

T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
GASTRONOMİ VE MUTFAK SANATLARI ANABİLİM DALI

**PİŞİRME EKİPMANLARINDAN GIDALARA AĞIR
METAL GEÇİŞİNİN BELİRLENMESİ**

Görkem TEYİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN:
Prof. Dr. Hatice Ferhan NİZAMLIOĞLU

KONYA-2018

T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
GASTRONOMİ VE MUTFAK SANATLARI ANABİLİM DALI

**PİŞİRME EKİPMANLARINDAN GIDALARA AĞIR
METAL GEÇİŞİNİN BELİRLENMESİ**

Görkem TEYİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN:
Prof. Dr. Hatice Ferhan NİZAMLIOĞLU

KONYA-2018

	T.C. NECİMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü	
---	--	---

Bilimsel Etik Sayfası

Öğrencinin	Adı Soyadı	Gökrem TEYİN		
	Numarası	168107011001		
	Ana Bilim / Bilim Dalı	Gastronomi ve Mutfak Sanatları		
	Program	Tezli Yüksek Lisans	X	
		Doktora		
	Tez Adı	Pişirme Ekipmanlarında Çinko ve Ağır Metal Geçişinin Belirlenmesi		

Bu tezin hazırlanmasıyla bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallara uygun şekilde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun örnek hazırlanan bu çalışmada hakların emellerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak yapıldığını bildiririm.

Öğrencinin Adı Soyadı
GÖKREM TEYİN

İmzası

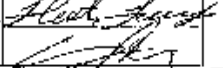


 KONYA	T.C. NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü	 SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
--	---	---

YÜKSEK LİSANS TEZİ KABUL FORMU

Öğrencü İsmi	Adı Soyadı	Gökten UYUN
	Kısaltması	UGR102011003
	Ana Bilim / Bilim Dalı	Gastronomi ve Mutfak Sanatları
	Programı	Yüksek Lisans
	Tez Danışmanı	Prof. Dr. Hatice Feriha NİZAMLIOĞLU
	Tezin Adı	Pislenme Ekliptiklerinden Gıda İhtiyaçları Ağır Metal Geçişinin Belirlenmesi

Yukarıda adı geçen öğrenci tarafından hazırlanan "Pislenme Ekliptiklerinden Gıda İhtiyaçları Ağır Metal Geçişinin Belirlenmesi" başlıklı bu çalışma 06/12/2018 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda yeterliliği/yeterçikliği ile onaylı bulunarak jüriimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sıra No	Danışman ve Üyeler		
	Unvanı	Adı ve Soyadı	İmza
1	Prof. Dr.	Hatice Feriha NİZAMLIOĞLU	
2	Dr. Öğr. Üyesi	Canlı SOBAK	
3	Dr. Öğr. Üyesi	Gülşim ALBAK ÜZÜK	

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans dönemimdeki çalışmalarım boyunca bana tuttuğu ışık ile yolumu aydınlatan, tez çalışmamın her aşamasında bilgi, tecrübe ve yardımlarını benden esirgemeyen, yol göstericim, değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Hatice Ferhan NİZAMLIOĞLU'na, eğitim hayatım boyunca bana inanan, destekleyen ve her zaman yanımda olan tüm hocalarıma ve arkadaşlarıma gösterdikleri sabır ve verdikleri manevi destek için teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

Çalışmanın kimyasal analizlerinin yapılması esnasında bilgi, deneyim ve yardımları ile bana destek olan Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi ICP-MS laboratuvarı çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmanın gerçekleşmesi için teknik ve idari yardımlarını bizden esirgemeyen Necmettin Erbakan Üniversitesi BAP koordinatörlüğüne teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak her zaman, her koşulda arkamda duran ve destekleyen babam Bahtiyar TEYİN ile annem Sevgi TEYİN'e ve elbette kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi ve minnetlerimi sunarım.

Görkem TEYİN
Konya, 2018

ÖZET

Bu çalışmada, farklı ekipmanlarda (alüminyum, çelik, bakır, eski teflon ve yeni teflon) pişirilen nohut numunesine, pişirme ve depolama ile geçebilecek ağır metallerin (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Sn) seviyesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Pişirilen ve depolanan numunelerin, mikrodalga çözündürme işleminden sonra mikro ve toksik düzeydeki element konsantrasyonları ICP-MS cihazı ile ppm (mg/kg) cinsinden tayin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar pişirme suyu, çiğ nohut numunesi ve literatür verileriyle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Araştırmada Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Sn ve Pb için elde edilen ICP-MS sonuçları ortalama olarak sırasıyla, 850 ± 71 - 27.5 ± 5.6 , 0.026 ± 0.003 - 0.011 ± 0.007 , 11.0 ± 2.4 - 6.01 ± 0.36 , 13.5 ± 1.1 - 12.0 ± 1.8 , 171 ± 13 - 66.7 ± 4.25 , 47.5 ± 3.1 - 30.1 ± 1.3 , 6.25 ± 0.55 - 3.38 ± 0.29 ve 20.5 ± 2.0 - 0.179 ± 0.014 mg/kg'dır. Pb tespit edilememiş olup, çiğ nohut numuneleri için belirtilen element seviyeleri ise; Al 1.409, Cr 8.225, Mn 34.46, Fe 121, Ni 3.646, Cu 13.61, Cd 0.017 ve Sn 0.391 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çalışmada tespit edilen en yüksek geçiş alüminyum elementinde gerçekleşmiştir. Bu geçiş 850 ± 17 mg/kg ile eski teflon ekipmanda pişirmede ve 516 ± 14 mg/kg ile alüminyum ekipmanda depolamada gerçekleşirken, en düşük geçiş ise kadmiyum elementinde $0,011$ mg/kg ile çelik ekipmanda gerçekleşmiştir.

Sonuç olarak pişirme ekipmanlarının cinsine bağlı olarak gıdalara pişirme ve depolama koşulları ile ağır metal geçişinin olduğu, bu geçişin pişirmeyi takiben elementlerin ham olarak kullanıldığı alüminyum ve demir gibi ekipmanlarda daha yüksek seviyede olduğu, bunun yanı sıra depolama ile adsorbsiyona bağlı olarak genel anlamda geçişin pişirmeye kıyasla daha düşük seviyelerde olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Pişirme ekipmanı, Gıda, Gastronomi.

ABSTRACT

In this study, determination of the level of heavy metals (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Sn) that can pass through the chickpea samples which are cooked in different equipments (aluminum, steel, copper, old Teflon and new Teflon) intended. Micro and toxic element concentrations were determined in ppm (mg/kg) by the ICP-MS device after the microwave dissolution of the samples cooked and stored. The results were evaluated by comparing the cooking water, raw chickpea sample and literature data.

In the study, the results of ICP-MS obtained for Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Sn were found to be 850 ± 71 - 27.5 ± 5.6 , 0.026 ± 0.003 - 0.011 ± 0.007 , 11.0 ± 2.4 - 6.01 ± 0.36 , 13.5 ± 1.1 - 12.0 ± 1.8 , 171 ± 13 - 66.7 ± 4.25 , 47.5 ± 3.1 - 30.1 ± 1.3 , 6.25 ± 0.55 - 3.38 ± 0.29 , could not be detected and 20.5 ± 2.0 - 0.179 ± 0.014 mg/kg. The element levels specified for raw chickpea samples are; Al was found to be 1.409, Cr 8.225, Mn 34.46, Fe 121, Ni 3.646, Cu 13.61, Cd 0.017 and Sn 0.391 mg/kg. The highest pass found in the study was carried out in the aluminum element. This transition was carried out in old Teflon equipment with 850 ± 17 mg/kg and in storage in aluminum equipment with 516 ± 14 mg/kg the lowest pass is in steel equipment with cadmium element at 0,011 mg/kg.

As a result, depending on the type of cooking equipment, cooking and storage conditions and heavy metal transition to food, this transition is used as raw materials followed by cooking elements such as aluminum and iron, as well as the higher content of storage as well as storage depending on the adsorption of the transition compared to cooking low levels.

Key Words: Heavy metal, Cooking Equipment, Food, Gastronomy.

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİK SAYFASI.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
YÜKSEK LİSANS TEZİ KABUL FORMU	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ.....	x
FOTOĞRAFLAR LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

AĞIR METALLER

1.1. Ağır Metal Kavramı	4
1.2. Ağır Metallerin Bulaşma Kaynakları	5
1.2.1. Toprak	6
1.2.2. Zirai İlaçlar ve Gübreler	7
1.2.3. Endüstriyel Faaliyetler	7
1.2.4. Hava Kirliliği	8
1.2.5. Atık Sular ve Kanalizasyon	8
1.2.6. Gıda İşleme Araç-Gereçleri	9
1.2.7. Pişirme Ekipmanları	9
1.3. Gıdalara Kontamine Olabilen Ağır Metaller	11

1.3.1. Kurşun (Pb)	12
1.3.2. Kadmiyum (Cd)	12
1.3.3. Civa (Hg).....	13
1.3.4. Arsenik (As)	14
1.3.5. Alüminyum (Al).....	15
1.3.6. Krom (Cr).....	17
1.3.7. Nikel (Ni)	17
1.3.8. Demir (Fe).....	18
1.3.9. Bakır (Cu)	18
1.3.10. Kalay (Sn)	19
1.3.11. Çinko (Zn).....	19
1.4. Ulusal ve Uluslararası Standartlar.....	19
1.5. Ağır Metallerin Analizi	22

İKİNCİ BÖLÜM

PIŞIRME YÖNTEMLERİ VE EKİPMANLARI

2.1. Pişirme İşlemi	23
2.2. Temel Pişirme Yöntemleri	24
2.2.1. Suda Pişirme Yöntemleri	24
2.2.1.1. Ön Haşlama (Blanching).....	25
2.2.1.2. Hafif Ateşte Haşlama (Poaching)	25
2.2.1.3. Haşlama (Boiling/Simmering)	25
2.2.1.4. Kısık Ateşte Az Suda Pişirme (Brasing).....	25
2.2.1.5. Kendi Suyu İle Pişirme (Stewing)	26
2.2.2. Buharda Pişirme Yöntemleri.....	26

2.2.2.1. Buharda Pişirme (Steaming)	26
2.2.3. Kuru Isıda Pişirme Yöntemleri	26
2.2.3.1. Izgarada Pişirme (Grilling/Broiling)	26
2.2.3.2. Fırında Kızartma (Roasting)	27
2.2.3.3. Fırında Pişirme (Baking)	27
2.2.4. Yağda Pişirme Yöntemleri	27
2.2.4.1. Sote (Sauteing)	27
2.2.4.2. Wok İçinde Karıştırarak Pişirme (Stir Frying)	27
2.2.4.3. Derin Yağda Kızartma (Deep Fat Frying)	28
2.2.4.4. Az Yağda Kızartma (Shallow Fat Frying)	28
2.2.5. Diğer Pişirme Yöntemleri	28
2.2.5.1. Mikrodalga Pişirme (Microwave Cooking)	29
2.2.5.2. Vakum Altında Pişirme (Sous-Vide)	29
2.3. Pişirme Ekipmanları	30
2.3.1. Tencereler	30
2.3.2. Tavalar	30
2.3.3. Tepsiler	30
2.4. Pişirme Ekipmanlarının Yapımında Kullanılan Materyaller	30
2.4.1. Bakır	31
2.4.2. Alüminyum	31
2.4.3. Demir	32
2.4.4. Çelik	33
2.4.5. Emaye Kaplama	34
2.4.6. Teflon	34
2.4.7. Cam, Kil ve Seramik	35

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal	36
3.2. Yöntem.....	36
3.2.1. Pişirme İşlemi	36
3.2.2. Örneklerin Analize Hazırlanması.....	37
3.2.3. Kullanılacak Malzemelerin Temizliği	37
3.2.4. Stok/Standart Çözeltiler ve Kalibrasyon.....	38
3.2.5. Mikrodalga Yaş Yakma İşlemi	38
3.2.6. ICP-MS ile Örneklerin Analiz Edilmesi	38
3.2.7. İstatistiksel Analizler.....	39

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

ARAŞTIRMA BULGULARI..... Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

BEŞİNCİ BÖLÜM

TARTIŞMA48

TARTIŞMA	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
SONUÇ	58
KAYNAKÇA.....	61
EKLER.....	73
EK-1 Çalışmaya İlişkin Görseller Listesi	73
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Bazı ağır metallerin ekolojik olarak sınıflandırılması	5
Tablo 1.2. Bazı ağır metaller ve bulaşma kaynakları	6
Tablo 1.3. Türk gıda kodeksi bulaşanlar yönetmeliğine göre bazı gıdaların ağır metaller için yasal limitleri	20
Tablo 1.4. JECFA' nın bazı ağır metaller için belirlediği tolere edilebilir limitler....	21
Tablo 1.5. EFSA' nın bazı ağır metaller için belirlediği tolere edilebilir limitler.....	21
Tablo 2.1. Temel pişirme yöntemleri.....	24
Tablo 3.1. Pişirme işlemine ilişkin bilgiler	37
Tablo 3.2. Çözme işlemi genel koşulları	38
Tablo 3.3. ICP-MS cihazında elementlerin analizinde kullanılan dalga boyları	39
Tablo 4.1. Farklı pişirme kaplarında pişirilen nohuttaki ağır metallerin ortalama konsantrasyonları	40
Tablo 4.2. Analiz verilerine ilişkin minimum, maximum, ortalama değerler, standart sapma ve standart hatalar (a).....	43
Tablo 4.3. Analiz verilerine ilişkin minimum, maximum, ortalama değerler, standart sapma ve standart hatalar (b)	44
Tablo 4.4. Analiz verilerine ilişkin ortalama, standart sapma ve t değerleri	45
Tablo 5.1. Çalışmada kullanılan su ve çiğ nohut numunesine ilişkin ICP-MS sonuçları ve WHO limitleriyle karşılaştırılması	48
Tablo 5.2. Alüminyum ekipmana ilişkin bulgular ve yasal limitlerle karşılaştırılması	53
Tablo 5.3. Çelik ekipmana ilişkin bulgular ve yasal limitlerle karşılaştırılması	53
Tablo 5.4. Bakır ekipmana ilişkin bulgular ve yasal limitlerle karşılaştırılması	54
Tablo 5.5. Eski ve yeni teflona ait elementlere ait bulgular	55

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

Resim 1. Yeni Teflon Tencere	73
Resim 2. Eski Teflon Tencere	73
Resim 3. Çelik Tencere	73
Resim 4. Bakır Tencere.....	74
Resim 5. Alüminyum Tencere	74
Resim 6. Yeni Teflon Tencere Suda Bekletme	74
Resim 7. Eski Teflon Tencere Suda Bekletme	75
Resim 8. Çelik Tencere Suda Bekletme.....	75
Resim 9. Bakır Tencere Suda Bekletme	75
Resim 10. Alüminyum Tencere Suda Bekletme	76
Resim 11. Yeni Teflon Tencere Pişirme Sonrası	76
Resim 12. Eski Teflon Tencere Pişirme Sonrası.....	76
Resim 13. Çelik Tencere Pişirme Sonrası.....	77
Resim 14. Bakır Tencere Pişirme Sonrası	77
Resim 15. Alüminyum Tencere Pişirme Sonrası	77
Resim 16. Havanda Örneğin Öğütülmesi	78
Resim 17. Hassas Terazide Tartım İşlemi 1	78
Resim 18. Hassas Terazide Tartım İşlemi 2	78
Resim 19. Etüvde Kurutma İşlemi 1	79
Resim 20. Etüvde Kurutma İşlemi 2	79
Resim 21. Etüvde Kurutma İşlemi Sonrası	79
Resim 22. Örneklerin Numune Poşetine Alınması 1	80
Resim 23. Örneklerin Numune Poşetine Alınması 2	80
Resim 24. Numaralanmış ve Etiketlenmiş Numuneler	80

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Ag: Gümüş

Al: Alüminyum

As: Arsenik

C: Karbon

Cd: Kadmiyum

cm³: Santimetreküp

Co: Kobalt

Cr: Krom

Cu: Bakır

dk: Dakika

Fe: Demir

gr: Gram

Hg: Civa

HNO₃: Nitrik Asit

kg: Kilogram

L/lt: Litre

mg: Miligram

ml: Mililitre

Mn: Mangan

Ni: Nikel

nm: Nanometre

Pb: Kurşun

ppb: Partsperbillion (Milyarda bir)

ppm: Partspermillion (Milyonda bir)

psi: Basınç birimi

sa: Saat

Sn: Kalay

V: Vanadyum

W: Watt

Zn: Çinko

°C: Santigrat derece

µg: Mikrogram

%: Yüzde

Kısaltmalar

AAS: Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi

AB: Avrupa Birliği

AES: Atomik Emisyon Spektroskopisi

ATDSR: (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) Toksik Madde ve Hastalık Kayıt Ajansı

CAC: (Codex Alimentarius Commission) Kodeks Alimentarius Komisyonu

EC: (EC Directives) Avrupa Topluluğu Direktifleri

EFSA: (The European Food Safety Authority) Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi

EPA: (Environmental Protection Agency) Çevre Koruma Ajansı

FAO: (Food and Agriculture Organization) Gıda ve Tarım Örgütü

FDA: (Food and Drug Administration) Birleşik Devletler Gıda ve İlaç Dairesi

GF-AAS: Grafit Fırınlı Atomik Absorpsiyon Spektrometresi

IARC: (International Agency for Research on Cancer) Uluslararası Kansere Araştırma Ajansı

ICP: İndüktif Eşleşmiş Plazma

ICP-MS: İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi

ICP-OES: İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi

IUPAC: (International Union of Pure and Applied Chemistry) Uluslararası Saf ve Uygulamalı Kimya Birliği

JECFA: (The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) Gıda Katkıları FAO/WHO Ortak Uzmanlar Komitesi

TGK: Türk Gıda Kodeksi

WHO: (World Health Organization) Dünya Sağlık Örgütü

GİRİŞ

Gıda güvenliği konusu dünya genelinde insan sağlığının korunması ve sağlıklı toplumlar oluşturulması açısından önemli bir endişe kaynağıdır. Son yıllarda ağır metaller, pestisitler ve bazı toksinler tarafından kontamine olan gıda maddelerinin tüketimindeki artış, gıda güvenliği uygulamalarını ve dolayısıyla da çalışmalarını hızlandırmıştır (Radwan ve Salama, 2006: 1273).

Ağır metaller; toksik etkilerinin yanı sıra çevrede doğal ve yapay olarak bol miktarda bulunmaları nedeniyle ciddi bir çevre sorunudur. Aynı zamanda inorganik kirleticilerin ana grubudur ve özellikle çamur, gübreler, böcek öldürücüler, belediye atıkları, maden atıkları ve sanayi atıkları gibi faktörlerle geniş boyutlardaki arazileri kirletebilmektedirler (Uddin, 2016: 2). Ağır metaller biyolojik olarak bozulmayan yapıları ve farklı vücut bölümlerinde birikme potansiyelleri nedeniyle insan sağlığı için oldukça zarar verici yapılardır (Arora et al., 2008: 811). Ağır metal kontaminasyonu ve toksisitesi besin zincirinde birikmeleri sebebiyle insan sağlığı için büyük önem taşır (Çoban vd., 2009: 62). Bununla birlikte ağır metallerin insanlar için olduğu kadar hayvanlar, bitkiler ve bütün ekosistem için büyük tehlike teşkil ettiği bilinmektedir (Dabonne et al., 2010: 90). Bu nedenle hem insanlar hem de hayvanlar için var olan gıdalardaki ağır metal oluşumunun izlenmesi ve tespiti organizmalarda toksik etki göstermesi sebebiyle ilgi uyandırıcıdır (Uriah, Dungrit ve Rhoda, 2014: 35). Vücutta yüksek konsantrasyonlarda bulunabilmelerine karşın alüminyum, berilyum, kadmiyum, kurşun ve civa gibi ağır metallerin biyolojik fonksiyonları tam olarak bilinmemektedir. Bunun yanı sıra arsenik, bakır, demir ve nikel gibi ağır metallerin düşük konsantrasyonlarda kabul edilebilir olmalarına karşın, yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösterdikleri bildirilmiştir (Dabonne et al., 2010: 90).

