bulunmuştur. Konserve sardalya balıklarının içeriğindeki Pb düzeyinin de birçok örnekte tespit düzeyinin altında olduğu fakat bazı örneklerde 0,011±0,013 mg/kg’a kadar çıktığı belirlenmiştir (de Lima ve ark, 2021). Yapılan araştırmaların sonuçlarına göre konserve balık türlerinin ağır metal içerikleri oldukça geniş bir aralıkta farklılık göstermektedir. Yapılmış çalışmalara (Mol, 2011a; Mol, 2011b; Mol, 2011c; Morshdy ve ark, 2021; Sadighara ve ark, 2022; Shokri ve ark, 2021) kıyasla bu araştırma kapsamında analiz edilen numunelerin daha düşük düzeyde Pb içerdiği saptanmıştır. Bu konuda yapılan önceki çalışmalarda (Mol, 2011a; Mol, 2011b; Mol, 2011c; Morshdy ve ark, 2021; Sadighara ve ark, 2022; Shokri ve ark, 2021) numuneler hazırlanırken yağ/su ve sos içeriği süzülmemektedir. Bunun ağır metal içeriklerini etkileyebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada yağ ve sos içeriği de göz önünde bulundurulduğundan konserve balıklar süzülmeden homojenize edilmiştir.

Kadmiyum (Cd), konserve balıklarda analiz edilen bir diğer ağır metaldir. Bu çalışmada analiz edilen konserve balıkların Cd içeriği en yüksek içeriğin yağlı-soslu uskumru (6,66±1,89 µg/kg), en düşük ise yağlı-sade levrekte (0,32±0,07 µg/kg) olduğu gösterilmiştir (Tablo 2). Ülkemizde, Mol (2011a; 2011b; 2011c)’ün yapmış olduğu çalışmalarda Cd içeriği konserve alabalıkta 1±1 µg/kg YA, ton balığında 10±10 µg/kg, sardalya 10±23 µg/kg ve uskumruda 15±30 µg/kg, hamside 19±21 µg/kg olarak analiz edilmiştir. Bu konuda farklı ülkelerde yapılan güncel çalışmalara göre ise konserve balıkların Cd içeriğinin 0,024 - 0,09 mg/kg arasında değiştiği saptanmıştır (Leite ve ark, 2022; Morshdy ve ark, 2021; Sadighara ve ark, 2022; Shokri ve ark, 2021). Yapılan çalışmaların sonuçlarına bakıldığında her çalışmanın sonuçları birbirinden farklı bulunmuştur. Bu araştırma sonucu, bu konuda yapılan diğer çalışmaların

(Leite ve ark, 2022; Mol, 2011a; Mol, 2011b; Mol, 2011c, Morshdy ve ark, 2021; Sadighara ve ark, 2022; Shokri ve ark, 2021) sonuçları ile uyumlu bulunmamıştır. Bu konuda farklı sonuçların belirlenmesi, diğer çalışmalarda kullanılan örneklerin analiz öncesi süzölmüş olması, örnek sayısının daha az olması ve balıkların yetiştirilme/avlanma tarihlerinin farklı olması ile ilişkili olabilir.