Ağır metallerin metabolizmada oluşturacağı etkiler başta ağır metalin derişimi olmak üzere metal iyonunun yapısına, çözünürlük değerine, kimyasal yapısına, redoks ve kompleks oluşturma gücüne, vücuda alınış şekline ve çevrede bulunma sıklığına bağlı olarak değişiklik gösterir (Özbolat ve Tuli, 2016: 504). İnsan

ve hayvan sağığı için oldukça tehlikeli olan ağır metaller temel metabolik fonksiyonları iki şekilde bozmaktadır. İlk olarak kalp, beyin, böbrek, kemik ya da karaciğer gibi hayati organların işleyişine müdahale ederler. İkinci olarak ise besin maddelerinin biyolojik işlevlerini yerine getirmelerini engellerler (Uriah, Dungrit ve Rhoda, 2014: 35). Gelişen endüstriyel faaliyetler, tarımda kimyasal kullanımı ve gelişen teknoloji, ağır metallerin gıdalara bulaşma riskini gittikçe artırmaktadır. Hava, toprak ve su kirliliğı, insan sağığı için oldukça tehlikeli olan civa, arsenik, kurşun gibi ağır metallerin varlığına katkıda bulunarak ciddi sağık sorunlarına sebebiyet verebilmektedir (Zukowska ve Bızıuk, 2008: 21).

Son zamanlarda gıda ile temas eden ambalajlardan, pişirme vb. ekipmanlardan gıdalara ağır metal geçişi konusu üzerinde sıkça durulmaktadır. Gıda ile temas sonrasında ortaya çıkan madde geçişi olayı ‘migrasyon’ olarak tanımlanmaktadır (Biricik, Çöplü ve Dağdelen, 2015: 2). Gıdalar muhafaza edildikleri materyallerden, mutfaklarda pişirmede kullanılan ekipmanlara kadar birçok unsurla yakın temas halindedir. Dolayısıyla pişirme ile birlikte gıdanın mevcut ağır metal yükünde değışiklikler gözlemlenebilmektedir. Pişirme; yiyecek maddelerinin belirli bir süre ısı ile muamele edilerek tatlarının, kıvamlarının, renklerinin, şekillerinin ve yapılarının değıştirilmesi suretiyle yenilebilir özellik kazandırılması olarak tanımlanır (Eraslan, 2013: 115). Temel pişirme yöntemleri ise; suda pişirme yöntemleri, buharda pişirme yöntemleri, kuru ısıda pişirme yöntemleri ve yağda pişirme yöntemleri olarak sınıflandırılır (Dağ, 2006: 113).

Mutfaklarda kullanılan temel pişirme ekipmanları olan tencereler, tavalar, tepsiler ve ızgaralar gibi gıdalarla direkt temas halinde olan materyallerin, gıdalarla reaksiyona girerek gıdaların lezzetinde ve yapısal özelliklerinde değışikliğe neden olmaları gerekmektedir (McGee, 2004: 787; Gisslen, 2011: 55-56). Yapılan bir takım çalışmalar özellikle pişirme sırasında kullanılan ekipmanlardan gıdalara ağır metal geçişinin olduğunu ortaya koymuştur. Bahsi geçen bu pişirme ekipmanlarının yapımında kullanılan temel malzemeler ise; bakır, alüminyum, demir, çelik, gümüş, emaye kaplama, teflon kaplama vb. materyallerdir (Baş, 2004: 179-180; McGee, 2004: 789-791).

Pişirme ekipmanlarından gıdalara geçebilecek olan ağır metal miktarı başta az olarak görülse de zaman içerisinde insan sağlığını ciddi derecede tehlikeye sokabilecek bir hl alabilmektedir. Dünyada ve ülkemizde insan sağlığını tehlikeye sokabilecek ağır metallerin tolere edilebilir limitleri yasal sınırlarla belirlenmiştir. Fakat gıda ile temas eden maddelerin migrasyon değerlerine ilişkin limitler ile ilgili AB’de ve ülkemizde henüz bir mevzuat bulunmamaktadır (Biricik, pl ve Dağdelen, 2015: 2).

Bu tez çalışmasında endüstriyel ve evsel mutfaklarda sıklıkla kullanılan elik, teflon, alüminyum ve bakır pişirme ekipmanlarından pişirme ve depolama ile gıdalara ağır metal geçişinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda veriler yasal limitlerle karşılaştırılarak, mutfakta kullandığımız ekipmanlar insan sağlığı yönünden değerlendirilecektir.

BİRİNCİ BÖLÜM AĞIR METALLER

1.1. Ağır Metal Kavramı

Uluslararası Saf ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC)'ne göre ağır metaller ile ilgili herhangi bir standartlaşmış tanım bulunmamaktadır (Pourret ve Bollinger, 2018: 419). Ağır metaller ile ilgili yoğunluğuna, atomik ağırlığına, kimyasal özelliklerine veya toksisitesine bağlı olarak birçok ayrı tanımlama yapıldığı görülmektedir (Özbolat ve Tuli, 2016: 503). Temel olarak ağır metaller yüksek yoğunluğa sahip olan ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki gösterebilen metaller olarak tanımlanmaktadır (Kan, 2015: 10). Kimyasal olarak bakıldığında ise özgül ağırlığı 5 gr/cm^3 'den daha büyük olan elementler ağır metaller olarak tanımlanır (Göhre ve Paszkovski, 2006: 1115).

Ağır metaller; metaller grubunun bir alt grubudur ve periyodik tablonun geçiş elementleri kısmında bulunurlar (Singh et al., 2011: 246). Ağır metal terimindeki 'Ağır' kelimesi yüksek yoğunluğu temsil ederken, 'Metal' ise bilinen metalik veya saf elementleri temsil etmektedir (Duffus, 2002: 795). Ağır metal grubu yaklaşık olarak 70 kadar element içermektedir. Bununla birlikte bu elementlerden yaklaşık 20 tanesi insan ve ekoloji için hayati öneme sahiptir. Mangan (Mn), Demir (Fe), Çinko (Zn), Bakır (Cu), Kobalt (Co), Krom (Cr), Kurşun (Pb), Civa (Hg), Arsenik (As), Alüminyum (Al), Gümüş (Ag) gibi elementler bilinen önemli ağır metallerden bazılarıdır (Okçu vd., 2009: 17). Canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için ihtiyaç duydukları ağır metallere gerekli ağır metaller, kısmen ihtiyaç duydukları ağır metallere kısmen gerekli ağır metaller ve insan sağlığı için zararlı olan ağır metallere de zehirli ağır metaller denilmektedir (Çay, 2014: 10). Arsenik (As), Krom (Cr), Kurşun (Pb), Kadmiyum (Cd) gibi elementler zehirli, Bakır (Cu), Çinko (Zn), Selenyum (Se), Demir (Fe) gibi elementler gerekli, Nikel (Ni), Kobalt (Co), Vanadyum (V) gibi elementler ise kısmen gerekli elementler olarak bilinirler (Gu, Huang ve Lin, 2016: 90; Tawfik, 2013: 95). Kadmiyum (Cd) ve Kurşun (Pb) en

toksik kanserojenler olarak bilinirler. Kurşun düşük konsantrasyonlarda bile ölüme sebebiyet verebilirken, kadmiyum kansere ve ciddi hücre hasarlarına sebebiyet verebilmektedir (Yasmeen et al., 2015: 579). Krom (Cr), Mangan (Mn), Çinko (Zn), Bakır (Cu) ve Demir (Fe) gibi ağır metaller vücuttaki biyolojik aktiviteler için optimum miktarlarda gereklidir, ancak fazla miktarlarda vücuda alındıklarında sağlık sorunlarına yol açtıkları da bilinmektedir (Mohammed ve Khamis, 2012: 588). Ağır metallerin ekolojik olarak sınıflandırılması Tablo 1.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Bazı ağır metallerin ekolojik olarak sınıflandırılması (Çay, 2014: 11)

Element	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Canlı için gerekli mi?	Kirletici mi?
Gümüş (Ag)	10,5	Hayır	Evet
Kadmiyum (Cd)	8,7	Hayır	Evet
Krom (Cr)	7,2	Evet	Evet
Bakır (Cu)	8,9	Evet	Evet
Demir (Fe)	7,9	Evet	Evet
Civa (Hg)	13,6	Hayır	Evet
Kurşun (Pb)	11,3	Hayır	Evet
Nikel (Ni)	8,9	Evet	Evet
Kalay (Sn)	7,3	Hayır	Evet
Çinko (Zn)	7,1	Evet	Evet

1.2. Ağır Metallerin Bulaşma Kaynakları

Ağır metallerin birçok bulaşma kaynağı olmasına rağmen en önemli bulaşma kaynağı günlük diyetteki yemeklerimiz aracılığıyla maruz kaldığımız ağır metallerdir (Naseri et al., 2014: 66). Bunun yanı sıra ağır metaller insanlara ve çevreye doğal kaynaklı bulaşanlar ve insan kaynaklı bulaşanlar olarak iki şekilde bulaşmaktadır. Minerallerin hava ve rüzgâr yardımıyla taşınması, volkanik patlamalar ve erozyon ağır metallerin doğal olan bulaşma kaynaklarının başında gelmektedir. Endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtlar, madencilik, termik santraller ve tarımsal faaliyetler (pestisitler, gübreleme, vb.) ise insan kaynaklı bulaşma yollarından bazılarıdır (Chehregani ve Malayeri, 2007: 462). Özellikle endüstriyel faaliyetler sonucu havaya karışan baca gazları ve egzoz dumanları havanın kirlenmesinde büyük bir etkidir. Havaya bu şekilde karışan ağır metaller yağmurlar ile beraber toprağa yayılmaktadır.

Toprağı kirleten bir diğer unsur da kanalizasyondur. Kanalizasyonun dışında pestisitler, gübreler, zirai üretimde kullanılan diğer kimyasallar meyve ve sebzeleri ağır metaller yönünden kontamine ederek, insan sağlığını tehlikeye sokmaktadır (Güleç, 2013: 38-39). Bu bulaşma kaynaklarından meydana gelen kirlenmelere bağlı olarak insan ve hayvan sağlığı ciddi şekilde tehlikeye girmektedir (Algan, 2002: 2). Tablo 1.2.'de bazı ağır metallerin bulaşma kaynakları gösterilmiştir.

Tablo 1.2. Bazı ağır metaller ve bulaşma kaynakları (Özyürek, 2016: 8-9)

Element	Metal İşleme	Endüstri	Hava	Tarım	Atıklar
<i>Fe</i>	√			√	√
<i>Cd</i>	√	√	√	√	√
<i>Hg</i>	√	√	√		√
<i>Pb</i>	√	√	√	√	√
<i>As</i>	√		√	√	√
<i>Zn</i>	√	√	√	√	
<i>Cu</i>	√	√	√	√	√
<i>Ni</i>	√	√			
<i>Cr</i>	√	√	√		√
<i>Al</i>		√			
<i>Sn</i>		√			

1.2.1. Toprak

Toprak, atmosferdeki metallerin birincil bulaşma kaynağıdır ve bu yüzden doğadaki genel metal döngüsünde temel bir rol oynar. Toprakta bulunan ağır metallerin çevreye yönelik potansiyel birçok tehlike teşkil ettiği bilinmektedir. Toprağın kendi yüzeyinde veya su altında sediment adı verilen çökeltiler bulunur. Bu çökeltilerdeki ağır metaller hem doğal hem de yapay kaynaklı olabilirler. Yine bu çökeltiler besin ağına girerek sağlık problemlerine yol açabilmektedirler (Xu et al., 2018: 194). Doğrudan beslenme, deri teması, toprak-gıda etkileşimi, solunum ve ağız yoluyla emilim gibi şekillerle insan vücuduna girerek sağlığı tehlikeye sokabilmektedirler (Liu et al., 2013: 530). Ağır metaller bitkiler tarafından topraktan alınıp, yine bitkilerin tüketilmesi yolu ile de insanlara geçebilmektedir (Notten et al., 2005: 178).

Liu ve arkadaşlarının (2013) Çin’de gerçekleştirdikleri araştırmada tarım, endüstri, maden faaliyetleri ve trafik yoğunluğu gibi etmenlerle kontamine olmuş toprakta yetişen bazı sebzelerin ağır metal yükleri analiz edilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde sebzelerin kurşun, kadmiyum, krom, civa ve arsenik seviyelerinin Çevre Koruma Ajansı (EPA)’nın belirlediği limitlerden daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

1.2.2. Zirai İlaçlar ve Gübreler

Ağır metaller organik veya inorganik gübrelerin tarımsal faaliyetlerde uygulanması nedeniyle toprağa geçebilmektedir. Gübreleme ağır metallerin önemli bir kaynağıdır. Meyve üretim alanlarında ve seralarda aşırı kimyasal ilaç kullanımı ve organik gübrelerin uzun süreli kullanımı topraklarda ağır metal birikimini artıran önemli faktörlerdir (Atafar et al., 2010: 83-84). Ayrıca zararlı ot, böcek ve mantarları yok etmek için kullanılan pestisitlerin içeriğinde bulunan metaller, zirai mücadele yapılırken toprağın ağır metal yükünü artıran diğer bir unsurdur (Çay, 2014: 8).

1.2.3. Endüstriyel Faaliyetler

Ağır metallerin endüstriyel olarak çevreye bulaşmasındaki en büyük rolü çimento üretimi, demir-çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma gibi sanayi kolları üstlenmektedir (Kan, 2015: 11). Yeraltında bulunan depolama amaçlı tanklardan sızan sızıntılar, tarımsal atıklar, yine uygunsuz şekilde yapılan endüstriyel uygulamalar, madencilik faaliyetleri, atık kimyasalların toprak altına enjekte edilmesi başlıca kirletici uygulamalar arasındadır (Yılmaz vd., 2014: 55).

Endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucu oluşan atıkların nehirlerle boşaltılmasını takiben ağır metaller asılı çökelti tarafından absorbe edilir. Daha sonra bu çökelti nehir yatağında yüzey sedimentinin bir parçası olarak çöker. Bu çökeltinin özellikle yer altı sularını kirlettiği bilinmektedir (Yi et al., 2017: 295). Konuyla ilgili olarak Japonya’da bulunan maden ocaklarının etrafında yetişen pirinçlerde kadmiyum miktarının yüksek çıkmasının ve İngiltere’de yetiştirilen sebzelerde

yüksek kadmiyum bulunmasının nedeninin maden çalışmalarından sızan atık su olduğu bildirilmiştir (Türközü ve Şanlıer, 2014: 31).

1.2.4. Hava Kirliliği

Egzoz gazı atmosferdeki hava kirliliğinin %60'ını oluşturmaktadır. Bu oran içerisinde havaya partikül halinde yayılan kurşun, civa, nikel, kadmiyum gibi ağır metaller de yer almaktadır (Bingöl vd., 2010: 63). Egzoz gazı ile birlikte eser miktardaki metaller havaya gönderilir ve bu metaller daha sonra bitkiler tarafından absorbe edilerek toprağa bırakılırlar (Abechi et al., 2010: 98).

Türkiye’de Aras Vadisi’nde yapılan bir çalışmada otoyol kenarında yetiştirilen meyvelerde egzoz gazı kaynaklı hava kirliliğinin, meyvelerdeki ağır metal miktarına etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak meyve örneklerinde kurşun, çinko ve kadmiyum miktarlarında artış gözlenmiştir. Nikel, krom, demir ve mangan içeriğinin ise kirletici seviyelere ulaşmadığı görülmüştür (Pehlivan vd., 2015: 1302).

1.2.5. Atık Sular ve Kanalizasyon

İşlenmemiş kanalizasyon atıklarının araziye bırakılması uzun vadede topraktaki ağır metal seviyesini artırabilir. Atık sularla sulanan topraklarda krom, çinko, kurşun, kadmiyum, nikel gibi ağır metallerin varlığı tespit edilebilmektedir. Su kirliliği açısından en önemli ağır metaller Çinko (Zn), Bakır (Cu), Kurşun (Pb), Kadmiyum (Cd), Civa (Hg), Nikel (Ni) ve Krom (Cr)’dur. Bu elementlerin bilinen bir biyolojik fonksiyonları olmamalarına karşın toksik elementlerdir. Yapılan araştırmalar, atık sularla kirlenmiş topraklarda ağır metallerin bitkiler, hayvanlar ve insanlar için potansiyel toksik risk taşıdığını göstermiştir (Chary, Kamala ve Raj, 2008: 513; Tawfik, 2013: 95).

Endüstriyel ya da belediye şebekesi atık suyu kolay temin edilebilir olması ve tatlı su kıtlığı nedeniyle bitkilerin sulanması için sıkça kullanılmaktadır. Lakin sulamada kullanılan atık suların toprağın ağır metal içeriğini artırdığı bilinmektedir (Arora et al., 2008: 811). Kanalizasyon sistemleriyle toplanan kentsel atık sularının

içerisinde evsel veya endüstriyel kaynaklı bir takım inorganik maddeler bulunmaktadır. Bilhassa endüstriyel atıkların kanalizasyona verilmesiyle birlikte arsenik, kadmiyum, krom, bakır, kurşun, civa, çinko gibi zehirli ağır metaller suya ve toprağa karışabilmektedir (Kukul, Çalışkan ve Anaç, 2007: 102).

1.2.6. Gıda İşleme Araç-Gereçleri

Gıda işlemede kullanılan araç-gereçler ağır metallerin bir başka bulaşma kaynağıdır. Gıda işleme ve hazırlama işlemi, gıda maddelerinde ağır metal varlığından sorumlu olan mutfak eşyalarının kullanılmasını gerekli kılar. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte gıda işlemeye uygun, kaliteli çelik araç ve gereçler kullanılarak, ağır metallerin gıdalara bulaşmasının önüne geçilmiştir. Son olarak bahsi geçen araç-gereçlerin temizliğinde kullanılan kimyasalların paslanmaz çelik materyallerde arsenik, kurşun ve kadmiyum geçişine sebep olduğu da bildirilmiştir (Türközü ve Şanlıer, 2014: 32; Uriah, Dungrit ve Rhoda, 2014: 36).

1.2.7. Pişirme Ekipmanları

Ağır metaller, gıdalarda yüksek konsantrasyonlarda bulunmaları halinde insanlarda ciddi sağlık sorunlarına neden olabilen çevre kirleticilerdir. Çalışmalar pişirme aletlerinin sızıntı yoluyla gıdalara ağır metal bulaştırdığını ortaya koymuştur. Bu bulaşmanın pişirme işlemi ve depolama ile gerçekleştiği, aynı zamanda da arttığı söylenmektedir (Said, 2015: 73). Pişirme ekipmanlarından gıdalara ağır metal geçişinin gerçekleşmesiyle ilgili yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Örneğin; yapılan bir çalışmada (Ogidi, Sridhar ve Coker, 2017: 1), pişirme araçlarının işlem esnasında bazı eser metallerin yiyeceklere bulaşabileceğini ve bu bulaşmanın gıdalardaki ağır metal konsantrasyonlarında hafif bir artışa neden olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada incelenen ağır metaller içerisinde kurşun, nikel, çinko seviyelerinin güvenilir sınırlar içerisinde olduğu, alüminyum, demir ve krom seviyelerinin ise kabul edilebilir limitin üzerinde olduğu saptanmıştır.

Paslanmaz çelikler iyi ısı iletimi ve aşınmaya karşı dirençli olmaları sebebiyle gıda ve içecek endüstrisinde sıklıkla kullanılmaktadır. Kullanılan çelik ekipmanlarda

asitli gıdalar pişirildiğinde ya da bekletildiğinde, pişirme ve bekletme süresine bağlı olarak gıda maddelerine nikel ve kromun geçtiği ortaya koyulmuştur (Kamerud, Hobbie ve Anderson, 2013: 2-3). Bununla birlikte pişirme yönteminin yiyeceklerin ağır metal içeriğinde etkili bir faktör olduğu da bilinmektedir (Naseri et al., 2014: 65).