Konserve balıklarda alüminyum (Al) analizi üzerine çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışmada en düşük Al konsantrasyonu levrekte ($1,05\pm 0,11$ mg/kg) saptanmıştır. Tüzen ve Soylak (2007)'ın konserve balıklarda yaptığı çalışmaya göre ton balığında $0,45\pm 0,04$ mg/kg YA, hamside $0,80\pm 0,06$ mg/kg, sardalyada $0,98\pm 0,08$ mg/kg Al saptanmıştır. Başka bir çalışmada ise beş farklı markaya ait örneklerin Al içeriği $0,49\pm 0,14$ - $2,15\pm 0,12$ mg/kg YA aralığında değişiklik göstermektedir (Fathabad ve ark, 2015). Son yıllarda Morshdy ve diğ. (2021) yaptığı çalışmada konserve balıkların Al içeriği oldukça geniş aralıkta değişkenlik göstermektedir ($0,77\pm 0,13$ - $7,22\pm 1,62$ mg/kg). Leite ve diğ. (2022) göre ise incelenen 120 farklı konserve sardalyanın ortalama $0,012$ - $0,095$ mg/kg aralığında Al içerdiği belirtilmiştir. Bu araştırmanın sonuçları, Tüzen ve Soylak (2007) ve Leite ve diğ. (2022) yapmış olduğu çalışmalardan daha yüksek bulunmuştur. Fakat Fathabad ve diğ.(2015)'in çalışmasının sonucuyla benzerlik göstermektedir. Çalışmalar arasında farklılıklar mevcuttur. Bunun sebebi konservelerin içeriğine (balık eti dışındaki besinler) bağlı olarak depolama süresi boyunca Al kontaminasyonundaki değişiklik olabilir. Aynı zamanda balığın avlandığı bölgedeki çevresel koşulların ve balığın menşeinin de ağır metal konsantrasyonunu etkilediği düşünülmektedir.

Arsenik sıklıkla içme sularında bulunmaktadır. Balıklar da yetiştikleri sudaki kirliliğe bağlı olarak değişen miktarlarda As içeriğine sahip olabilir (Perera ve ark, 2016). Konserve balıklardaki As içeriğine yönelik sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Leite ve ark, 2022; Morshdy ve ark, 2021; Shiber, 2011; Shokri ve ark, 2021). Bu araştırmanın sonucunda konserve balıkların As içeriği $0,06\pm 0,00$ - $3,02\pm 0,03$ mg/kg arasında değişkenlik göstermektedir (Tablo 2). İran'da yapılan bir çalışmada 12 adet konserve balığın ortalama $0,016$ mg/kg As içerdiği saptanmıştır (Shokri ve ark, 2021). Yapılan diğer çalışmalarda ise çeşitli konserve balıkların $1,69$ - $13,03$ mg/kg arasında değişen miktarlarda As içerdiği belirlenmiştir (Leite ve ark, 2022; Morshdy ve ark, 2021). İncelenen bu çalışmalarda numuneler aynı şekilde hazırlanmış olsa da As düzeyleri birbirinden oldukça farklı bulunmuştur (Leite ve ark, 2022; Morshdy ve ark, 2021; Shokri ve ark, 2021). Bunun nedeni konservelerin içinde bulunan balık dışı besinlerin ve suyun da As düzeyini etkilemesi olabilir. Başka bir çalışmada (Shiber, 2011) ise piyasadan alınan

konserve sardalyaların içeriğindeki ortalama As konsantrasyonu bu çalışmada belirlenen düzeye (0,61 - 3,54 mg/kg aralığında) yakın bir aralıkta (0.49 – 1.87 mg/kg) bulunmuştur.

Konserve balıkların nem ve pH düzeyi ile Pb, Cd, Al ve As içeriği arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Fakat konservenin asitlik düzeyi ile kalay gibi ağır metallerin ilişkili olduğu bilinmektedir. pH düzeyinin artması, depolama süresi ve sıcaklığının artması ile besindeki kalay konsantrasyonu artmaktadır (Markmanuel ve ark, 2022). Tablo 5’te pH düzeyi farklı olan soslu ve sade konserve balıklar karşılaştırılmıştır. Bu tabloya göre asitlik düzeyi daha yüksek olan soslu konserve balıkların Al içerikleri daha yüksek bulunmuştur. Tablo 7’de belirtilen korelasyona göre de asitliğe bağlı olarak Al düzeyinin arttığı söylenebilir fakat bu konuda daha ileri araştırmalara ihtiyaç vardır.

Konserve balıklarda yağ içeriğine göre ağır metal düzeylerinin kıyaslanması için aynı balık türüne ait (ton balığı) konserve numuneleri kullanılmıştır. Tablo 7’de özetlendiği gibi yağ içeriği arttıkça As konsantrasyonun anlamlı düzeyde arttığı, Pb ve Al düzeyinin ise azaldığı söylenebilir. Rusya’da yapılan bir çalışmada konserve uskumru türü balıklarda Cd düzeyi yağlı örneklerde anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca yağsız konserve balıkların ortalama Al ve Pb düzeyleri yağlı numunelerden daha yüksek çıkmıştır fakat bu farklılık anlamlı bulunmamıştır (Anishchenko ve ark, 2017). Usyodus ve diğ. (2008) göre ise yağ oranı fazla olan konserve sardalya örneklerinin Pb, Cd ve As düzeylerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ülkemizde bu konuda yeterli piyasa araştırmasına rastlanmadığından yorum yapmak oldukça güçtür.

Konserve balıklar tüketim kolaylığı sebebiyle sıklıkla tercih edilen hazır besinlerden biridir. Ağır metal maruziyeti söz konusu olduğunda su ürünleri ve konserve gıdalar öncelikli olarak değerlendirilen besin gruplarından biridir. Bu çalışmada da piyasada satılan tüm konserve balıklar analiz edilerek ülke genelinde konserve balık tüketimi yoluyla maruz kalınan ağır metal düzeylerinin saptanması hedeflenmiştir. Çalışma sonunda piyasada satılan konserve balıkların ortalama Pb, Cd, Al ve As içeriklerinin yasal limitlerin altında olduğu ve tüketimlerinin güvenli olduğu saptanmıştır. Konserve balıkların yağ, pH ve nem içeriklerine göre ağır metal düzeylerinin değişip/ değişmediğini belirlemek için ileri düzey araştırmalarla desteklenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Konserve balıklarla ilgili yapılan bazı çalışmalarda balık eti süzülerek analiz edilmiştir (Leite ve ark, 2022; Sadighara ve ark, 2022; Mol, 2011a). Fakat bu çalışmada yağ/sos gibi marinyasyon sıvılarının ağır metal içeriği de göz önünde bulundurulduğundan süzülmeden doğrudan homojenize edilerek analizler gerçekleştirilmiştir. Marinyasyon sıvıları ayrıca analiz

edilmemiştir. Bu durum çalışmanın sınırlılıklarından birisidir. Ayrıca yapılan literatür taramasında konserveleme işleminde kullanılan ambalaj malzemeleri ve ambalajlama prosedürlerinin besinlerde ağır metal geçişine sebep olabileceği bildirilmiştir (Abdel-Rahman, 2022). Ancak bu çalışmada ambalajlama prosedürleri ve ambalaj materyallerinin ağır metal geçişine etkisi incelenmemiştir. Bu konuda yapılacak ileri araştırmalarla ambalajlama materyallerinin ağır metal geçişine etkisinin incelenmesi öngörülmektedir.

Konserve balıkların ağır metal içerikleri avlanma bölgesi, avlanma tarihleri, konserve içeriği ve kullanılan analiz yöntemleri gibi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu nedenle yapılan çalışmalarda birbirinden farklı sonuçlar elde edilmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu'na göre 2019 yılında ülkemizdeki su ürünleri tüketimi yıllık 6,26 kg olarak belirlenmiştir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2020). 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 özen göstermelidir. Toplumdaki risk gruplarının toplam konserve balık tüketimleri göz önünde bulundurularak maruz kaldıkları kurşun, kadmiyum, alüminyum ve arsenik metalleri değerlendirilmeli ve maruz kalınan düzey mümkün olduğunca azaltılmalıdır. Bu kapsamda yapılacak kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Finansal Destek