Demir; krom, mangan, molibden gibi bazı metallerin yanı sıra nikel ile birlikte çeşitli mutfak gereçlerinde kullanılmaktadır. Özellikle dökme demir tavalara ve tencereler gibi materyallerde şarap veya domates gibi yüksek asitli gıdalar kimyasal tepkime sonucu demir emilimini artırabilmektedir (Tesfaye, 2015: 18).

Kil kaplar içerdikleri kurşun ve kadmiyum gibi ağır metalleri gıda maddelerine bulaştırabilmektedir. Yapılan bir çalışmada asitli gıdaların kil tencerelerde pişirilmesiyle birlikte kil kaplardan gıdaya ciddi miktarda kurşun, kadmiyum ve demirin geçtiği ortaya koyulmuştur (Nsengimana et al., 2012: 52).

Pişirme ekipmanlarının yeni veya eski olma durumunun da ağır metal geçişinde etkili bir faktör olduğu düşünülmektedir. Yapılan bir çalışmada yeni alınan kaplardan gıdalara kadmiyum ve krom geçişi incelenmiştir. Analiz sonucunda kadmiyum geçişinin eski kaplarda, yeni kaplara nazaran daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Krom geçişinin eski ve yeni kaplarda kısmen aynı oranlarda olduğu açıklanmıştır (Temidayo, 2011: 45).

Alüminyum kaplarla ilgili yapılan bir çalışmada (Dabonne et al., 2010: 90), alüminyum tencerelerin gıdaları kontamine ettiği ortaya koyulmuştur. Geleneksel alüminyum tencerelerde pişirilen pirincin alüminyum içeriğinin 1,6 mg/g'dan 18,1 mg/g'a çıktığı görülmüştür. Yine alüminyum kaplarda asitli yiyeceklerin pişirilmesi ve alüminyum folyo kullanımının gıdalara alüminyum geçişini ciddi derecede artırdığı tespit edilmiştir (Bassioni et al., 2012: 4498). Gıdalarla temas eden ambalaj malzemelerinden de alüminyum geçişinin olduğu yapılan çalışmalarla ortaya koyulmuştur. Bu bağlamda çikolatada 1.73 mg/kg, gazozda 0.64 mg/kg, kolada 0.30 mg/kg, şeftali suyunda 1.39 mg/kg, eritme peynirde 0.93 mg/kg ve dondurmada ise

0.68 mg/kg ambalaj materyali kaynaklı alüminyum tespit edilmiştir (Biricik, Çöplü ve Dağdelen, 2015: 1).

1.3. Gıdalara Kontamine Olabilen Ağır Metaller

Yoğunlukları nedeniyle ‘ağır metaller’ olarak tanımlanan kurşun, alüminyum, krom, kalay, kadmiyum, titanyum gibi ağır metallerden oluşan yaklaşık 70 kadar element hava, su, toprak ve besinler aracılığıyla vücuda alınmaktadır (Dündar ve Aslan, 2005: 2). Hava, toprak ve su kirliliği gıda maddelerinde Kadmiyum (Cd), Kurşun (Pb) ve Civa (Hg) gibi zararlı elementlerin varlığını önemli ölçüde artırmaktadır (Orisakwe et al., 2012: 1). Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2000) gıda katkı maddeleri ve toksisitesi üzerine uzun süreli değerlendirme çalışmalarından sonra Kurşun (Pb), Civa (Hg) ve Kadmiyum (Cd) gibi bazı metallerin düşük seviyelerde bile insanlarda hastalıklara neden olabileceği sonucuna ulaşmıştır. Aynı zamanda Toksik Madde ve Hastalık Kayıt Ajansı (ATDSR)’nın 2007 yılında açıkladığı öncelikli tehlikeli maddeler listesinde Kurşun (Pb), Civa (Hg) ve Kadmiyum (Cd)’un ilk on içerisinde yer aldığı belirtilmiştir (Örün ve Yalçın, 2011: 73).

Genel anlamda besinlerin tüketilmesiyle birlikte vücuda alınan ağır metaller, miktara ve vücutta tutulma süresine bağlı olarak kanser ve kardiyovasküler bozukluklar gibi ciddi bazı sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Jarup, 2003: 179). Bunun yanında kalp, beyin, böbrek, kemik ve karaciğer gibi organları tahrip ederek, bu organların metabolik işlevlerini yerine getirmelerini engellemektedir (Uriah, Dungrit ve Rhoda, 2014: 35). Ayrıca ağır metallerle kirlenmiş yiyeceklerin tüketilmesi bağışıklık sisteminin zayıflamasına, büyüme ve gelişmede bazı sorunlara ve bazı anormal psiko-sosyal davranışlara sebep olmaktadır (Orisakwe et al., 2012: 1). Gong, Sakurai ve Kada (2015) yapmış oldukları bir çalışmada eğitim seviyesi yüksek kişilerin sağlığı tehlikeye sokacak gıda güvenliği ile ilgili unsurlara, özellikle de ağır metaller konusuna önem vererek bu riskleri azaltacak önlemler almaya çalıştıklarını ortaya koymuştur.

1.3.1. Kurşun (Pb)

Kurşun vücutta herhangi bir görevi olmayan toksik bir metaldir. Maden çalışmaları nedeniyle yüzeye çıkartılması ve kullanılması ile biosfere yayılmış, endüstriyel faaliyetlerle birlikte insan vücuduna alımı artmıştır (Yapıcı, Can ve Şahin, 2002: 197). Kurşunun beslenme açısından gerekli olup olmadığı ise tartışma konusudur. Günlük beslenme ile alınan kurşunun %5-10'unun vücut tarafından emildiği bilinmektedir. Kurşun vücuda yüksek dozda alındığında kemiklerde, saçta, karaciğerde ve böbreklerde birirmektedir. Vücuttaki kurşunun %10-20'si idrar yoluyla atılırken, başlıca atılımı safra ile gerçekleşmektedir (Güleç, 2013: 52).

Kurşun; gıdalarda doğal olarak veya katkı maddesi olarak bulunabilmektedir. Bu bağlamda konserve yapmanın besinlerin içerdiği kurşun oranını artırdığı söylenmektedir. Deniz ürünleri et, su, tahıllar, meyveler ve sebzeler kurşun ihtiva eden bazı gıda maddeleridir (Türközü ve Şanlıer, 2012: 75). Kurşunun geçmiş yıllardan beri boru, oluk, tabak, para, dekoratif süsleme, yemek takımlarının parlatılması, kozmetik ve çeşitli gıda maddelerinin daha tatlı hale getirilmesi gibi amaçlarla kullanıldığı da bilinmektedir (Dündar ve Aslan, 2005: 1).

Kurşun; çevreye ve insanlara en çok zarar veren ağır metaldir. Genel anlamda canlılarda sinir sistemine, böbreklere ve kalbe ciddi hasarlar vermektedir. Aynı zamanda oldukça uçucu olan ve hava yoluyla da maruz kalınan kurşunun (Tembo, Sichilongo ve Cernak, 2006: 197) körlük, anemi ve D vitamini metabolizmasında olumsuz etkiler yaptığı bildirilmiştir (Piomelli, 2002: 1285; Türközü ve Şanlıer, 2014: 33). Kurşun, nörolojik ve gastrointestinal rahatsızlıklar ve onkojenik etkiler gibi birçok etkiye sahiptir. Bunun yanı sıra hemen hemen her organı etkileyebilen, çocuklarda zihinsel performansa ve üreme sistemine zarar verebilen bir nörotoksindir (Rehman et al., 2017: 1590).

1.3.2. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum; insan ve hayvan sağlığını tehlikeye sokarak çevresel ve mesleki zehirleyici olarak endişe yaratan, toksik bir ağır metaldir (Nazima, Manoharan ve

Miltonprabu, 2016: 428). Zehirli bir ağır metal olan kadmiyum; doğada her yere dağılmış halde bulunan bir kirleticidir (Messner et al., 2016: 1699). Ayrıca kadmiyum doğada saf halde değil, iz düzeyde çinko ile birlikte bulunur (Yalçın, 2009: 12).

İnsan vücuduna alım kaynağı genellikle içme suları, deniz ürünleri ve ambalaj materyalleri olan kadmiyum; vücuttan kolay atılamamakta ve dokularda birikmektedir. İnsan vücudunda özellikle böbreklerde, kemiklerde ve karaciğerde ciddi tahribatlara, aynı zamanda demir metabolizmasında önemli rahatsızlıklara neden olmaktadır (Türközü ve Şanlıer, 2012: 77; Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010: 33). Kadmiyum topraktan köklerin ağır metalleri alması sebebiyle bazı sebze ve meyvelerde köklerde birikmektedir. Bu nedenle yıkama ve soyma gibi işlemler kadmiyum seviyesini azaltmamaktadır (Cederberg et al., 2015: 30). Son olarak kadmiyumun vücutta fazla olduğu zaman çinkoya bağlı enzimleri ve demir emilim sistemini tahribata uğrattığı, buna bağlı olarak hastalıklara sebep olduğu bilinmektedir (Günhan ve Yalçın, 2015: 61).

1.3.3. Civa (Hg)

Civa; doğada oda sıcaklığında sıvı halde bulunan tek metalik elementtir. Doğada her zaman özgürce hareket ettiği için tüm canlı organizmada az miktarda bulunur (Oruç vd., 2016: 221). Civa; organik ve inorganik formlar halindedir ve toksik özelliğinden dolayı sağlık ve gıda alanında bilinen bir ağır metaldir (Bal et al., 2015: 259). Civanın insan sağlığını tehdit edebilmesi için havadaki tanecik miktarının 10 mg/m³'ün üzerinde olması gerekmektedir (Akcan ve Dursun, 2008: 73).

Özellikle balık, et ve bazı süt ürünlerinde yoğun bulunduğu bilinen civa; nörolojik bazı bozukluklara, kan ve beyin hücrelerinde ciddi hasarlara, sonuç olarak da vücutta fazla birikimiyle birlikte ölümlere sebep olmaktadır. Bunun yanı sıra zehirlenme, görme ve konuşma bozuklukları civanın insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinden bazılarıdır (Türközü ve Şanlıer, 2012: 77; Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010: 33).

Civa birçok gıdada <1-50 µg civarında bulunabilmektedir (Türküzü ve Şanlıer, 2014: 35). Leblanc ve arkadaşları (2005) yaptıkları çalışmada bal, şekerleme ve tatlandırıcıların yüksek düzeyde civa içerdiğini ortaya koymuşlardır.

1.3.4. Arsenik (As)

Arsenik çevrede doğal olarak oluşan toksik bir eser elementtir ve gıdalardaki arsenik seviyeleri genellikle çevreye ait arsenik birikimi hakkında bilgi verir (Roychowdhury, Tokunaga ve Ando, 2003: 16). Endüstri, belediye atıkları, madencilik, insan faaliyetleri çevreye bulaşan arsenik için önemli kaynaklardır. Bunun yanı sıra zirai mücadelede kullanılan fungusitler, herbisitler, böcek öldürücüler ve gübreler, arsenik kontaminasyonuna neden olan diğer faktörlerdir (Hepp, Pratas ve Graça, 2017: 132).

İnsanlar inhalasyon (solunum) veya yutma yolu ile arseniğe maruz kalırlar. Her durumda deniz ürünleri ve su arsenik kontaminasyonuna en büyük katkıyı yapar (Devesa, Velez ve Montoro, 2008: 2). Suların potansiyel bir arsenik kaynağı olduğu göz önüne alındığında kaynak sularının ve termal suların, içme sularına kıyasla daha yüksek oranda arsenik barındırdığı görülmektedir (Türküzü ve Şanlıer, 2014: 35). Başkan ve Pala (2009) Türkiye’de yaptıkları bir çalışmada özellikle batı bölgelerindeki içme sularının arsenik içeriğinin yasal limitlerden daha fazla olduğunu ortaya koymuşlardır.

Arsenik; saç, deri ve tırnaklarda birikerek sarılık, siroz, anemi gibi hastalıklara, nörolojik rahatsızlıklara, deri, akciğer ve böbrek kanserine neden olmaktadır (Türküzü ve Şanlıer, 2012: 77; Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010: 33). Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) arseniği birinci sınıf kanserojen olarak sınıflandırmaktadır (Gray et al., 2015: 79). Aynı zamanda endokrin bozucu ve kanserojen olarak da bilinen arsenik cilt üzerinde kanser meydana getirebildiği gibi, iç organlarda da kanser meydana getirebilmektedir. Özellikle doğrudan güneş ışığına maruz kalma, yüksek sigara tüketimi ve mesleki bazı nedenlerden dolayı arseniğin insan derisi üzerindeki olumsuz etkileri artmaktadır (Shah et al., 2017: 1-2).

1.3.5. Alüminyum (Al)

Alüminyum; zehirli ağır metaller grubuyla kıyaslandığında daha zararsız bir element olarak karşımıza çıkmaktadır. Her ağır metalde olduğu gibi alüminyumun da vücuda yüksek konsantrasyonlarda alınması toksik etki yaratmakta ve ciddi sağlık problemlerini de beraberinde getirmektedir (Yalçın, 2009: 8).

İnsanlar günlük beslenmelerinde alüminyumu dört farklı şekilde almaktadırlar. Bunlar; içerisinde alüminyum bulunduran besinler, alüminyum kaplarla kontamine olmuş yiyecek-içecekler, ilaçlar ve içme suyudur. Günlük diyetle alınan alüminyum miktarı çalışmalarda farklılık gösterse de ortalama 20 mg/gün olarak kabul edilmiştir (Tayfur, Ünlüoğlu ve Bener, 2002: 305).

Alüminyum tencerede pişirilen yiyeceklerin ve alüminyum çaydanlıklarda yapılan çayın uzun yıllar tüketilmesi bazı sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Bu sağlık sorunları; besinlerin vücutta emiliminin azalması, sindirim sistemi bozuklukları ve bazı alerjik reaksiyonlar şeklinde karşımıza çıkmaktadır (Yalçın, 2009: 8).

Mutfaklarda pişirme işlemlerinde sıkça kullanılan bir gereç olan alüminyum folyolarla ilgili yapılan bir çalışmada ise alüminyum folyo ile kaplanıp pişirilen et ve tavuk ürünlerinin alüminyum içeriği incelenmiştir. Çalışmada pişirme işleminin, özellikle pişirme sıcaklığı ve süreye bağlı olarak alüminyum içeriğini artırdığını ortaya koymuştur. Çalışma sonucuna göre alüminyum folyoların ciddi sağlık riski taşıdığı ortaya koyularak, folyoların bir pişirme materyali olarak değil, ambalaj materyali olarak kullanılabileceği önerilmektedir (Khalil ve Seliem, 2014: 125). Aynı şekilde kıyma, domates suyu, sitrik asit, elma sirkesi, tuz ve baharat ilaveli yiyeceklerden materyal kaynaklı alüminyum geçişinin daha yoğun olduğu ve aşırı tüketimin ciddi sağlık sorunlarına neden olabileceği vurgulanmıştır (Bassioni et al., 2012: 4498).

Alüminyumun insan organizmasındaki Alzheimer etkisinin ne şekilde olduğu henüz tam olarak saptanabilmiş değildir. Diğer yandan Alüminyumun Alzheimer

hastalığına neden olduğu iddiasına yönelik yapılan çalışmalar bilim dünyasını ikiye bölmüştür. Bir gruba göre alüminyumun toksik etkisi doğrudan Alzheimer hastalığına neden olmaktadır. İkinci gruba göre ise Alzheimer hastalığına bağlı olarak düşen bağışıklıkla birlikte vücut alüminyumunu atamamakta ve alüminyum vücutta birikerek tahribata neden olmaktadır (Bharathi et al., 2008: 545; Yalçın, 2009: 8). Alzheimer hastalığı ve içme suyundaki alüminyum konsantrasyonu arasında bir ilişki bulunduğu için alüminyum, uzun yıllardır bütün dünyada su kalitesinin izlenmesinde önemli bir parametre haline gelmiştir (Bi, 1996: 85). Bu nedenle alüminyum çaydanlıkta çay demlenmesi halinde hem sudan hem de çaydanlıktan bulaşma olması sebebiyle mevcut alüminyum konsantrasyonunun artış gösterebileceği düşünülebilir.

Alüminyumun Alzheimer yanında sağlığı olumsuz etkileyen daha birçok etkisi bulunmaktadır. Konuyla ilişkili olarak yapılan çalışmalar alüminyum endüstrisinde çalışan işçilerin solunum yollarında ciddi tahribatlar olduğunu ortaya koymuştur. Bahsi geçen işçilerin solunum yollarında rastlanan en büyük rahatsızlık ‘Potroom Astımı’ olarak karşımıza çıkmaktadır (Krewski et al., 2007: 7).

Başka bir çalışmada alüminyumun iskelet sistemindeki olumsuz etkileri üzerinde durulmuştur. Bu bağlamda alüminyumun lomber omurga ve kalça kemiğinin gelişiminde olumsuz etkilere neden olabileceği açıklanmıştır (Yang et al., 2014: 1).

Alüminyum ile ilgili genel olarak kas sistemi, iskelet sistemi, kardiyovasküler sistem, endokrin sistemi, kan ve hematopoetik sistem üzerinde yarattığı olumsuz etkiler üzerinde durulmuştur (Deng et al., 2011: 248). Son olarak özellikle bebeklerde ve çocuklarda böbrek yetmezliği gibi ciddi rahatsızlıklara neden olması, alüminyumun sağlık açısından önemli olumsuz etkiler gösterdiğinin kanıtları arasındadır (Poole et al., 2010: 208). Campbell (2002), yapmış olduğu çalışmada nörodejeneratif (Alzheimer, parkinson gibi) hastalıklarda özellikle alüminyum ve diğer metallerin yüksek miktarlarına uzun süre maruz kalınmaması gerektiğini açıklamıştır.

1.3.6. Krom (Cr)

Vücut için gerekli bir element olan krom; insanlar tarafından günlük beslenme ile ortalama 30-200 µg kadar alınmaktadır (Kahvecioğlu vd., 2003: 10). İnsan sağlığı açısından bakıldığında kromun yağ ve karbonhidrat metabolizmasında kullanıldığı bilinmektedir. Krom yetersizliğinde ise glikoz emiliminde bozukluk ve kolesterol düzeyinde artış gibi rahatsızlıklar görülmektedir (Agarwal et al., 1997: 271).

Doğal ve dengeli beslenme sayesinde günlük krom gereksinimi (0,1-0,2 mg) besinlerimiz vasıtasıyla karşılanmaktadır (Baysal ve Küçükaslan, 2009: 333). Et, hububatlar, baharatlar ve bakliyatlar bilinen en iyi krom kaynaklarıdır (Kahvecioğlu vd., 2003: 11).

Son olarak gıda endüstrisinde ve evlerde pişirme materyali olarak kullanılan çelik tencerelerin yapımında %11,5-18 oranında krom kullanıldığı bilinmektedir (Baş, 2004: 180).

1.3.7. Nikel (Ni)

İnsanlar için kısmen gerekli elementlerden biri olan nikel; genel olarak sulu yiyecekler, su ürünleri ve özellikle de dip balıklarının tüketilmesiyle insanlara geçmektedir (Gu, Huang ve Lin, 2016: 92; Çokadar vd., 2003: 38). Vücuda alınan doza bağlı olarak nikel ve nikel bileşiklerinin kanserojen olduğu bilinmektedir (Barceloux, 1999: 239). Yüksek konsantrasyonlarda alınan nikel alerjik reaksiyonlarla birlikte böbrek, karaciğer ve kalp rahatsızlıklarına sebebiyet vermektedir (Yalçın, 2009: 11). Aynı zamanda solunum yolu rahatsızlıklarına, astım hastalığına ve cilt üzerinde bir takım tahribatlara sebebiyet verdiği bildirilmiştir (Barceloux, 1999: 251).

Son olarak mutfaklarda pişirme ekipmanı olarak sıkça kullanılan çelik materyallerin %8 oranında nikel içerdiği bilinmektedir (Baş, 2004: 180).

1.3.8. Demir (Fe)

İnsan beslenmesi için gerekli bir element olan demirin günlük alınması gereken miktar 20 mg/gün kadardır (Başol, Barutçuoğlu ve Bozdemir, 2007: 118). Demir hemoglobin, miyoglobin ve çok sayıda enzim içeren bir elementtir. Bu nedenle günlük diyetle önemli bir mineraldir (Aryapak ve Ziarati, 2014: 1229). Karaciğer, böbrek, sığır eti, jambon, soya fasulyesi ve yumurta en çok demir ihtiva eden besinlerdir (Cederberg et al., 2015: 34). Demir eksikliğinde ise doğrudan anemi (kansızlık) hastalığı görülmektedir (Özdemir, 2015: 11). Demir vücuda alınmadığı zaman otomatik olarak depolanan demir kullanılır. Vücut depo demir tükenene kadar ihtiyacını karşılamaya devam eder. Son evrede depo demir de tükenir ve anemi başlar (Koulaouzidis et al., 2009: 345).

Vücuda fazla alınan demir toksik etkiye neden olmakta, karaciğer, kalp hastalıkları ve kanser riskini artırmaktadır (Tekin, 2014: 14). Aynı zamanda vücutta biriken fazla demirin Parkinson hastalığına sebebiyet verdiği bilinmektedir (Yasmeen et al., 2015: 580). Vücuda yüksek dozda alınımıyla bir takım hastalıklara sebep olan demir, toprak ve endüstriyel kirleticilerle kontamine olmuş sularda bolca bulunmaktadır (Zogo et al., 2011: 1).

1.3.9. Bakır (Cu)

Hem doğal faaliyetler hem de insan faaliyetleri sonucu çevreye yayılan bakır (Yasmeen et al., 2015: 580), mutfaklarda geçmiş yıllardan beri pişirme ve saklama materyali olarak kullanılmaktadır. Bakır kapların kalaylanması sağlık için oldukça önemlidir. Kalaylanmayan bakır kaplar insan vücudunda toksik etkilere neden olarak ölümlere sebep olmaktadır (Baş, 2004: 179). Yüksek konsantrasyonlarda alınan bakır toksik etkiyle birlikte yaşamsal öneme sahip enzimlerin aktivasyonunu engelleyerek bazı sağlık sorunlarına zemin hazırlamaktadır (Yalçın, 2009: 9).

Flemming ve Trevors (1989) bakır veya bakır ile ilişkili kaplarla pişirilen gıdaların tüketilmesinin, bakır toksisitesine neden olabileceği ve bunun migren, baş ağrısı, hipotansiyon, anksiyete, adet öncesi sendrom, mide bulantısı, kusma, böbrek

ve karaciğer hasarı, solunum sayısında artış vb. gibi etkileri olduğu sonucuna varmışlardır.

1.3.10. Kalay (Sn)

Kalay; gıda endüstrisinde özellikle konservelerin ve pişirme materyali olarak kullanılan bakır kapların kaplanması için kullanılır. Kalay kullanmanın temel amacı ambalaj materyali veya bakır kapların gıda ile temasını kesmektir. Günlük yaşamımızda beslenme başta olmak üzere çeşitli etmenlerle az da olsa kalaya maruz kalmaktayız. Besinler aracılığı ile yasal sınırdan fazla alınan kalayın, mide rahatsızlıklarına, beklenmedik kramplara ve ishale neden olduğu bilinmektedir (Tekin, 2014: 18). Kalayın gıda mevzuatındaki yasal sınırı ise 200 ppm olarak belirtilmiştir (TGK, 2017).

1.3.11. Çinko (Zn)

Çinko; insan vücudunun hemen hemen bütün dokularında bulunur ve birçok enzimin yapısal bileşiminde rol oynar. Biyolojik olarak çinkonun fonksiyonları katalitik, yapısal ve düzenleyici olmak üzere üç türden oluşmaktadır. İnsanlar için başlıca çinko kaynağı et, karaciğer gibi hayvansal ürünlerdir. Özellikle yoksul ve gelişmekte olan ülkelerdeki bireylerde çinko eksikliğine bağlı olarak anemi, bağışıklık sisteminin güçsüzleşmesi, derinin pul pul dökülmesi gibi rahatsızlıklara rastlanılmaktadır. Ortalama bir erkeğin çinko gereksinimi 9.4 mg/gün iken, kadınlarda 6.8 mg/gün şeklindedir (Tatar, 2013: 12).

1.4. Ulusal ve Uluslararası Standartlar

Ülkemizde ağır metallerin yasal sınırlılıkları ile ilgili Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 5996 sayılı kanun doğrultusunda bir yönetmelik hazırlamıştır. Bu yönetmelik ağır metallerin maksimum limitlerinin yer aldığı 29.12.2011 tarihli, 28157 sayılı (3. Mükerrer) ‘Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği’ olarak bildirilmiştir (Türküzü ve Şanlıer, 2012: 77-78).

Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre bazı gıdaların tolere edilebilir ağır metal limitleri Tablo 1.3.'de verilmiştir.

Tablo 1.3. Türk gıda kodeksi bulaşanlar yönetmeliğine göre bazı gıdaların ağır metaller yönünden yasal limitleri (TGK, 2017)

	Gıda Maddesi	Maksimum Limit (mg/kg yaş ağırlık)
Kurşun (Pb)	Çiğ, ısıtılmış işlem görmüş ve süt bazlı ürünlerde yer alan süt	0,020
	Sığır, koyun, domuz ve kanatlı eti	0,10
	Balık eti	0,30
	Baklagil sebzeleri, tahıllar ve baklagiller	0,20
	Katı ve sıvı yağlar	0,10
	Sebzeler ve meyveler	0,10
	Gıda takviyeleri	3,0
Kadmiyum (Cd)	Sığır, koyun, domuz ve kanatlı eti	0,050
	Balık eti	0,050
	Tahıllar	0,10
	Kabuklular	0,50
	Kepek, rüşeym ve pirinç	0,20
	Sebzeler ve meyveler	0,050
Cıva (Hg)	Balıkçılık ürünleri ve balıkların kas etleri	0,50
	Gıda takviyeleri	0,10
	Fener, kalkan, turna, torik, mersin balığı gibi balıklar	1,0
Kalay (Sn)	Konserve gıdalar	200
	Teneke kutu içerisindeki alkolsüz içecekler	100
	Teneke kutu içerisindeki bebek ve çocuk ek gıdaları	50
	Teneke kutu içerisindeki bebek ve devam formülleri	50
	Teneke kutu içerisindeki bebekler için tıbbi diyet gıdalar	50

Gıdalarda bulunması gereken ağır metal limitleri Uluslararası boyutta incelendiğinde; JECFA (Gıda Katkıları FAO/WHO Uzman Komitesi), EC (Avrupa Topluluğu Direktifleri), EFSA (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi) ve CAC (Kodeks Alimentarius Komisyonu) gibi kuruluşların ağır metaller ile ilgili limitleri bulunduğu görülmektedir (WHO, 2017).

Tablo 1.4’de JECFA tarafından, Tablo 1.5’de ise EFSA tarafından tolere edilebilir limitleri belirlenen bazı ağır metaller yer almaktadır.

Tablo 1.4. JECFA' nın bazı ağır metaller için belirlediği tolere edilebilir limitler (WHO, 2017)

Ağır Metal	Tolere Edilebilir Limit
<i>Alüminyum (Al)</i>	2 mg/kg (haftalık)
<i>Arsenik (As)</i>	15 µg/kg (haftalık)
<i>Kadmiyum (Cd)</i>	0.007 mg/kg (haftalık)
<i>Bakır (Cu)</i>	0.5 mg/kg (günlük)
<i>Civa (Hg)</i>	4 µg/kg (haftalık)
<i>Kalay (Sn)</i>	14 mg/kg (haftalık)
<i>Demir (Fe)</i>	0.8 mg/kg (günlük)
<i>Çinko (Zn)</i>	0.3-1 mg/kg (günlük)
<i>Kurşun (Pb)</i>	0.025 mg/kg (haftalık)

Tablo 1.5. EFSA' nın bazı ağır metaller için belirlediği tolere edilebilir limitler (EFSA, 2017)

Ağır Metal	Tolere Edilebilir Limit
<i>Nikel (Ni)</i>	2.8 µg/kg (günlük)
<i>Civa (Hg)</i>	1.3 µg/kg (haftalık)
<i>Krom (Cr)</i>	0.3 mg/kg (günlük)
<i>Kadmiyum (Cd)</i>	2.5 µg/kg (haftalık)

Ağır metallerin önemli bir kaynağı olan içme suları ile ilgili yasal limitler 17.02.2005 tarihli ve 25730 sayılı Resmi Gazete de yayımlanmış olan, ‘İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik’ kapsamında belirlenmiştir. Yönetmelik (Anonim 2005)’te içme suları ile ilgili yer alan bazı limitler ise; Pb ve As: 10 µg/L, Cu: 2 mg/L, Cd: 5.0 µg/L, Hg: 1.0 µg/L, Ni: 20 µg/L, Se: 10 µg/L şeklindedir. Yine içme suları ile ilgili olarak ağır metal limitlerinin belirlenmesinde öncü kuruluş EPA’nın birçok ülke tarafından referans kabul edildiği bildirilmiştir (Türküzü ve Şanlıer, 2014: 40).

1.5. Ağır Metallerin Analizi

Gıdalarda ağır metal analizi gerçekleştirilirken kullanılan temel yöntemler; indüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometrisi (ICP-MS), indüktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektroskopisi (ICP-OES), atomik absorpsiyon spektroskopisi (AAS) ve atomik emisyon spektroskopisi (AES)'dir (Kan, 2015: 29-30).

ICP-MS teknolojisi çok sayıda örnek türünde, elementlerin eser miktarda belirlenmesi için kullanılan analitik bir yöntemdir. ICP-MS tekniği örneklerin yüksek sıcaklıktaki bir plazmaya gönderilerek moleküler bağlarının kırıldığı ve atomların iyonlaştırıldığı analitik bir tekniktir (Hou ve Jones, 2000: 1).

ICP-MS teknolojisinin genel kullanım alanları ise;

- Gıda sanayi,
- Çevre (Toprak, içme suyu, deniz suyu, atıklar),
- Tıp (Kan, saç, idrar),
- Jeoloji (Toprak, kaya),
- Ve savunma sanayi alanlarıdır (Kan, 2015: 31).

İKİNCİ BÖLÜM

PIŞIRME YÖNTEMLERİ VE EKİPMANLARI

2.1. Pişirme İşlemi

Piştirme; yiyeceklere belli bir süre ısı uygulayarak, tatlarını, renklerini, şekillerini ve kıvamlarını değiştirmek suretiyle yenilebilir özellik kazandırılması anlamına gelir. Piştirme işleminin gıdaların lezzetini artırma, sindirilebilir özellik kazandırma ve mikroorganizmaları yok etme gibi etkileri de bulunmaktadır (Tayar ve Hecer, 2016: 183).

Piştirme işlemi esnasında gıdalara uygulanan ısıнын aktarımı üç şekilde gerçekleşmektedir. Bunlar;

- *İletim*; Isının bir kap ya da yağ aracılığı ile yiyeceklere ulaştırılmasıdır.
- *Taşınma (Konveksiyon)*; Yiyeceklerin sıcak hava ile temas ederek pişirilmesi. Fırında piştirme yöntemi bu tür ısı aktarımına örnek olarak verilebilir.
- *Işıma*; Isının doğrudan gıda maddesine temas etmesiyle piştirme gerçekleşir. Izgara yöntemi bu tür ısı aktarımına örnek olarak gösterilebilir (Gisslen, 2011: 66-67).

Devesa, Velez ve Montoro (2008) çalışmalarında pişirmenin bir ısı işlem olduğunu ve gıdalara uygulanan ısı işlemelerin ağır metaller de dahil olmak üzere gıdanın yapısında bir takım dönüşümlere neden olabileceğini bildirmişlerdir.

Ersoy (2011) yaptığı bir çalışmada piştirme yöntemlerinin gıdalardaki ağır metal varlığına katkıda bulunabileceğini açıklamıştır. Bu çalışmada fileto balığın çeşitli piştirme yöntemleri (ızgara, kızartma, fırında piştirme ve mikrodalga piştirme) ile pişirildikten sonra ağır metal içerikleri analiz edilmiştir. Bu doğrultuda piştirme yönteminin kurşun ve arsenik konsantrasyonunda önemli bir fark yaratmadığı, ızgara

yönteminin balıktaki nikel ve krom miktarını, mikrodalga yönteminin ise yalnızca krom miktarını azalttığı gözlemlenmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar balığın pişirilmesiyle ilgili ızgara, mikrodalga ve fırında pişirme yöntemlerinin en uygun yöntemler olduğunu ortaya koymuştur.

2.2. Temel Pişirme Yöntemleri

Pişirme yöntemleri temel olarak; suda pişirme, buharda pişirme, kuru ısıda pişirme, yağda pişirme ve diğer pişirme yöntemleri olarak sınıflandırılmaktadır.

Tablo 2.1. Temel pişirme yöntemleri (Dağ, 2006: 113)

YÖNTEM	PIŞİRME ŞEKLİ
Suda Pişirme Yöntemleri	Ön Haşlama (Blanching)
	Hafif Ateşte Haşlama (Poaching)
	Haşlama (Boiling/Simmering)
	Kısık Ateşte Az Suda Pişirme (Brasing)
	Kendi Suyu İle Pişirme (Stewing)
Buharda Pişirme Yöntemleri	Buharda Pişirme (Steaming)
Kuru Isıda Pişirme Yöntemleri	Izgarada Pişirme (Grilling/Broiling)
	Fırında Kızartma (Roasting)
	Fırında Pişirme (Baking)
Yağda Pişirme Yöntemleri	Sote (Sauteing)
	Wok İçinde Karıştırarak Pişirme (Stir Frying)
	Derin Yağda Kızartma (Deep Fat Frying)
	Az Yağda Kızartma (Shallow Fat Frying)
Diğer Pişirme Yöntemleri	Mikrodalga Pişirme (Microwave Cooking)
	Vakum Altında Pişirme (Sous-Vide)

2.2.1. Suda Pişirme Yöntemleri

Suda pişirme yöntemi kısaca besinlerin su veya sos içerisinde pişirilmesi olarak tanımlanır (Dağ, 2006: 113). Suda pişirme yöntemleri genel olarak; ön haşlama, hafif ateşte haşlama, haşlama, kısık ateşte az suda pişirme ve kendi suyunda pişirme şeklindedir.

2.2.1.1. Ön Haşlama (Blanching)

Bir ön pişirme yöntemi olan blanching; yiyeceklerin kaynar suda hafifçe pişirilmesi olarak tanımlanabilir. Bu yöntemde kaynar suya daldırılan besinler haşlandıktan sonra buzlu suya daldırılarak şoklanır. Bu yöntem ile besinlerin renk, kıvam ve besin öğeleri gibi özellikleri korunmaktadır (Tayar ve Hecer, 2016: 188).

2.2.1.2. Hafif Ateşte Haşlama (Poaching)

Türk mutfağında poşe yapmak olarak da bilinen poaching yöntemi yiyeceklerin kaynama noktasının altındaki sıcaklıklarda (71-82°C) yavaşça pişirilmesi tekniğidir. Bu yöntemde daha çok narin ve kırılgan besinler pişirilmektedir. Türk mutfağından çılıbır, poşe yöntemiyle hazırlanan yiyeceklerle verilebilecek en iyi örnektir (Dağ, 2006: 114).

2.2.1.3. Haşlama (Boiling/Simmering)

Haşlama yöntemi; yiyeceklerin kaynama noktasına gelmiş veya kaynama noktasının üzerindeki bir sıcaklıktaki su veya sos içerisinde pişirilmesi işlemidir. Bu pişirme yönteminde yiyeceklerin bütün yüzeyi su ile temas halindedir, dolayısıyla eşit oranda pişme sağlanır (McGee, 2004: 784).

Morshey ve arkadaşları (2015) haşlama yönteminin gıdalara ağır metal geçişinin en az görüldüğü pişirme yöntemi olduğunu ortaya koymuşlardır. Ancak Joyce ve arkadaşlarının (2016) yaptığı bir çalışmada haşlama yöntemi ile demir (Fe), kurşun (Pb) ve bakır (Cu) konsantrasyonları artarken, çinko (Zn) ve mangan (Mn) konsantrasyonlarında azalma tespit edilmiştir.

2.2.1.4. Kısık Ateşte Az Suda Pişirme (Brasing)

İsminden de anlaşıldığı gibi brasing yöntemi besinlerin kısık ateşte ve az suda pişirilmesi işlemidir. Genelde kuru ısıda ve suda pişirme yöntemleriyle beraber kullanıldığı için kombine pişirme yöntemi olarak da isimlendirilir. Bu yöntemle verilebilecek en iyi örnek güveçtir (Dağ, 2004: 115).

2.2.1.5. Kendi Suyu İle Pişirme (Stewing)

Bu yöntem yiyeceklerin, özellikle et ve bazı sebzelerin küçük parçalar haline getirilerek kendi suyunda veya az miktarda su içerisinde pişirilmesi tekniğidir. Su ile beraber yağ ve çeşitli soslar da kullanılmaktadır (Dağ, 2004: 115).

2.2.2. Buharda Pişirme Yöntemleri

2.2.2.1. Buharda Pişirme (Steaming)

Bu yöntemde besinler haşlama yönteminde olduğu gibi kaynar suyun içerisinde değil de, kaynayan suyun buharı ile pişirilmektedir (McGee, 2004: 785). Oldukça sağlıklı olan bu pişirme yönteminde besin maddelerinin renginin ve besleyicilik özelliklerinin korunmasına karşın Türk mutfağında kullanımı oldukça kısıtlıdır (Dağ, 2004: 116).

2.2.3. Kuru Isıda Pişirme Yöntemleri

Kuru ısıda pişirme yöntemleri temel olarak ızgarada pişirme, fırında kızartma ve fırında pişirme şeklindedir.

2.2.3.1. Izgarada Pişirme (Grilling/Broiling)

Izgara yönteminde yiyecekler kontrollü bir şekilde ısı kaynağının altında veya üzerinde tutularak pişirilirler. Yiyecekler ısı kaynağının üzerinde pişiriliyor ise grilling, altında pişiriliyor ise broiling adını almaktadır. Isı kaynağı olarak ise kömür, elektrik veya gaz ile çalışan ızgaralar kullanılmaktadır (McGee, 2004: 783-784).

Yapılan bir çalışma deniz ürünlerinin tavada kızartılması ve ızgara yapılmasının balıktaki demir ve çinko miktarını artırdığını ortaya koymuştur (Kalogeropoulos et al., 2012: 3702). Joyce ve arkadaşlarının (2016) taze ve füme vahşi hayvan etlerindeki ağır metal düzeyleri üzerine farklı pişirme yöntemlerinin etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, ızgara yapmanın Fe ve Cu konsantrasyonlarını artırdığı, ancak Pb, Zn ve Mn konsantrasyonlarını azalttığı tespit edilmiştir.

2.2.3.2. Fırında Kızartma (Roasting)

Fırında et ve sebzelerin pişirilmesi yöntemi roasting olarak tanımlanır. Bu yöntemde besinler su eklenmeden kuru sıcak havanın etkisiyle pişirilmektedir. Genellikle et ve tavuğa uygulanan bu yöntemde yiyeceklerin kurumaması için belirli aralıklarda etlerin üzerine etin suyu ve yağı eklenmelidir. Bu yöntemle verilebilecek en iyi örnek kuzu tandır yemeğidir (Tayar ve Hecer, 2016: 192; Dağ, 2006: 117).

Ersoy ve arkadaşları (2006) yaptıkları bir çalışmada, mikrodalga fırında ve normal fırında pişmiş balıkların Pb konsantrasyonlarının pişirmeden önceki miktara göre önemli ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir.