Bu çalışmada Arş. Gör. Seray Akalın Saygılı'nın Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı (ÖYP) kapsamında ödenek bütçesi kullanılmıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışmada herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Abdel-Rahman, G. N. E. (2022). Heavy metals, definition, sources of food contamination, incidence, impacts and remediation: A literature review with recent updates. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(1), 419-437.
- Ahamed, M., Verma, S., Kumar, A., & Siddiqui, M. (2005). Environmental exposure to lead and its correlation with biochemical indices in children. *Science of the Total Environment*, 346(1), 48-55.
- Alamdar, A., Eqani, S. A. M. A. S., Hanif, N., Ali, S. M., Fasola, M., Bokhari, H., ve diğerleri. (2017). Human exposure to trace metals and arsenic via consumption of fish from river Chenab, Pakistan and associated health risks. *Chemosphere*, 168, 1004-1012.
- Andayesh, S., Hadiani, M. R., Mousavi, Z., & Shoeibi, S. (2015). Lead, cadmium, arsenic and mercury in canned tuna fish marketed in Tehran, Iran. *Food Additives & Contaminants Part B Surveillance*, 8(2), 93-98. doi:10.1080/19393210.2014.993430
- Anishchenko, O. V., Sushchik, N. N., Makhutova, O. N., Kalachova, G. S., Gribovskaya, I. V., Morgun, V. N., ve diğerleri. (2017). Benefit-risk ratio of canned pacific saury (*Cololabis saira*) intake: Essential fatty acids vs. heavy metals. *Food and Chemical Toxicology*, 101(Supplement C), 8-14. doi:https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.12.035
- Bertin, G., & Averbek, D. (2006). Cadmium: cellular effects, modifications of biomolecules, modulation of DNA repair and genotoxic consequences (a review). *Biochimie*, 88(11), 1549-1559. doi:10.1016/j.biochi.2006.10.001
- Centers for Disease Control and Prevention. (2021). Childhood Lead Poisoning Prevention. <https://www.cdc.gov/nceh/lead/default.htm>
- De Lima, N. V., Melo, E. S. d. P., Arakaki, D. G., Tschinkel, P. F. S., de Souza, I. D., Ulbrecht, M. O. d. O., ve diğerleri. (2021). Data on metals, nonmetal, and metalloid in the samples of the canned tuna and canned sardines sold in Brazil. *Data in Brief*, 35, 106865. doi:https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.106865
- Environmental Protection Agency. (2000). Cadmium Compounds (A). <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/cadmium-compounds.pdf>
- Environmental Protection Agency. (2021). Dose-response assessment for assessing health risks associated with exposure to hazardous air pollutants. <https://www.epa.gov/fera/dose-response-assessment-assessing-health-risks-associated-exposure-hazardous-air-pollutants>
- European Food Safety Authority Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2009). Scientific opinion on arsenic in food. *EFSA Journal*, 7(10), 1351. doi:10.2903/j.efsa.2009.1351
- European Food Safety Authority. (2008). EFSA Advises on the safety of aluminium in food. <https://www.efsa.europa.eu/en/news/efsa-advises-safety-aluminium-food>
- European Food Safety Authority. (2009). EFSA sets lower tolerable intake level for cadmium in food. <https://www.efsa.europa.eu/en/news/efsa-sets-lower-tolerable-intake-level-cadmium-food>
- Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). (2011). Arsenic. <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/1863>
- Fathabad, A., Shariatifar, N., Ehsani, A., & Sayadi, M. (2015). Evaluation of toxic metals in canned fish market in Tehran. *International Journal of Pharma Sciences and Research*, 6, 818-822.
- Flora, G., Gupta, D., & Tiwari, A. (2012). Toxicity of lead: a review with recent updates. *Interdisciplinary Toxicology*, 5(2), 47-58.
- Flora, S., Pachauri, V., & Saxena, G. (2011). Arsenic, cadmium and lead. *Reproductive and Developmental Toxicology*, 415-438.
- Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2011). Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. <https://kms.kaysis.gov.tr/Home/Goster/40875>.
- Hayran, K. M., ve Hayran, M. (2011). *Sağlık Araştırmaları İçin Temel İstatistik* (1. Baskı ed. Vol. 1. Baskı). Ankara: Omega Araştırma.
- Hosseini, S. V., Sobhanardakani, S., Miandare, H. K., Harsij, M., & Regenstein, J. M. (2015). Determination of toxic (Pb, Cd) and essential (Zn, Mn) metals in canned tuna fish produced in Iran. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 13, 59. doi:10.1186/s40201-015-0215-x

- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., & Beeregowda, K. N. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary toxicology*, 7(2), 60-72.
- Krewski, D., Yokel, R. A., Nieboer, E., Borchelt, D., Cohen, J., Harry, J., ve diğerleri. (2007). Human health risk assessment for aluminium, aluminium oxide, and aluminium hydroxide. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 10(S1), 1-269.
- Leite, L. C. S., de Lima, N. V., Melo, E. S. D. P., Cardozo, C. M. L., & do Nascimento, V. A. (2022). Exposure to Toxic Metals and Health Risk Assessment through Ingestion of Canned Sardines Sold in Brazil. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), 7678.
- López, F. F., Cabrera, C., Lorenzo, M. L., & López, M. C. (2002). Aluminium content of drinking waters, fruit juices and soft drinks: contribution to dietary intake. *Science of the total environment*, 292(3), 205-213. doi:https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)01122-6
- Lu, M., Wang, H., Li, X.-F., Arnold, L. L., Cohen, S. M., & Le, X. C. (2007). Binding of dimethylarsinous acid to cys-13 α of rat hemoglobin is responsible for the retention of arsenic in rat blood. *Chemical research in toxicology*, 20(1), 27-37.
- Markmanuel ,D.P., Amos-Tautua, B.M.W., & Songca, S.P. (2022). Tin concentrations and human health risk assessment for children and adults in seafood and canned fish commonly consumed in Bayelsa State, Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. 26(7), 1263-1269. doi: 10.4314/jasem.v26i7.12
- Mol, S. (2011a). Determination of trace metals in canned anchovies and canned rainbow trouts. *Food and Chemical Toxicology*, 49(2), 348-351.
- Mol, S. (2011b). Levels of heavy metals in canned bonito, sardines, and mackerel produced in Turkey. *Biological Trace Element Research*, 143(2), 974-982. doi:10.1007/s12011-010-8909-5
- Mol, S. (2011c). Levels of selected trace metals in canned tuna fish produced in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(1), 66-69. doi:10.1016/j.jfca.2010.04.009
- Morshdy, A. E., Hussein, M. A., Darwish, W. S., Yousef, R. E., & Tharwat, A. E. (2021). Residual Contents Of Selected Heavy Metals In Commercial Canned Fish In Egypt: Dietary Intakes And Health Risk Assessment. *Slovenian Veterinary Research*, 58, 101-107.
- Nordic Committee on Food Analysis. (2007). Trace elements-As, Cd, Hg, Pb and other elements: determination by ICP-MS after pressure digestion.
- Official, A. O. A. C. (2000). Methods of analysis of AOAC International. AOAC International, Maryland, USA, 2000.
- Pál, L., Jenei, T., McKee, M., Kovács, N., Vargha, M., Bufa-Dórr, Z., ve diğerleri. (2022). Health and economic gain attributable to the introduction of the World Health Organization's drinking water standard on arsenic level in Hungary: A nationwide retrospective study on cancer occurrence and ischemic heart disease mortality. *Science of the total environment*, 851, 158305. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158305
- Papanikolaou, N. C., Hatzidaki, E. G., Belivanis, S., Tzanakakis, G. N., & Tsatsakis, A. M. (2005). Lead toxicity update. A brief review. *Medical science monitor*, 11(10), RA329-RA336.
- Perera, P. C. T., Sundarabarathy, T. V., Sivananthawerl, T., Kodithuwakku, S. P., & Edirisinghe, U. (2016). Arsenic and cadmium contamination in water, sediments and fish is a consequence of paddy cultivation: evidence of river pollution in Sri Lanka. *Achievements in the Life Sciences*, 10(2), 144-160.
- Popowich, A., Zhang, Q., & Le, X. C. (2016). Arsenobetaine: the ongoing mystery. *National Science Review*, 3(4), 451-458. doi:10.1093/nsr/nww061
- Sadighara, P., Mofid, V., Mahmudiono, T., Rahmani, A., Tajdar-Oranj, B., Peivasteh-Roudsari, L., ve diğerleri. (2022). Concentration of heavy metals in canned tuna fish and probabilistic health risk assessment in Iran. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-11.
- Shiber, J. G. (2011). Arsenic, cadmium, lead and mercury in canned sardines commercially available in eastern Kentucky, USA. *Marine pollution bulletin*, 62(1), 66-72.
- Shokri, S., Shokri, E., Sadighara, P., & Pirhadi, M. (2021). Heavy metals contamination in fresh fish and canned fish distributed in local market of Tehran. *Human, Health and Halal Metrics*, 2(2), 12-17.