2.2.3.3. Fırında Pişirme (Baking)

Yiyeceklerin çeşitli fırınlarda 150-175°C arasındaki ısı ve kuru hava ile pişirilmesi tekniğidir (Dağ, 2006: 118). Baking terimi genel anlamda fırında pişirilen hamur işi (ekmek, pasta, kek vb.) ürünlerinin pişirilmesinde kullanılır (Tayar ve Hecer, 2016: 192).

2.2.4. Yağda Pişirme Yöntemleri

Yağda pişirme yöntemleri genel olarak sote, wok tava içinde karıştırarak pişirme, derin yağda kızartma ve az yağda kızartma olarak dört şekildedir.

2.2.4.1. Sote (Sauteing)

Bu metot bonfile ve piliç eti gibi yumuşak yapıya sahip etlerin kızgın tavada çok az yağ ile pişirilmesi işlemidir. Bu yöntemde pişirilecek besin maddelerinin kendi sularını iyice çekmeleri istenir (Tayar ve Hecer, 2016: 194).

2.2.4.2. Wok İçinde Karıştırarak Pişirme (Stir Frying)

Bu yöntem sote yöntemi ile benzerlik gösterse de sote yöntemi ile kıyaslandığında daha fazla yağ kullanıldığı görülmektedir. Genellikle Asya

mutfağına özgü olan bu teknikte pişirme süresi sote yöntemine göre daha uzundur (Dağ, 2006: 119).

2.2.4.3. Derin Yağda Kızartma (Deep Fat Frying)

Derin yağda kızartma işlemi tava içerisinde yapılan standart kızartma işleminden farklı olarak gıdaların içi kızgın yağ dolu olan derin kaplarda kızartılması şeklindedir. Bu işlemin ilkesi kap içerisindeki yağın kaynama noktasından daha yüksek bir sıcaklığa ulaşması ve içerisine atılan besinin dış yüzeyinin kabuk bağlaması suretiyle pişirilmesidir (McGee, 2004: 786).

Kızartma işleminin özellikle de limon sosu ile yapıldığında yiyeceklerin içerisindeki ağır metal miktarını azalttığı düşünülmektedir (Morshey et al., 2015: 112; Ersoy vd., 2006: 748).

Joyce ve arkadaşlarının (2016) yaptığı bir çalışmada kızartma işlemi Fe, Cu ve Mn konsantrasyonlarını azaltırken, Zn ve Pb konsantrasyonlarını artırmıştır. Ersoy ve arkadaşları da (2006), kızarmış numunelerin As konsantrasyonlarında önemli ölçüde artış tespit etmişlerdir.

2.2.4.4. Az Yağda Kızartma (Shallow Fat Frying)

Az yağda kızartma işlemi genellikle bağ doku bakımından yumuşak etlerin pişirilmesinde kullanılan bir tekniktir. Bu yöntemle pişirilecek ürünler genellikle yumurta, un ve galeta unu gibi ürünlere batırılarak pişirilmektedir (McGee, 2004: 786). Bu yöneme verilebilecek en iyi örnek Karadeniz mutfağından hamsi tavadır (Dağ, 2006: 121).

2.2.5. Diğer Pişirme Yöntemleri

Diğer pişirme yöntemleri temel olarak mikrodalga pişirme ve vakum altında pişirme olarak sınıflandırılmaktadır.

2.2.5.1. Mikrodalga Pişirme (Microwave Cooking)

İkinci Dünya Savaşı'ndan bu yana gıdaları ısıtma uygulamaları için mikrodalga fırın kullanılması konusunda büyük gelişmeler yaşanmıştır. Zaman içerisinde mikrodalgaların gıdaları daha hızlı ve enerji verimliliği sağlayarak ısıttığı anlaşılarak mutfaklarda kullanımı daha yaygın bir hale getirilmiştir (Jones et al., 2002: 76).

Teknik anlamda mikrodalga fırınlar; elektromanyetik olarak dalga hızı 0,3-300 GHz ve dalga boyu 0.001-1 m olan ışınlar yayarak ısıtma sağlamaktadır (Kouchakzadeh ve Safari, 2015: 105).

Mikrodalga enerjisi gıda sektöründe yiyeceklerin pişirilmesi, ısıtılması, kurutulması, donuk gıdaların çözündürülmesi ve mikroorganizmaların yok edilmesi gibi amaçlar doğrultusunda sıkça kullanılmaktadır (Soyer ve Kolsarıcı, 1993: 35).

Mikrodalga fırınlar verimli ve hızlı olmalarına karşın gıdaları ne yazık ki eşit olmayan bir şekilde pişirirler. Genellikle gıda servisi yapan kuruluşlarda ısıtma işleminde kullanılan mikrodalga fırınlar, gıdaları ortalama 70°C'ye kadar ısıtabilmektedir (Hedeen, Reimann ve Everstine, 2016: 507).

2.2.5.2. Vakum Altında Pişirme (Sous-Vide)

Sous-Vide; vakum altında ve vakumlu torbalar içindeki gıdaları kontrollü sıcaklık, ısı ve zaman koşullarında pişirme olarak tanımlanır (Baldwin, 2012: 15). Bu yöntem yiyecekleri (balık, et ve sebze vb.) ürüne özgü sıcaklıklarda ve vakum torbalarında pişirip, bunu takiben hızla soğutup, buzdolabı sıcaklığında depolama uygulamalarını içermektedir. Restoranlarda ve hazır yemek firmalarında yaygın olarak kullanılan sous-vide yöntemi, vakum paketlemeye bağlı olarak oksijen içermemesi ve gıdalara hafif ısı uygulanması nedeniyle yiyeceklerin dokusunu, rengini ve lezzetini olumlu yönde geliştirmektedir (Munoz et al., 2017: 759).

2.3. Pişirme Ekipmanları

Mutfaklarda kullanılan başlıca pişirme ekipmanları tencereler, tavalar, ızgaralar ve tepsilerdir (Gisslen, 2011: 55-56).

2.3.1. Tencereler

Ticari mutfaklarda ve ev mutfaklarında çeşitli boyutlarda bulunan tencereler bir pişirme aracı olarak kullanıldığı gibi saklama materyali olarak da kullanılmaktadır. Bakır, alüminyum, emaye, teflon, paslanmaz çelik veya camdan yapılmış olabilen tencerelerin kulpları sağlam ve güvenli olmalıdır (Baş, 2004: 207).

2.3.2. Tavalar

Tavalar düz sığ tencerelere benzerler fakat derinlikleri tencerelerden daha azdır. Tavalar kızartma, soteleme ve pişirme işlemlerinde kullanılabilirler. Son olarak tavalar da tıpkı tencereler gibi farklı materyallerden yapılarak, farklı derinlik ve ebatlarda bulunabilirler (Gisslen, 2011: 55).

2.3.3. Tepsiler

Kek, kurabiye ve diğer hamur işleri ile bazı et, balık ve sebzeleri pişirmek veya kavurmak için kullanılan, derinliği 25 mm, boyutları ise 46×66 cm veya 46×33 cm şeklinde olan ekipmanlardır (Gisslen, 2011: 56).

2.4. Pişirme Ekipmanlarının Yapımında Kullanılan Materyaller

Pişıirmede kullanılan ekipmanların yiyecek maddeleriyle kimyasal olarak reaksiyona girmemesi, dolayısıyla da yemeğin lezzetini ve özelliklerini değiştirmemesi gerekir. Ekipmanların aynı zamanda ısıyı eşit ve verimli bir şekilde iletmesi istenilen diğer bir özelliktir (McGee, 2004: 787).

Ancak ne yazık ki pişirme sırasında ekipmanlar bir takım aşınmalara uğrayarak gıdalara ağır metal bulaştırabilmektedir. Konuyla ilgili yapılan bir çalışma gümüş, alüminyum, bakır gibi elementlerin biyomoleküler kaynaklı korozyona bağlı

olarak pişirme ekipmanlarından çözelti yoluyla besinlere geçerek, insan sağlığı üzerinde potansiyel bir etki yarattığını ortaya koymuştur (Gupta et al., 2016: 4786).

Anderson, Bryden ve Polansky (1992) ile Ebong ve arkadaşlarının (2006) yapmış oldukları çalışmalar ise yemek pişirme kaplarının doğası, pişirme işlemi, depolama ve işleme yöntemlerinin gıdalardaki eser metal seviyelerini artırabileceğini göstermiştir.

Rittirong ve Saenboonruang (2018) yapmış oldukları çalışmada teflon kaplı alüminyum tava, yeni ve eski alüminyum tava kullanarak pişirdikleri pirinç örneğinde ağır metal geçişini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucu olarak en yoğun geçiş sıralamalı olarak $Al > Zn > Fe > Cu > Cr > As = Cd = Pb$ şeklinde gerçekleşmiştir.

2.4.1. Bakır

Isı geçirgenliği ve iletimi iyi olan bakır; paslanmaz ve sağlam yapıya sahip bir elementtir. Pahalı olması ve sürekli bakım gerektirmesi gibi olumsuz özellikleri mutfaklarda kullanımını oldukça kısıtlamıştır. Genellikle lüks restoranlarda görsel amaçlı bir unsur olarak sunumlarda kullanılmaktadır (Gisslen, 2011: 54).

Bakır kapların dış yüzeylerinde zaman içerisinde oksijenle temas sonucu kararmalar meydana gelir (McGee, 2004: 790). Ayrıca bakır kaplar belirli aralıklarla kalaylanma gereksinimi duyarlar. Kalaylanmamış kaplar insan sağlığını ciddi derecede tehlikeye sokmaktadır. Aynı zamanda asitli yiyeceklerin pişirilmesi için uygun olmayan bakır kapların endüstriyel mutfaklarda kullanımı oldukça sınırlıdır (Baş, 2004: 179).

2.4.2. Alüminyum

Alüminyum yer kürede çok bulunan bir metaldir, bu yüzden uzun yıllardır pişirme materyallerinde sıkça kullanılmıştır. Alüminyum, pişirme ekipmanlarının yapımında genellikle az bir miktar manganez veya bakır ile alaşım haline getirilerek kullanılır (McGee, 2004: 789-790).

Alüminyumun avantajı ısı iletimi iyi, paslanmaz, kolay temizlenebilen, dayanıklı ve ucuz bir metal olmasıdır. Ayrıca hafif olması sebebiyle de mutfaklarda oldukça sık tercih edilen bir materyaldir. Dezavantaj olarak da asit ve alkalilerden çabuk etkilenmesi gösterilebilir. Yumurta ve patates gibi alkali yiyecekler alüminyum kaplarda kararmalara neden olmaktadır (Baş, 2004: 179). Güçlü asidik yiyeceklerin alüminyum kaplarda uzun süre pişirilmesi ve saklanması çok tehlikelidir. Çünkü alüminyum gıdalarla reaksiyona girerek ağır metal salınımı ortaya çıkmaktadır (Gisslen, 2011: 54). Aynı zamanda alüminyum kaplarda pişirilen yiyeceklerle alüminyum geçişinin olması, anemi, bazı nörolojik bozukluklar ve Alzheimer'a neden olmaktadır (Tayar ve Hecer, 2016: 145; Stahl et al., 2017: 1).

Weidenhamer ve arkadaşları (2014) yaptıkları çalışmada alüminyum kaplarda pişirilen asitli yiyeceklerin kurşun, kadmiyum, alüminyum ve mangan oranlarında ciddi artışlar olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca pişirme süresi ve yiyeceğin pişirildiği kapta yemeğin bekletilme süresinin, ağır metal geçişini etkileyen en önemli faktör olduğunu da belirtmişlerdir.

Bir başka çalışmada ise yeni alüminyum tavalarda pişirilen yiyeceklerin eski alüminyum tavalarda ve özellikle çelik tavalarda pişirilen yiyeceklerle göre daha fazla alüminyum içerdiği ortaya koyulmuştur. Yine aynı çalışmanın devamında et, tavuk, mantar gibi asidik ve domates, lahana gibi alkali besinlerin tavalardan alüminyum geçişini artırdığı sonucu da bildirilmiştir (Greger, Goetz ve Sullivan, 1985: 775-776).

Pişirme ekipmanlarının yanı sıra gıda ile temas eden ambalaj materyallerinin raflarda bekleme süresine bağlı olarak gıda maddelerine alüminyum bulaştırdığı düşünülmektedir. Konuyla ilgili olarak yapılan bir çalışmada çikolatada 1,73 mg/kg, gazozda 0,64 mg/kg, şeftali suyunda 1,39 mg/kg ve dondurmada 0,68 mg/kg ambalaj kaynaklı alüminyum tespit edilmiştir (Biricik, Çöplü ve Dağdelen, 2015: 1).

2.4.3. Demir

Isı iletimi zayıf olan demir; sağlam ve dayanıklı olması sebebiyle endüstriyel mutfaklarda yer alan tava ve ızgaralarda oldukça sık kullanılır (Gisslen, 2011: 54).

Demir kaplar ısıyı iyi iletmemelerine karşın ısıyı iyi muhafaza etmektedirler. Demirin sert ve ağır bir malzeme olması bu ekipmanların endüstriyel olarak kullanımını da kısıtlamaktadır (Baş, 2004: 179-180).

İlginç bir şekilde demir kaplarda pişirilen yiyeceklerin demir eksikliği görülen insanlarda olumlu etkiye neden olacağı düşünülmektedir. Son olarak demir ekipmanlardan besinlere metal geçişinde alkali yiyeceklerin pişirilmesinin de etkili olduğu söylenmektedir (Tayar ve Hecer, 2016: 145).

2.4.4. Çelik

Çelik pişirme ekipmanlarının ısı iletimi ve ısı muhafazası düşüktür. Çelik malzemeler çizilmez, asit ve alkalilerden kısmen etkilenmez ve aynı zamanda kolay temizlenebilir niteliktedir. Mutfak ekipmanlarının yapımında kullanılan kaliteli çelik malzemeler %18 krom, %8 nikel ve %0.5 karbon bileşiminden oluşmaktadır (Baş, 2004: 180; McGee, 2004: 791).

Çelik kaplar alüminyum kaplara nazaran gıdaları depolamada daha iyi bir materyaldir. Çünkü yiyeceklerle daha az tepkimeye girerler (Gisslen, 2011: 54). Fakat asit ve alkali gıdalarla paslanmaz çelik malzemelerin uzun süreli ve sürekli muamelesi sonucunda krom ve nikelin vücuda alınımının artması, sonuç olarak da ciddi sağlık problemlerinin oluşması bilinen bir gerçektir (Agarwal et al., 1997: 271). Flint ve Packirisamy (1995) çalışmalarında çelik tencerelerde asitli gıdaların pişirilmesinin nikel geçişine katkıda bulunacağını söylemişlerdir.

Yapılan çalışmalar mutfak materyallerinin eski ya da yeni olma durumlarının yiyeceklere geçen ağır metal oranlarında etkili bir faktör olduğunu ortaya koymuştur (Ojezele, Ojezele ve Adeosun, 2016: 2216). Yine yapılan çalışmalarda yeni çelik tencerelerde pişirme sonrası yüksek nikel salınımı gözlemlenmiştir (Flint ve Packirisamy, 1995: 218). Örneğin; konuyla ilgili bir çalışma (Ojezele, Ojezele ve Adeosun, 2016: 2216), uzun süre kullanılmış olan çelik tencereden pirince geçen demir miktarının 3,45 mg, yeni alınan çelik tencereden pirince geçen demir miktarının ise 16,23 mg olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte Nijerya'da yapılan

bir çalışma demirin haşlama metoduyla gıdalara en çok çelik tencereden geçtiğini (0,36 mg/kg) ortaya koymuştur (Dan ve Ebong, 2013: 350).

Accominotti ve arkadaşları (1998) çalışmalarında farklı ısı derecelerinde çelik ve cam tencerelerde pişirilen bazı yiyeceklerin nikel ve krom düzeylerini incelemişlerdir. Çalışmaları sonucunda menüdeki yiyeceklerin türünün nikel ve krom geçişinde etkili bir faktör olduğunu, fakat bu artışın yine de WHO tarafından önerilen tolere edilebilir günlük miktarın altında olduğunu açıklamışlardır. Son olarak özellikle nikel duyarlı hastalar için paslanmaz çelik materyallerin diğer materyallere nazaran daha sağlıklı olabileceğini eklemişlerdir.

2.4.5. Emaye Kaplama

Metal üzerine cam yapılı bir maddenin kaplanmasıyla elde edilen emaye kapların günümüzde kullanımına eskiye nazaran daha az rastlanmaktadır. Emaye kaplar; asit ve alkalilerden zarar görmezler, fakat çabuk aşınıp kazınarak sağlık problemleri meydana getirebilirler. Bununla birlikte emaye kapların ısı iletiminin zayıf olmasına karşın mevcut ısıyı iyi muhafaza ettikleri görülmüştür (Baş, 2004: 180-181). Emaye kaplar darbelere maruz kaldığında emaye kaplama çatlar ya da kırılır. Bu kırılma hem mikroorganizma gelişimi için hem de kurşun, kadmiyum gibi ağır metallerin geçişi için ortam hazırlamaktadır. Emaye kaplardan yiyeceklerle geçebilecek Pb ve Cd sınırları sırasıyla 2-7 mg/l ve 0,7 mg/l olarak belirtilmiştir (Hışıl, 1989: 366).

2.4.6. Teflon

Teflon kaplar çelik veya emaye üzerine floropolimer bir madde olan PTFE (politetrafloroetilen) kaplanmasıyla elde edilmektedir (Akıncı, Akbulut ve Yılmaz, 2003: 53). Teflon materyallerin genel olarak dayanıklı, yapışmaz ve kolay temizlenebilir özelliklere sahip olduğu bilinmektedir (Chemours, 2017). Yapılan çalışmalar uzun süre hatalı kullanım sonucu çizilmiş, kaplaması kazınmış teflon kaplardan yiyeceklerle 22,34±0,14 mg/g bakır, 15,4±0,17 mg/g kurşun, 14,54±0,15 mg/g nikel ve 9,5±0,13 mg/g demir geçtiğini ortaya koymuştur (Said, 2015: 76).

2.4.7. Cam, Kil ve Seramik

Toprak ve seramik malzemeler çeşitli silikon, alüminyum ve magnezyum oksitleri gibi bazı bileşiklerin karışımlarıdır. Cam; bileşimi daha düzenli olan ve çoğunlukla silisyum (silikon dioksit) ağırlıklı olan bir seramik çeşididir. Porselen; beyaz renkli ancak yarı saydam bir taş olup, çok hafif bir kil olan kaolin ve silikat minerali ile karıştırılarak yüksek fırın sıcaklıklarında pişirilerek elde edilir. Seramik malzemeler korozyona karşı dayanıklıdır ve gıdaların lezzetini veya kalitesini etkilemezler. Fakat kil ve seramik kapların kaplanması kullanılan sırların kurşun içerdiği ve gıdalara geçebileceği düşünülmektedir. Yüksek kurşunlu killeri veya sırları ile yapılan ithal seramik kaplar bazen kurşun zehirlenmesi vakalarına sebebiyet verebilmektedir. Seramik kaplar yalnızca fırında pişirme, yavaş ve homojen pişirme süreçlerinde kullanılmaya eğilimlidir, çünkü doğrudan yüksek sıcaklık onları parçalayabilir (McGee, 2004: 788).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak alüminyum, çelik, bakır ve teflon (eski ve yeni olmak üzere) pişirme kapları, pişirilecek gıda maddesi olarak da bir kurubaklagil ürünü olan nohut kullanıldı. Nohut numunesi, tek bir markaya ait aynı partiden olacak şekilde İstanbul'daki bir marketten satın alındı.

Çalışmada nohut numunesi kullanılmasının sebebi uzun süre pişirilmeye ihtiyaç duyması, dolayısıyla da ağır metal geçişinin pişirme süresine bağlı olarak daha net sağlanmasıdır.

Pişirme kapları kullanılmadan önce deterjanlı su ile yıkandı, sonra ultra saf sudan geçirilip 24 saat havada kurumaya bırakıldı.

3.2. Yöntem

Pişirme yöntemi olarak bütün pişirme ekipmanlarında uygulamaya uygun olan suda haşlama (boiling) yöntemi kullanıldı. Ayrıca pişirmede kullanılan su ve çiğ nohut örneklerinin de kontrol amaçlı analizleri yapıldı. Pişirme işlemlerinin her biri aynı koşullarda gerçekleştirilerek üç tekrar olarak çalışıldı.

3.2.1. Pişirme İşlemi

Paketlenmiş olarak satın alınan nohut örnekleri Necmettin Erbakan Üniversitesi Gastronomi ve Mutfak Sanatları Uygulama Mutfağına getirildi. Ardından nohut örnekleri önceden yapılan pişirme denemeleri doğrultusunda her pişirme ekipmanı için (çelik, bakır, alüminyum, yeni ve eski teflon) eşit miktarda tartılarak (350 gr), üzerlerine yine eşit miktarda su eklenerek (1 litre) bir gece bekletildi. Sonra ocağa alınıp, orta ısı uygulanarak nohut örneklerinin suyun tamamını çekecek şekilde pişmesi sağlandı. Pişmeyi takiben soğutulan örnekler

numune poşetine alınarak +4°C de buzdolabında depolandı ve homojenize edilene kadar muhafaza edildi.

Piştirme ekipmanından depolama ile geçebilecek ağır metal miktarının belirlenmesi için örneklere yine aynı işlemler uygulandı. Yalnız piştirme işleminden sonra örnekler pişirildikleri kaplarda iki gün +4°C’de depolandıktan sonra numune poşetine alındı. Tablo 3.1’de piştirme işlemine ilişkin koşullar yer almaktadır.

Tablo 3.1. Piştirme işlemine ilişkin bilgiler

Örnek Miktarı (gr)	Su Miktarı (lt)	Piştirme Süresi (dk)	Bekletme Süresi (sa)	Depolama Süresi (gün)	Depolama Sıcaklığı (°C)
350 gr	1 lt	1 saat 10 dk	24 saat	2* gün	+4°C

*Piştirme ekipmanından depolamayla geçebilecek ağır metallerin tespiti için belirlenen depolama süresidir.

3.2.2. Örneklerin Analize Hazırlanması

Piştirme işleminden sonra Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Biyokimya Laboratuvarına getirilen örnekler kontaminasyonun önlenmesi açısından havanda ezilerek homojen bir hale getirildi. Homojenize etme işlemini takiben tartılan örnekler yağlı kağıt üzerine alınarak etüvde 24 saat süreyle 80°C sıcaklıkta kurutuldu (Leblebici ve Aksoy, 2008: 5). Kurutulan örnekler tekrar temiz bir numune poşetine alınıp etiketlenerek laboratuvara ulaştırıldı.

3.2.3. Kullanılacak Malzemelerin Temizliği

Çalışmada kullanılan tüm malzemeler kontaminasyonun önlenmesi için deterjanlı su içerisinde bir gün bekletilip, daha sonra çeşme suyu ile yıkandıktan sonra %20’lik Nitrik asit (HNO₃) çözeltisinde bir gece bekletildi. Son olarak malzemeler ultra distile su ile yıkanarak 60°C ısıdaki etüvde kurutulduktan sonra kullanıldı.

3.2.4. Stok/Standart Çözeltiler ve Kalibrasyon

Standart her element için değişik konsantrasyonlarda stok solüsyonlar hazırlanıp, ICP-MS cihazında okutmaları yapılarak oluşan kalibrasyon eğrilerinin okumaları analizlerin sağlıklı ve güvenilir bir şekilde gerçekleşmesi açısından sık sık kontrol edildi.

3.2.5. Mikrodalga Yaş Yakma İşlemi

Homojenize edilip kurutulduktan sonra Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi ICP-MS laboratuvarına getirilen örnekler hassas terazide 0,5 gr tartılarak, üzerine 10 ml %65'lik HNO_3 ilave edildi. Çözme işlemi Cem marka Mars 5 model mikrodalga fırında ısıya ve yüksek basınca dayanıklı teflon kaplar içerisinde gerçekleştirildi. Tablo 3.2'de örneklerin çözünmesine ilişkin koşullar yer almaktadır.

Tablo 3.2. Çözme işlemi genel koşulları

Maximum Güç	Güç	Ramp Time	Basınç	Sıcaklık	Hold Time
1200W	%100	20 dk	180 psi	210°C	10 dk

Yaş yakma işleminden sonra mikrodalgadan çıkarılan örneklerin üzerine seyreltik HNO_3 çözeltisi eklenerek mavi bant süzgeç kağıdı ile süzülmesi sağlandı. Süzüntü üzerine tekrar seyreltik HNO_3 çözeltisi eklenerek süzme işlemi bir kez daha tekrar edildi. Elde edilen son örnek çözelti karışımı 25 ml'lik balon jojelere aktarıldı ve balon jojelerin çizgisine kadar seyreltik HNO_3 çözeltisi ile tamamlandı (Leblebici ve Aksoy, 2008: 5-6; Karcık, 2017: 18-19).

3.2.6. ICP-MS ile Örneklerin Analiz Edilmesi

ICP-MS de okuma işlemi gerçekleşene kadar +4°C de depolanan örneklerin element konsantrasyonları (Al, Pb, Cd, Fe, Cu, Cr, Sn, Ni, Mn) Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi ICP-MS laboratuvarında, Perkin Elmer Elan DRC-e ICP-MS cihazı ile belirlendi. Çalışılacak her element için farklı

konsantrasyonlarda standart çözeltiler kullanılarak, her bir element için kalibrasyon işlemi yapıldı. Şahit numuneler için de aynı uygulamalar gerçekleştirilerek her bir örnek üç tekrar olacak şekilde çalışıldı. Analiz metodlarının oluşturulmasında Leblebici ve Aksoy (2008) ve Karcık (2017)'in çalışmalarındaki metodlardan yararlanıldı.

Tablo 3.3'de ICP-MS cihazında elementlerin analizinde kullanılan dalga boyları yer almaktadır.

Tablo 3.3. ICP-MS cihazında elementlerin analizinde kullanılan dalga boyları

Element	Dalga Boyu (nm)
Kurşun (Pb)	220,353
Kadmiyum (Cd)	214,483
Demir (Fe)	259,941
Bakır (Cu)	327,396
Krom (Cr)	267,716
Nikel (Ni)	231,604
Kalay (Sn)	189,991
Civa (Hg)	194,227
Çinko (Zn)	206,200

3.2.7. İstatistiksel Analizler

Analizler her örnek için üç tekrar olarak gerçekleştirildi. Örneklerin temel istatistiki değerleri (minimum, maksimum, ortalama değer, standart sapma ve standart hata) belirlendi. Elde edilen ortalamalar için bağımlı örneklem t testi (Paired Sample t-Test) uygulandı. Veriler arasındaki sayısal analizlerde SPSS 15.0 paket programı kullanıldı.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmadan elde edilen bulgulara göre, nohut numunelerinde bakır, alüminyum, çelik, yeni ve eski teflon ekipmanlarda tespit edilen ortalama değerler Tablo 4.1’de gösterilmektedir.

Tablo 4.1. Farklı pişirme kaplarında pişirilen nohuttaki ağır metallerin ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

Ağır Metal	Alüminyum (Al)	Krom (Cr)	Mangan (Mn)	Demir (Fe)	Nikel (Ni)	Bakır (Cu)	Kadmiyum (Cd)	Kalay (Sn)	Kurşun (Pb)
Numune	Su	0,12	0,004	0,001	0,18	0,003	0,001	t.e.	t.e.
	Nohut	1,4	8,2	34,4	121	3,6	13,6	0,017	0,391
Ekipman	Bakır Tencere	174±2	7,74±0,68	47,5±3,1	171±13	5,19±0,36	12,2±1,1	0,015±0,004	12,1±1,7
	Bakır Tencere Depolama	124±19	6,01±0,36	30,1±1,3	66,7±4,25	3,38±0,29	12,3±0,2	0,026±0,003	6,45±0,21
	Alüminyum Tencere	239±33	9,55±1,65	45,6±0,6	108±11	6,25±0,55	12,1±0,3	0,017±0,005	20,5±2,0
	Alüminyum Tencere Depolama	516±14	10,2±2,4	31,9±1,7	118±9	3,88±0,72	12,6±0,6	0,024±0,002	0,518±0,039
	Çelik Tencere	165±13	11,0±2,4	44,3±3,9	136±3	6,09±0,46	12,4±1,3	0,011±0,007	9,57±0,49
	Çelik Tencere Depolama	62,1±6,2	8,15±0,71	33,3±4,1	117±3	3,45±0,46	12,3±1,6	0,022±0,011	0,319±0,036
	Yeni Teflon	235±8	10,5±1,9	42,3±3,6	103±13	5,63±0,56	12,0±1,8	0,023±0,016	1,20±0,23
	Yeni Teflon Depolama	48,9±0,8	8,97±0,88	34,9±2,1	122±10	3,80±0,25	13,5±1,1	0,018±0,004	0,287±0,021
Ekipman	Eski Teflon	850±71	9,17±0,08	47,2±3,7	100±8	5,80±0,29	12,6±0,2	0,019±0,0053	1,47±0,15
	Eski Teflon Depolama	27,5±5,6	8,18±0,58	33,1±2,6	103±3	3,50±0,09	12,6±0,6	0,016±0,002	0,179±0,014

*Tüm sonuçlar %95 güven aralığında ve ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir (p<0,05).
t.e. : tespit edilemedi.

Alüminyum (Al), su ve çiğ nohutta sırasıyla 0.12 mg/kg ve 1.4 mg/kg olarak tespit edilirken, pişirme işlemi yapılan numunelerde en düşük konsantrasyon (165 ± 13 mg/kg) çelik tencerede, en yüksek konsantrasyon (850 ± 71 mg/kg) ise eski teflon tencerede pişen numunede ölçülmüştür.

Krom (Cr), su ve çiğ nohutta sırasıyla 0.004 mg/kg ve 8.2 mg/kg olarak tespit edilirken, pişen örneklerde en düşük seviye ($6,01 \pm 0,36$ mg/kg) bakır tencere depolamada, en yüksek seviye ($11,0 \pm 2,4$ mg/kg) ise çelik tencerede pişirilen örneklerde ölçülmüştür.

Mangan (Mn), su ve çiğ nohutta sırasıyla 0.001 mg/kg ve 34.4 mg/kg düzeyinde ölçülürken, pişirilen numunelerde en düşük seviye ($30,1 \pm 1,3$ mg/kg) bakır tencere depolamada ve en yüksek seviye ($47,5 \pm 3,1$ mg/kg) ise bakır tencerede pişirilmiş örnekte ölçülmüştür.

Demir (Fe), su ve çiğ nohutta sırasıyla 0.18 mg/kg ve 121 mg/kg seviyelerinde ölçülürken, pişirilen numunelerde en düşük $66,7 \pm 4,25$ mg/kg düzeyinde bakır tencere depolamada ve en yüksek 171 ± 13 mg/kg olarak bakır tencerede pişirilen örnekte ölçülmüştür.

Nikel (Ni), su ve çiğ nohutta sırasıyla 0.003 mg/kg ve 3.6 mg/kg düzeylerinde ölçülürken, pişirilmiş örneklerde en düşük $3,38 \pm 0,29$ mg/kg düzeyinde bakır tencere depolamada ve en yüksek $6,25 \pm 0,55$ mg/kg düzeyinde alüminyum tencerede pişirilen numunelerde ölçülmüştür.

Bakır (Cu) düzeyi su ve çiğ nohutta sırasıyla 0.001 mg/kg ve 13.6 mg/kg seviyelerinde ölçülürken, farklı kaplarda pişirilen örneklerde ölçülen en düşük ve en yüksek konsantrasyonlar ($12,0 \pm 1,8$ mg/kg ve $13,5 \pm 1,1$ mg/kg) ile çiğ örnek arasında çok fazla fark gözlenmemiştir.

Kadmiyum (Cd), suda tespit edilemezken, çiğ nohutta 0.017 mg/kg olarak ölçülmüş, pişmiş numunelerde ise en düşük seviye ($0,011 \pm 0,007$ mg/kg) çelik

tencerede, en yüksek seviye ise ($0,026 \pm 0,003$ mg/kg) bakır tencerede pişirilip iki gün depolama sonrasında ölçülmüştür.

Kalay (Sn), suda tespit edilemezken, çiğ nohut örneğinde 0.391 mg/kg olarak ölçülmüş, pişirilen numunelerde ise en düşük seviye $0,179 \pm 0,014$ mg/kg ile eski teflonda pişirilip depolanmış örnekte, en yüksek seviye ise $20,5 \pm 2,0$ mg/kg düzeyinde alüminyum tencerede pişirilen örnekte ölçülmüştür.

Kurşun (Pb) kontrol dahil olmak üzere hiçbir örnekte tespit edilememiştir.



Tablo 4.2. Analiz verilerine ilişkin minimum, maximum, ortalama değerler, standart sapma ve standart hatalar (a)

	Alüminyum(Al)			Krom(Cr)			Mangan(Mn)			Demir(Fe)			
	Min.	Ortalama±	Std.	Min.	Ortalama±	Std.	Min.	Ortalama±	Std.	Min.	Ortalama±	Std.	
	Max.	Std. Sapma	Hata	Max.	Std. Sapma	Hata	Max.	Std. Sapma	Hata	Max.	Std. Sapma	Hata	
Ekipmanlar	Bakır	173	174±2	1,156	6,96	7,74±0,68	0,392	44,1	47,5±3,1	1,789	158	171±13	7,505
	Tencere	176			8,20			49,7			185		
	Bakır	108	124±19	10,96	5,65	6,01±0,36	0,207	28,6	30,1±1,3	0,751	61,9	66,7±4,25	2,453
	Tencere	145			6,39			31,2			69,8		
	Depolama												
	Alüminyum	215	239±33	19,05	8,5	9,55±1,65	0,952	44,9	45,6±0,6	0,346	95,7	108±11	6,351
	Tencere	278			11,4			46			116		
	Alüminyum	505	516±14	8,083	7,5	10,2±2,4	1,385	29,9	31,9±1,7	0,981	109	118±9	5,196
	Tencere	532			12,3			33			128		
	Depolama												
	Çelik	150	165±13	7,505	9	11,0±2,4	1,385	40,7	44,3±3,9	2,252	132	136±3	1,732
	Tencere	175			13			48,6			138		
Depolama													
Çelik	55,6	62,1±6,2	3,579	7,46	8,15±0,71	0,409	29,1	33,3±4,1	2,367	113	117±3	1,732	
Tencere	68			8,86			37			119			
Depolama													
Yeni Teflon	229	235±8	4,619	8,2	10,5±1,9	1,096	38,8	42,3±3,6	2,078	90,6	103±13	7,506	
Depolama	244			11,3			46			107			
Yeni Teflon	47,9	48,9±0,8	0,462	8,03	8,97±0,88	0,508	32,4	34,9±2,1	1,212	110	122±10	5,773	
Depolama	49,4			9,80			36,5			129			
Eski Teflon	767	850±71	40,99	9,12	9,17±0,08	0,046	42,8	47,2±3,7	2,136	104	100±8	4,618	
Depolama	891			9,27			49,3			110			
Eski Teflon	21,8	27,5±5,6	3,233	7,51	8,18±0,58	0,335	30,3	33,1±2,6	1,501	101	103±3	1,732	
Depolama	33,1			8,58			35,6			106			

*Tüm sonuçlar %95 güven aralığında verilmiştir (p<0,05).

Birim: mg/kg (ppm).

Tablo 4.3. Analiz verilerine ilişkin minimum, maximum, ortalama değerler, standart sapma ve standart hatalar (b)

	Nikel(Ni)			Bakır(Cu)			Kadmiyum(Cd)			Kalay(Sn)			
	Min.	Ortalama±	Std.	Min.	Ortalama±	Std.	Min.	Ortalama±	Std.	Min.	Ortalama±	Std.	
	Max.	Std. Sapma	Hata	Max.	Std. Sapma	Hata	Max.	Std. Sapma	Hata	Max.	Std. Sapma	Hata	
Ekipmanlar	Bakır	4,79	5,19±0,36	0,208	12	12,2±1,1	0,635	0,010	0,015±0,004	0,0023	10,2	12,1±1,7	0,981
	Tencere	5,44			12,9			0,017			13,5		
	Bakır	3,19	3,38±0,29	0,167	12,1	12,3±0,2	0,115	0,024	0,026±0,003	0,0017	6,25	6,45±0,21	0,121
	Tencere	3,70			12,4			0,029			6,65		
	Depolama												
	Alüminyum	5,60	6,25±0,55	0,318	11,8	12,1±0,3	0,173	0,011	0,017±0,005	0,0028	18,1	20,5±2,0	1,155
	Tencere	6,70			12,4			0,021			21,7		
	Alüminyum	3,27	3,88±0,72	0,416	12	12,6±0,6	0,346	0,022	0,024±0,002	0,0011	0,473	0,518±0,039	0,022
	Tencere	4,67			13,1			0,026			0,541		
	Depolama												
	Çelik	5,61	6,09±0,46	0,266	11,1	12,4±1,3	0,750	0,005	0,011±0,007	0,0040	9	9,57±0,49	0,282
	Tencere	6,53			13,8			0,019			9,90		
	Çelik	2,96	3,45±0,46	0,266	10,5	12,3±1,6	0,923	0,015	0,022±0,011	0,0063	0,261	0,319±0,036	0,021
	Tencere	3,87			13,7			0,034			0,302		
	Depolama												
Yeni Teflon	5,15	5,63±0,56	0,323	10,8	12,0±1,8	1,039	0,008	0,023±0,016	0,0092	0,95	1,20±0,23	0,133	
	6,25			14			0,041			1,27			
Yeni Teflon	3,50	3,80±0,25	0,144	12,7	13,5±1,1	0,635	0,012	0,018±0,004	0,0023	0,151	0,287±0,021	0,012	
Depolama	3,99			14,2			0,021			0,293			
Eski Teflon	5,46	5,80±0,29	0,167	12,3	12,6±0,2	0,115	0,012	0,019±0,005	0,0031	1,28	1,47±0,15	0,087	
	5,96			12,7			0,021	3		1,55			
Eski Teflon	3,38	3,50±0,09	0,051	11,8	12,6±0,6	0,346	0,014	0,016±0,002	0,0012	0,168	0,179±0,014	0,00811	
Depolama	3,55			13,1			0,018			0,194			

*Tüm sonuçlar %95 güven aralığında verilmiştir (p<0,05).

Birim: mg/kg (ppm).