- Tuzen, M., & Soylak, M. (2007). Determination of trace metals in canned fish marketed in Turkey. *Food Chemistry*, 101(4), 1378-1382. doi:10.1016/j.foodchem.2006.03.044
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2020). Su Ürünleri, 2019. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-Urunleri-2019-33734>
- Türközü, D., & Şanlier, N. (2014). Gıdalardaki ağır metal kontaminasyonları: Bulaşma Kaynakları, sağlık riskleri ve ulusal/uluslararası standartlar. *Electronic Journal of Food Technologies*, 9(3), 29-46.
- United States Environmental Protection Agency. (2021). Dose Response Assessment Tables. https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-09/chronicfinaloutput_9_29_2021-12-46-18-pm_0.pdf
- United States Food and Drug Administration. (2022). Closer to Zero: Action Plan for Baby Foods. <https://www.fda.gov/food/metals-and-your-food/closer-zero-action-plan-baby-foods>
- Usydus, Z., Szlinder-Richert, J., Polak-Juszczak, L., Kandarska, J., Adamczyk, M., Malesa-Cieciewicz, M., ve diğerleri. (2008). Food of marine origin: between benefits and potential risks. Part I. Canned fish on the Polish market. *Food Chemistry*, 111(3), 556-563.
- Van Dyke, N., Yenugadhathi, N., Birkett, N. J., Lindsay, J., Turner, M. C., Willhite, C. C., ve diğerleri. (2021). Association between aluminum in drinking water and incident Alzheimer's disease in the Canadian Study of Health and Aging cohort. *Neurotoxicology*, 83, 157-165. doi:<https://doi.org/10.1016/j.neuro.2020.04.002>
- Vardar, F., & Ünal, M. (2007). Aluminum toxicity and resistance in higher plants. *Advances in Molecular Biology*. (1): 1-12
- Vargel, C. (2020). *Corrosion of Aluminium*. (2.edition). Elsevier.
- Veríssimo, M. I. S., & Gomes, M. T. S. R. (2008). Aluminium migration into beverages: Are dented cans safe? *Science of the total environment*, 405(1), 385-388. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.05.045>
- Vural, H., & Öztan, A. (1996). Et ve Et Ürünleri Kalite Kontrol Laboratuvarı Uygulama Klavuzu. *Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fak. Yayınları Yayın*(36).
- World Health Organization. (2010). Exposure to cadmium: a major public health concern. Geneva, Switzerland. <http://www.who.int/ipcs/features/cadmium.pdf>
- Yi, Y., Tang, C., Yi, T., Yang, Z. & Zhang, S. (2017). Health risk assessment of heavy metals in fish and accumulation patterns in food web in the upper Yangtze River, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 145(Supplement C), 295-302. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.07.022>