Tablo 4.4. Analiz verilerine ilişkin ortalama, standart sapma ve t değerleri

Ortalama/Standart Sapma ($\bar{x}$ / SS) T değeri (mg/kg)										
	<i>Alüminyum(Al)</i>	<i>Krom(Cr)</i>	<i>Mangan(Mn)</i>	<i>Demir(Fe)</i>	<i>Nikel(Ni)</i>	<i>Bakır(Cu)</i>	<i>Kadmiyum(Cd)</i>	<i>Kalay(Sn)</i>	<i>Kurşun(Pb)</i>	
Ekipmanlar	<i>Bakır Tencere</i>	174±2 t _d : 4,468	7,74±0,68 t _d : 2,905	47,5±3,1 t _d : 7,252	171±13 t _d : 17,93	5,19±0,36 t _d : 10,19	12,2±1,1 t _d : -0,091	0,015±0,004 t _d : -5,097	12,1±1,7 t _d : 5,089	t.e.
	<i>Bakır Tencere Depolama</i>	124±19 t _k : 4,302	6,01±0,36 t _k : 4,302	30,1±1,3 t _k : 4,302	66,7±4,25 t _k : 4,302	3,38±0,29 t _k : 4,302	12,3±0,2 t _k : 4,302	0,026±0,003 t _k : 4,302	6,45±0,21 t _k : 4,302	t.e.
	<i>Alüminyum Tencere</i>	239±33 t _d : -10,5	9,55±1,65 t _d : -0,402	45,6±0,6 t _d : 12,33	108±11 t _d : -2,251	6,25±0,55 t _d : 3,241	12,1±0,3 t _d : -1,740	0,017±0,005 t _d : -2,983	20,5±2,0 t _d : 17,00	t.e.
	<i>Alüminyum Tencere Depolama</i>	516±14 t _k : 4,302	10,2±2,4 t _k : 4,302	31,9±1,7 t _k : 4,302	118±9 t _k : 4,302	3,88±0,72 t _k : 4,302	12,6±0,6 t _k : 4,302	0,024±0,002 t _k : 4,302	0,518±0,039 t _k : 4,302	t.e.
	<i>Çelik Tencere</i>	165±13 t _d : 23,5	11,0±2,4 t _d : 2,117	44,3±3,9 t _d : 2,381	136±3 t _d : 5,878	6,09±0,46 t _d : 5,860	12,4±1,3 t _d : 0,084	0,011±0,007 t _d : -1,059	9,57±0,49 t _d : 31,89	t.e.
	<i>Çelik Tencere Depolama</i>	62,1±6,2 t _k : 4,302	8,15±0,7 t _k : 4,302	33,3±4,1 t _k : 4,302	117±3 t _k : 4,302	3,45±0,46 t _k : 4,302	12,3±1,6 t _k : 4,302	0,022±0,011 t _k : 4,302	0,319±0,036 t _k : 4,302	t.e.
	<i>Yeni Teflon</i>	235±8 t _d : 40,8	10,5±1,9 t _d : 2,376	42,3±3,6 t _d : 3,603	103±13 t _d : -2,291	5,63±0,56 t _d : 8,538	12,0±1,8 t _d : -1,941	0,023±0,016 t _d : 0,435	1,20±0,23 t _d : 10,78	t.e.
	<i>Yeni Teflon Depolama</i>	48,9±0,8 t _k : 4,302	8,97±0,88 t _k : 4,302	34,9±2,1 t _k : 4,302	122±10 t _k : 4,302	3,80±0,25 t _k : 4,302	13,5±1,1 t _k : 4,302	0,018±0,004 t _k : 4,302	0,287±0,021 t _k : 4,302	t.e.
	<i>Eski Teflon</i>	850±71 t _d : 19,9	9,17±0,08 t _d : 2,563	47,2±3,7 t _d : 14,24	100±8 t _d : 11,32	5,80±0,29 t _d : 20,84	12,6±0,2 t _d : 0,111	0,019±0,0053 t _d : 0,843	1,47±0,15 t _d : 15,46	t.e.
	<i>Eski Teflon Depolama</i>	27,5±5,6 t _k : 4,302	8,18±0,58 t _k : 4,302	33,1±2,6 t _k : 4,302	103±3 t _k : 4,302	3,50±0,09 t _k : 4,302	12,6±0,6 t _k : 4,302	0,016±0,002 t _k : 4,302	0,179±0,014 t _k : 4,302	t.e.

*Tüm sonuçlar %95 güven aralığında, ortalamalar için çift yönlü t testi uygulanmış ve ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir (p<0,05).

t.e.: tespit edilememiştir.

t_d: Deneyisel hesaplanan t değeri.

t_k: İstatistik t değeri.

Tablo 4.2 ve Tablo 4.3’de ICP-MS ile çeşitli pişirme ekipmanlarına ilişkin direkt pişirme ve depolama sonrası analiz sonuçları %95 güven aralığında minimum, maximum, ortalama değer, standart sapma ve standart hata şeklinde gösterilmiştir.

Tablo 4.4’de ise ICP-MS ile çeşitli pişirme ekipmanlarının direkt ve depolama sonrası analiz sonuçları %95 güven seviyesinde, ortalama±standart sapma olarak verilmiş ve istatistiki olarak eşleştirilmiş t-testi uygulanmıştır. Sonuç olarak hesaplanan t değeri, teorik t (t kritik) değerinden küçük olduğunda, sonuçlarda anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir. Hesaplanan t değeri, teorik t değerinden yüksek olduğu durumlarda ise pişirme materyalinden ya da farklı şekillerde kontaminasyon meydana geldiğini ve sonuçlar arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.4’e göre Alüminyum (Al) sonuçları için tüm pişirme ekipmanlarının direkt ve depolama sonrası koşulları kıyaslandığında deneysel olarak hesaplanan t değeri teorik değerden büyük olduğundan sonuçlar arasında anlamlı bir fark vardır. Yorumlarda da bahsedildiği şekilde metal kontaminasyonu meydana gelmiştir.

Krom (Cr) sonuçlarına bakıldığında, tüm pişirme materyallerinde direkt ve depolama sonrası ölçümlerde deneysel t değeri, teorik t değerinden küçük olduğundan Cr sonuçlarında anlamlı bir fark yoktur.

Mangan (Mn), Demir (Fe) ve Nikel (Ni) elementleri için bakır tencere ve bakır tencere depolama koşulları sonuçlarında deneysel olarak hesaplanan t değeri teorik değerden büyük olduğundan dolayı sonuçlar arasında anlamlı bir fark vardır.

Ayrıca Mangan (Mn) sonuçlarında alüminyum ve eski teflon ekipmanlarında yine $t_d > t_k$ olduğundan sonuçlarda anlamlı bir fark olduğu söylenebilir.

Bakır (Cu) ve Kadmiyum (Cd) sonuçlarında ise yine tüm ekipmanlar için $t_d < t_k$ olduğundan pişirme materyallerinden herhangi bir kontaminasyon olmadığının ve sonuçlar arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir.

Kalay (Sn) elementi birçok metal alaşımında kullanıldığından tüm sonuçlarda $t_d > t_k$ şeklindedir ve pişirme materyalinden metal geçişi olduğu istatistiksel olarak da görülmektedir.

Nikel (Ni), bakır, çelik ve teflonlarda kullanıldığından bu ekipmanlar için hesaplanan sonuçlara göre $t_d > t_k$ şeklindedir ve sonuçlarda anlamlı bir fark var olduğu görülmüştür.



BEŞİNCİ BÖLÜM

TARTIŞMA

Ağır metallerin birçoğu, normal olarak sağlıklı büyüme için çoğu canlı organizma tarafından gereklidir, ancak fazla konsantrasyon toksisiteye neden olur. Ağır metaller insanlara yiyecekler başta olmak üzere birçok farklı kaynaktan geçebilmektedir. Mutfaklarda pişirme materyali olarak kullanılan temel pişirme ekipmanlarından, pişirme ve depolama ile gıdalara ağır metal geçişinin belirlenmesinin amaçlandığı bu çalışmada, materyal olarak alüminyum, çelik, bakır ve teflon (eski ve yeni olmak üzere) pişirme kapları, pişirilecek gıda maddesi olarak da bir kurubaklagil ürünü olan nohut kullanılmıştır.

Tablo 5.1.'de çalışmada pişirme işleminde kullanılan su ve çiğ nohut numunesine ait bulgular görülmektedir.

Tablo 5.1. Çalışmada kullanılan su ve çiğ nohut numunesine ilişkin ICP-MS sonuçları ve WHO limitleriyle karşılaştırılması

Element	ICP-MS Nohut Sonuçları (mg/kg)	ICP-MS Su Sonuçları (mg/kg)	WHO
<i>Alüminyum</i>	1.4	0.12	3-14 mg/gün
<i>Krom</i>	8.2	0.004	24.5-37µg/gün
<i>Mangan</i>	34.4	0.001	2-5 mg/gün
<i>Demir</i>	121	0.18	2.4-10.4 µg/kg
<i>Nikel</i>	3.6	0.003	60-260 µg/gün
<i>Bakır</i>	13.6	0.001	2-3 mg/gün
<i>Kadmiyum</i>	0.017	t.e.	10-50 µg/gün
<i>Kalay</i>	0.391	t.e.	0.65 mg/gün
<i>Kurşun</i>	t.e.	t.e.	2-64 µg/gün

t.e.: tespit edilemedi.

Özkaynak (2014) yaptığı çalışmada Pb, Cd, Ni ve Mn elementleri için GF-AAS ile analiz ettiği nohut numunesine ilişkin, Cd elementini 0.019 ± 0.006 , Ni, 1.691 ± 0.569 ve Mn, 13.42 ± 1.826 µg/g olarak tespit etmiştir. Elde edilen kadmiyum

sonuçları bu çalışmanın değerlerine yakın iken, Ni ve Mn sonuçları oldukça düşüktür. Elde edilen bu sonuçlara göre çalışma verileri literatürdeki veriler ile uyumluluk göstermektedir.

TGK'nın limitlerine göre bakliyat numuneleri için kurşun ve kadmiyum yönünden limitler sırasıyla 0.20 mg/kg ve 0.10 mg/kg şeklindedir. Bu çalışmada kullanılan nohut numunesinde kurşun tespit edilememişken, kadmiyum değeri Türk Gıda Kodeksi'nin belirlediği yasal limitlerle uyum içerisindedir.

Momen ve ark. (2006) yapmış oldukları çalışmada nohut örneklerinin analiz sonuçlarına bakıldığında Cd, Cr ve Pb tayin edilememişken, Al: 35 ± 3 , Cu: 13 ± 0.6 , Fe: 64 ± 3 ve Mn: 33 ± 3 mg/l olarak tayin edilmiştir. Bakır ve mangan sonuçları bu çalışma verileri ile uyumludur. Alüminyum sonucu ise çalışma sonucundan oldukça yüksektir. Demir sonuçları ise Momen ve ark. (2006) verilerinden yarı yarıya daha yüksektir. Bu sonucun nohut markasından veya nohut türü gibi etkenlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir

17.02.2005 tarihinde ve 25730 sayılı Resmi Gazete de yayımlanan, 'İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik' kapsamında belirlenen içme suları ile ilgili bazı limitler ise; Pb ve As: 10 µg/l, Cu: 2 mg/l, Cd: 5.0 µg/l, Hg: 1.0 µg/l, Ni: 20 µg/l, Se: 10 µg/l şeklindedir. Bu çalışmada kullanılan su numunesine ait veriler ele alındığında kurşun, bakır, kadmiyum ve nikel için elde edilen veriler yönetmelik kapsamındaki limitler ile uyum içerisindedir.

Yalçın ve Oğuz (2010)'un Konya bölgesindeki içme sularının ağır metal düzeylerini araştırdıkları çalışmanın sonuçları alüminyum, gümüş, baryum, kadmiyum, bakır, demir, mangan, nikel ve çinko yönünden standart ve yasal limitlerle uyum içerisindedir. Kurşun sonuçları ise yasal limitlerden 10 µg/l yüksek çıkmıştır. Bu çalışmada pişirmede kullanılan içme suyu numunesine ilişkin veriler ele alındığında çalışma sonuçlarının yasal limitler ve literatür ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Çalışma verileri incelendiğinde alüminyum sonuçlarının ekipman kaynaklı olarak diğer elementlere kıyasla daha yüksek oranda olduğu gözlemlenmiştir. Konuyla ilişkili olarak Ojezele, Ojezele ve Adeosun (2016) yaptıkları çalışmada demir, eski paslanmaz çelik, yeni paslanmaz çelik, eski alüminyum, yeni alüminyum ve kil kaplarda pişirdikleri pirinçte çeşitli ağır metal (Fe, Zn, Cd, Ni, Mn, Cr, Co, Pb, Cu ve Al) düzeylerini ölçmüşler ve sonuçta Al için kontrol örneklerinde konsantrasyonu 0.01 ± 0.01 ve 0.02 ± 0.01 mg/kg olarak ölçerken, en yüksek kontaminasyonu yeni alüminyum kapta pişen pirinçte (440 ± 60 mg / kg), en düşük kontaminasyonu ise eski toprak kapta pişen pirinçte (132 ± 24 mg/kg) tespit etmişlerdir. Bu çalışmada alüminyum kapta pişen nohut örneği için elde edilen sonuç 239 ± 33 mg/kg şeklinde ölçülmüştür. Ojezele, Ojezele ve Adeosun (2016)' un elde ettikleri sonuçlar alüminyum için bu çalışma sonuçlarından oldukça yüksektir.

Alüminyum ekipman ham madde kaynaklı olarak geçişi artırmaktadır. Dabonne ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmada geleneksel alüminyum tencerede pişirilen pirincin alüminyum içeriğinin $1,6$ mg/g'dan, $18,1$ mg/g'a çıktığını tespit etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada da alüminyum ekipmanla pişirilen numunede oldukça yüksek seviyede (239 ± 33) ham madde kaynaklı bir geçiş söz konusudur.

Greger, Goetz ve Sullivan (1985)'ın yapmış oldukları çalışmada, eski alüminyum tavalarda pişirilen yiyeceklerin yeni alüminyum tavalarda ve özellikle çelik tavalarda pişirilen yiyeceklerle göre daha fazla alüminyum içerdiği ortaya konulmuştur. Sonuçlar eski alüminyum ekipman için 0.63 ± 0.17 ppm, yeni alüminyum ekipman için 0.32 ± 0.17 ppm ve çelik tava için 0.22 ± 0.08 ppm olarak ölçülmüştür. Yine aynı çalışmanın devamında et, tavuk, mantar gibi asidik ve domates, lahana gibi alkali besinlerin tavalardan alüminyum geçişini artırdığı sonucu da bildirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları yapılan bu çalışma ile uyum içerisindedir.

Güneş (2001) yapmış olduğu tez çalışmasında kullanılmış alüminyum kaplarda pişirilen yiyeceğin alüminyum içeriklerini birinci yemek için 11.0 ± 0.56 , ikinci yemek için 20.0 ± 1.14 ppm şeklinde bulmuştur. Yeni alüminyum kaplarda pişirilen yiyecekler için ise sonuçlar $3,5 \pm 0,08$ ve $8,0 \pm 0,18$ şeklindedir. Bu sonuçların

çalışmada alüminyum, çelik ve bakır ekipmanlardan pişirme ve depolama ile elde edilen sonuçlara kıyasla oldukça düşük olduğu görülmektedir.

Sonuçlar depolama yönünden ele alındığında ise alüminyum ekipmanlarda depolama ile birlikte numuneye geçen alüminyum miktarının pişirmeye oranla daha da arttığı (516 ± 14) gözlemlenmiştir. Bunun sebebi ise alüminyumun ekipmanda direkt ham madde olarak kullanılmasıdır. Diğer ekipmanlarda ise depolama ile ağır metal içeriklerinde azalma görülmüştür. Bu da ekipmanların alüminyum dışındaki elementleri adsorbe ettiği anlamına gelmektedir.

Anderson, Bryden ve Polansky (1992) ile Ebong ve arkadaşlarının (2006) yapmış oldukları çalışmalar ise yemek pişirme kaplarının doğası, pişirme işlemi, depolama ve işleme yöntemlerinin gıdalardaki eser metal seviyelerini artırabileceğini göstermiştir.

Weidenhamer ve arkadaşları (2014) yaptıkları çalışmada alüminyum kaplarda pişirilen asitli yiyeceklerde kurşun, kadmiyum, alüminyum ve mangan oranlarında ciddi artışlar olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca pişirme süresi ve yiyeceğin pişirildiği kapta yemeğin bekletilme süresinin, ağır metal geçişini etkileyen en önemli faktör olduğunu da belirtmişlerdir. Çalışmadan elde edilen bulgular ise alüminyum için 174 mg/kg, kadmiyum için 1.4 µg ve mangan için 248 µg şeklindedir. Çalışmadaki alüminyum verileri bu çalışma ile uyum içerisindedir.

Yine analiz verileri incelendiğinde demir verilerinin diğer elementlere kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ekipmanlar içerisinde en yüksek demir geçişi bakır ekipmanla pişirme ile gerçekleşmiştir (171 ± 13 mg/kg). Bunu takiben ikinci en yüksek geçiş ise çelik tencere ile pişirme işlemiyle gerçekleşmiştir (136 ± 3 mg/kg).

Diğer elementler için migrasyonlar incelendiğinde geçişler birbiriyle uyum içerisindedir. Özellikle yeni ve eski teflon ekipmanlarla yapılan pişirme işlemindeki kalay oranının diğer pişirme verilerine kıyasla oldukça az seviyede olduğu gözlenmiştir. Yeni teflon ekipman için kalay oranı $1,20 \pm 0,23$ mg/kg iken, eski teflon ekipman için kalay içeriği $1,47 \pm 0,15$ mg/kg şeklindedir.

Ogidi, Sridhar ve Coker (2017) yapmış oldukları çalışmada pişirme araçlarının işlem esnasında bazı eser metalleri yiyeceklere bulaştırabileceğini ve bu bulaşmanın gıdalardaki ağır metal konsantrasyonlarında hafif bir artışa neden olduğu sonucuna varmışlardır. Çalışmada incelenen ağır metaller içerisinde kurşun, nikel, çinko seviyelerinin güvenilir sınırlar içerisinde olduğu, alüminyum, demir ve krom seviyelerinin ise kabul edilebilir limitin üzerinde olduğu saptanmıştır. Bahsi geçen çalışmanın sonuçları alüminyum dışındaki elementler için yapılan bu çalışmanın verileriyle uyum içerisinde.

Kamerud, Hobbie ve Anderson (2013) çalışmalarında çelik ekipmanlarda asitli gıdalar pişirildiğinde ya da bekletildiğinde, pişirme ve bekletme süresine bağlı olarak gıda maddelerine nikel ve kromun geçtiğini ortaya koymuşlardır. Çalışma sonucunda nikel geçişi ortalama 88 µg iken, krom geçişi 86 µg şeklinde gerçekleşmiştir.

Flint ve Packirisamy (1995) çalışmalarında çelik tencerelerde asitli gıdaların pişirilmesinin nikel geçişine katkıda bulunacağını söylemişlerdir. Çalışmada çelik kaplarda asitli sayılabilecek kuzukulağı kavurması, kayısı marmeladı, limon marmeladı, yeşil domates turşusu kavurması ve patates kavurması şeklinde yiyecekler pişirilmiştir. Yiyeceklerin ortalama nikel içerikleri sırasıyla 40±10 mg/kg, 120±10 mg/kg, 80±20 mg/kg, 30±10 mg/kg ve 10±10 mg/kg olarak ölçülmüştür. Bulunan sonuçlar yapılan bu çalışmanın bulgularına göre oldukça yüksektir. Bu çalışmada çelik tencereden geçen nikel 6,09±0,46 mg/kg şeklindeyken, bu oran depolama faktöründe 3,45±0,46 mg/kg'a düşmüştür. Bunun sebebi depolama ile çelik materyalin nikel elementini adsorbe etmesidir. Flint ve Packirisamy (1995)'ın çalışmasındaki sonuçların yüksek çıkmasındaki temel sebep olarak kullanılan yiyeceklerin yüksek asiditeye sahip yiyecekler olması söylenebilir.

Çalışmada kullanılan tüm ekipmanlar ele alındığında numuneye kurşun geçişi gerçekleşmemiştir. Kadmiyum değerleri ise yasal limitlerin altındadır. En toksik ağır metallerden olan kurşun ve kadmiyum insan sağlığı için oldukça tehlikelidir ve az miktarda bulaşma ile bile zamanla ciddi sağlık sorunlarına sebebiyet verebilmektedir.

Konuya ilişkin Nsengimana ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada kil kaplardan gıdalara kurşun ve kadmiyum geçişini incelemişlerdir. Çalışmaları sonucunda ise kil kaplardan gıdalara ciddi miktarda kadmiyum geçişi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Çalışma bulgularına göre kil tencerede pişen fasulye yemeğine 0.385-2.692 mg/kg kurşun ve 3.654-3.846 mg/kg kadmiyum geçmiştir. Bu sonuç WHO'nun belirlediği yasal limitlerden oldukça yüksektir.

Tablo 5.2. Alüminyum ekipmana ilişkin bulgular ve yasal limitlerle karşılaştırılması

Element	Çalışmaya Ait Bulgular (mg/kg)	JECFA'ya Ait Tolere Edilebilir Limitler (2017)	WHO'ya Ait Tolere Edilebilir Limitler (2017)	EFSA'ya Ait Tolere Edilebilir Limitler (2017)
Al	239±33	2 mg/kg	3-14 mg/gün	-
	516±14 (depolama)			
Fe	108±11	0.8 mg/kg	2.4-10.4 µg/kg	-
	118±9 (depolama)			
Sn	20,5±2,0	14 mg/kg	0.65 mg/gün	-
	0,518±0,039(depolama)			

Birim: mg/kg.

Tablo 5.2 incelendiğinde alüminyum ekipmana ilişkin Al, Fe ve Sn içeriklerinin özellikle alüminyum ve demir yönünden yasal limitlere kıyasla oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin özellikle bu ekipmanlarda bahsi geçen elementlerin ham olarak kullanılması gösterilebilir. Kalay ise genel olarak JECFA (2017)'nin belirlediği limitlere yakın bir sınırdayken depolamayla geçen kalay miktarı genel olarak limitlerle uyum içerisinde.

Tablo 5.3. Çelik ekipmana ilişkin bulgular ve yasal limitlerle karşılaştırılması

Element	Çalışmaya Ait Bulgular (mg/kg)	JECFA'ya Ait Tolere Edilebilir Limitler (2017)	WHO'ya Ait Tolere Edilebilir Limitler (2017)	EFSA'ya Ait Tolere Edilebilir Limitler (2017)
Cd	0,011±0,007	0.007 mg/kg	60-260 µg/gün	2.5 µg/kg
	0,022±0,011(depolama)			
Cr	11,0±2,4	-	24.5- 37 µg/gün	0.3 mg/kg
	8,15±0,71(depolama)			
Cu	12,4±1,3	0.5 mg/kg	2-3 mg/gün	-
	12,3±1,6(depolama)			

Birim: mg/kg.

Tablo 5.3 incelendiğinde çelik ekipmana ilişkin Cd, Cr ve Cu içeriklerinin özellikle krom ve bakır yönünden yasal limitlerden yüksek olduğu gözlenmiştir. Krom, çelik ekipmanların yapımında kullanılan bir elementtir ve bu yüzden migrasyonun olması beklendik bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Tablo 5.3 incelendiğinde tehlikeli ağır metallerden olan kadmiyumun miktar olarak depolamayla iki katına çıktığı, bu miktarın JECFA (2017)'nin belirttiği yasal sınıra yakın olduğu görülmektedir.

Bakır elementinin yasal limitlerden yüksek çıkmasının sebebi olarak, numunenin pişmeden önceki sahip olduğu bakır miktarı (13.6 mg/kg) ile bir ilişkisi olduğu söylenebilir.

Tablo 5.4. Bakır ekipmana ilişkin bulgular ve yasal limitlerle karşılaştırılması

Element	Çalışmaya Ait Bulgular (mg/kg)	JECFA'ya Ait Tolere Edilebilir Limitler (2017)	WHO'ya Ait Tolere Edilebilir Limitler (2017)	EFSA'ya Ait Tolere Edilebilir Limitler (2017)
Al	174±2	2 mg/kg	3-14 mg/gün	2.5 µg/kg
	124±19(depolama)			
Fe	171±13	0.8 mg/kg	2.4-10.4 µg/kg	-
	66,7±4,25(depolama)			
Sn	12,1±1,7	14 mg/kg	0.65 mg/gün	-
	6,45±0,21(depolama)			

Birim: mg/kg.

Tablo 5.4 incelendiğinde ise bakır ekipmana ilişkin Al, Fe ve Sn içeriklerinin özellikle alüminyum ve demir yönünden yasal limitlere kıyasla oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Bakır ekipmanla yapılan pişirme ve depolama olmak üzere uygulanan iki işlemde de alüminyum içeriğinin oldukça yüksek olduğu, demir yönünden ise pişirmeye kıyasla depolama ile adsorblanma sonucu demir içeriğinin ciddi oranda azaldığı görülmektedir. Tablonun devamında bakır ekipmanların kaplanması için kullanılan kalay elementi ile ilgili sonuçlara bakıldığında ise pişirme işlemiyle numuneye geçen kalay miktarı 12,1±1,7 mg/kg iken, bu miktar depolama ile 6,45±0,21 mg/kg'a inmiştir. Bunun sebebi de yine bakırın depolama ile zamanla kalayı adsorblamasıdır.

Bakır ekipmanlar ile ilgili temel madde olarak kullanılan bakır elementi incelendiğinde ise pişirme ile geçişin $12,2 \pm 1,1$ mg/kg, depolama ile geçişin ise $12,3 \pm 0,2$ mg/kg olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar doğrultusunda bakır ekipmandan numuneye kontamine olan bakır miktarının gerek pişirme, gerekse depolama koşuluyla birlikte standart sapmalar çerçevesinde uyum içerisinde olduğu söylenebilir.

Tablo 5.5. Eski ve yeni teflona ait elementlere ilişkin bulgular (mg/kg)

Metaller	Ekipman			
	Yeni teflon	Yeni teflon depolama	Eski teflon	Eski teflon depolama
Al	235 $\pm$ 8	48,9 $\pm$ 0,8	850 $\pm$ 71	27,5 $\pm$ 5,6
Cd	0,023 $\pm$ 0,016	0,018 $\pm$ 0,004	0,019 $\pm$ 0,0053	0,016 $\pm$ 0,002
Cr	10,5 $\pm$ 1,9	8,97 $\pm$ 0,88	9,17 $\pm$ 0,08	8,18 $\pm$ 0,58
Cu	12,0 $\pm$ 1,8	13,5 $\pm$ 1,1	12,6 $\pm$ 0,2	12,6 $\pm$ 0,6
Fe	103 $\pm$ 13	122 $\pm$ 10	100 $\pm$ 8	103 $\pm$ 3
Mn	42,3 $\pm$ 3,6	34,9 $\pm$ 2,1	47,2 $\pm$ 3,7	33,1 $\pm$ 2,6
Ni	5,63 $\pm$ 0,56	3,80 $\pm$ 0,25	5,80 $\pm$ 0,29	3,50 $\pm$ 0,09
Pb	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Sn	1,20 $\pm$ 0,23	0,287 $\pm$ 0,021	1,47 $\pm$ 0,15	0,179 $\pm$ 0,014

t.e.: tespit edilemedi.

Tablo 5.5’de mutfaklarda oldukça sık kullanılan bir ekipman olan teflon materyale ilişkin yeni ve eski olma durumunun ağır metaller yönünden karşılaştırılması yapılmıştır. Tabloda en dikkat çeken nokta alüminyum yönünden eski teflonların gıdalara daha fazla bulaşı yaptığı, fakat bu oranın depolama ile her iki koşulda da ciddi seviyede azaldığı, bu azalmanın ise teflon kaplama olan politetrafloroetilen maddesinin elementleri adsorbe etmesi ile ilgili olduğu görülmüştür. Bu durum alüminyum kadar demir elementi için de geçerlidir. Pişirme ve depolama ile her iki koşulda da demir içeriği yüksek iken, eski teflon ekipmandan geçen demir içeriği diğer koşullara kıyasla oldukça az seviyededir.

Said (2015) çalışmasında pişirme aletlerinin sızıntı yoluyla gıdalara ağır metal bulaştırdığını, bu bulaştırmanın ise pişirme işlemi ve depolama ile gerçekleştiği ve de arttığını ortaya koymuştur. Said (2015) çizik ve normal teflon, alüminyum ve demir ekipmanlarda Cu, Fe ve Zn içeriğini analiz ettiği çalışmada

uzun süre hatalı kullanım sonucu çizilmiş, kaplaması kazınmış teflon kaplardan yiyeceklere $22,34 \pm 0,14$ mg/g bakır, $15,4 \pm 0,17$ mg/g kurşun, $14,54 \pm 0,15$ mg/g nikel ve $9,5 \pm 0,13$ mg/g demir geçtiğini ortaya koymuştur. Veriler, bu çalışma ile kıyaslandığında demir dışındaki tüm elementler için sonuçlar oldukça yüksek çıkmıştır. Özellikle sağlık için risk teşkil eden kurşun elementinin kontaminasyonu oldukça fazladır. Yapılan bu çalışmada herhangi bir ekipman kaynaklı kurşun kontaminasyonu tespit edilemezken, teflon ekipman için sonuçlar Said'in çalışmasına kıyasla Cu, Pb, Ni ve Fe için sırasıyla $12,0 \pm 1,8$ mg/kg, t.e., $5,63 \pm 0,56$ mg/kg ve 103 ± 13 mg/kg şeklindedir.

Rittirong ve Saenboonruang (2018) yapmış oldukları çalışmada teflon kaplı yeni ve eski alüminyum tava kullanarak pişirdikleri pirinç örneğinde ağır metal geçişini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucu olarak en yoğun geçiş sıralamalı olarak $Al > Zn > Fe > Cu > Cr > As = Cd = Pb$ şeklinde gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar yapılan çalışmanın bulgularıyla oldukça uyum içerisindedir.

Temidayo (2011) yapmış olduğu çalışmada yeni ve eski çelik ekipmanlardan gıdalara geçebilecek ağır metalleri Cd ve Cr yönünden ele almıştır. Çalışmanın sonucu olarak eski çelik ekipmandan kadmiyum geçişinin yeni kaplara kıyasla daha fazla olduğu, krom geçişinin ise yeni ve eski kapların her ikisinde de birbirlerine yakın sonuçlarda olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmada yeni çelik ekipmandan $0,025 \pm 0,10$ µg/g kadmiyum geçerken bu oran eski çelik ekipmanda $0,145 \pm 0,020$ µg/g şeklindedir. Temidayo'nun çalışması ile uyumlu olarak, yapılan bu çalışmada yeni çelik ekipmandan geçen kadmiyum içeriği $0,011 \pm 0,007$ mg/kg olarak bulunmuştur.

Ojezele ve arkadaşları (2016) uzun süre kullanılmış olan çelik tencereden pirince geçen demir miktarının $3,45$ mg/kg, yeni alınan çelik tencereden pirince geçen demir miktarının ise $16,23$ mg/kg olduğunu ortaya koymuşlardır. Çalışmanın bulgularına kıyasla, bu çalışmadaki çelik ekipman ve demire ilişkin bulgular ele alındığında sonuçların çok daha yüksek olduğu söylenebilir.

Momen ve arkadaşlarının (2006) yaptıkları bir çalışmada nohut örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında Cd, Cr ve Pb tayin edilememişken, Al, 35 ± 3 ,

Cu, 13 ± 0.6 , Fe, 64 ± 3 ve Mn, 33 ± 3 mg/l olarak tayin edilmiştir. Bakır ve mangan sonuçları bu çalışmada elde edilen verilerle uyumludur. Yani pişirme materyali kontaminasyonu yoktur denilebilir. Fakat Al ve Fe sonuçları literatür verilerinden yüksektir, bu da Al ve Fe'nin kullanılan ekipmandan geçtiğini göstermektedir.



SONUÇ

İnsan vücudu yaşamını sağlıklı bir şekilde devam ettirebilmek için protein, vitamin ve minarellere ihtiyaç duymaktadır. Tüketilen gıdalar (baklagil, meyve, sebze, tahıl, kuruyemiş vb.) hayati olarak önemli olması yanında, insan sağlığını tehdit edecek bazı ağır metalleri de içerebilmektedir (Özkaynak, 2014: 61).

Bu çalışmada nohut numuneleri farklı pişirme ekipmanları kullanılarak pişirilmiş ve depolanmış, mikrodalga çözündürme işleminden sonra mikro ve toksik düzeydeki element konsantrasyonu ICP-MS cihazı ile tayin edilmiştir. Pişirme ve depolama materyali olarak bakır tencere, alüminyum tencere, çelik tencere, yeni teflon ve eski teflon tencereler kullanılmıştır. Araştırmada Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Sn için elde edilen ICP-MS sonuçları ortalama olarak sırasıyla, 27.5 ± 5.6 - 850 ± 71 , 0.011 ± 0.007 - 0.026 ± 0.003 , 6.01 ± 0.36 - 11.0 ± 2.4 , 12.0 ± 1.8 - 13.5 ± 1.1 , 66.7 ± 4.25 - 171 ± 13 , 30.1 ± 1.3 - 47.5 ± 3.1 , 3.38 ± 0.29 - 6.25 ± 0.55 , t.e. ve 0.179 ± 0.014 - 20.5 ± 2.0 mg/kg'dır. Tayin edilen elementlerden Cu, Fe, Mn ve Ni insan vücudu için eser miktarlarda gerekli iken fazla alınması halinde toksik etkilere yol açabilmektedir. Bunun yanı sıra Al, Cd, Cr, Pb ve Sn oldukça toksik ve kanserojen elementler olduğu için vücuda alımı önemli ölçüde kontrol edilmelidir.

Yapılan ICP-MS sonuçlarına göre Cu, Cd ve Cr elementleri için pişirme ve depolama sonrası sonuçlara bakıldığında büyük bir fark görülmemektedir. Depolamanın bu elementlerin gıdalara geçişinde etkili bir faktör olduğu söylenebilir. Pb elementi insan vücudu için tehlikelidir ve analiz sonuçlarında nohut numunelerinde herhangi bir ekipman kaynaklı Pb elementi tespit edilmemiştir.

Al elementi sonuçlarına bakıldığında, alüminyum tencere kullanılan ve depolanan şartlar dışında depolama sonrası element konsantrasyonunda azalma gözlenmiştir. Alüminyum tencere kullanılarak pişirme sonrasında 239 mg/kg olan Al miktarı depolama sonrası 516 mg/kg'a yükselmiştir. Depolama sırasında kullanılan materyalin ham maddesi olduğu için numuneye ciddi miktarda alüminyum kontaminasyonu olmuştur.

Fe elementi insan sağlığı için esansiyel düzeyde alınması gereken bir elementtir. elik tencerelerin üretimi sırasında demir, krom, nikel ve minör elementler kullanılmaktadır. elik tencere ile pişirilen nohut numunesinde demir miktarı 136 mg/kg olarak tayin edilmiştir. Depolamadan sonra ise 117 mg/kg olarak bulunmuştur. Depolama esnasında numunede bulunan demir pişirme materyali tarafından adsorbe olarak konsantrasyon azalmıştır.

Yeni teflon ve eski teflonda elde edilen demir sonuçlarına bakıldığında ise depolama sonrası azalma gözlenmiştir. Teflon tencere yapılırken yapışmazlık sağlaması için kullanılan politetrafloroetilen maddesi numunede bulunan metallerin bir kısmını adsorplamaktadır.

Mn ve Ni elementleri de demir gibi vcoda alınması gereken fakat fazlasının risk oluşturabileceği elementlerdendir. Her iki element için tüm pişirme ekipmanları kullanıldığında elde edilen sonuçlar, depolamadan sonra elde edilen konsantrasyonlardan yüksektir. Yani depolamayla birlikte bu elementlerin konsantrasyonlarında azalma gözlenmiştir.

ICP-MS ile Sn elementi sonuçlarında nohut numunesi için bakır, alüminyum ve elik tencere ile pişirildiğinde sırayla 12.1, 20.5 ve 9.57 mg/kg sonuçları elde edilmiştir. Pişirme sonrası depolandığında ise 6.45, 0.518, ve 0.319 mg/kg kalay tayin edilmiştir. Genel olarak da söylenebileceği gibi sıcaklık, karıştırma gibi etkenlerden dolayı pişirme esnasında yiyeceklere ciddi şekilde element kontaminasyonu gerçekleşmektedir. Depolama esnasında ise pişirme materyalinde kullanılan hammaddeye bağlı olarak bu metaller adsorbe olmaktadır ve konsantrasyonları göreceli olarak azalmaktadır.

Pişirme ve depolama materyali kullanılmadan nohut numuneleri için belirtilen elementler analiz edildiğinde; Al 1.409, Cr 8.225, Mn 34.46, Fe 121, Ni 3.646, Cu 13.61, Cd 0.017 ve Sn 0.391 mg/kg olarak tayin edilmiştir. Al elementi, pişirme ve depolama ile ekipmandan dolayı yüksek konsantrasyonlarda gözlenmiştir. Diğer elementler ise standart sapmalar çerçevesinde uyum içerisindedir. Bu sonuçlar; numunenin ham halde znrleştirilerek analizi yapıldığından, besinsel mikro

element ve toksik elementler sadece topraktan kontamine olurken, pişirme ve depolama esnasında metal geçişinin arttığını göstermektedir.

Sonuçlar doğrultusunda elde edilen veriler ele alındığında özellikle alüminyumun yasal limitlerden oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Uzun süre maruz kalınma doğrultusunda bu sonuç sağlığı tehdit edecek nitelikte olabilir. Alüminyumun alzheimer'a etkisinin yapılan çalışmalarla desteklenmesi de ele alınca mutfaklarda alüminyum ekipman kullanımı düşünülmelidir. Öte yandan sağlığı ciddi derecede tehlikeye sokan ağır metallerden olan kurşun ve kadmiyumun çelik, alüminyum, bakır, yeni ve eski teflon ekipman kaynaklı kontaminasyon gözlemlenmemesi önemli bir noktadır.

Tüm bu bilgiler ışığında pişirme ekipmanlarından materyalin cinsine bağlı olarak gıdalara ağır metal kontaminasyonunun gerçekleşebileceği, bu geçişin depolama, karıştırma, pişirme, asitli gıdalar kullanımı vb. faktörlerle arttığı yapılan analizler ile ve ulusal-uluslararası literatür çalışması ile desteklenmiştir. Pişirme ekipmanlarında depolamanın ise özellikle alüminyum ekipmanlarda ciddi artışa neden olduğu, diğer ekipmanlarda ise adsorbsiyon sebebiyle azalma meydana geldiği görülmüştür.

Çalışma sonuçları neticesinde endüstriyel ve evsel mutfaklarda kullanımı açısından çelik ekipmanların ağır metal kontaminasyonu yönünden diğer ekipmanlara nazaran nispeten daha güvenilir olduğu gözlenmiştir. Bu sebeple çelik ekipman kullanımı önerilebilir. Alüminyum ekipman ile ilgili çalışma sonuçları ve literatür verileri göz önüne alındığında özellikle Alzheimer etkisi sebebiyle mutfaklarda kullanımı düşünülmelidir. Ayrıca tencere niteliğinde bor ile kuvvetlendirilmiş ısıya dayanıklı cam kapların kullanımı ve yeni güvenilir alternatif pişirme ekipmanları için bir ar-ge çalışması da önerilebilir.

KAYNAKÇA

ABECHİ, E. S. ve diğerleri (2010). “Evaluation of Heavy Metals in Roadside Soils of Majör Streets in Jos Metropolis, Nigeria”, **Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology**, 2 (6), 98-102.

ACCOMINOTTI, M. ve diğerleri (1998). “Contribution to Chromium and Nickel Enrichment During Cooking of Foods in Stainless Steel Utensils”, **Contact Dermatitis**, 38, 305-310.

AGARWAL, P. ve diğerleri (1997). “Studies on Leaching of Cr and Ni from Stainless Steel Utensils in Certain Acids and In Some Indian Drinks”, **The Science of the Total Environment**, 199, 271-275.

AKCAN, A. Barış ve Oğuz Dursun (2008). “Civa Zehirlenmeleri”, **Güncel Pediatri**, 6, 72-75.

AKINCI, Akın ve Hatem Akbulut ve Fevzi Yılmaz (2003). “Floropolimer (Teflon) Kaplamaların Yapı ve Özellikleri”, **UCTEA J. Chamb. Metall. Mater. Eng.**, 133, 53-59.

ALGAN, Gülçin (2002). **Konya Yöresi Sütlerinde Bazı Ağır Metallerin İncelenmesi.** (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.

ANDERSON, Richard A. ve Noella A. Bryden ve Marilyn M. Polansky (1992). “Dietary Chromium Intake – Freely Chosen Diets, Institutional Diets and Individual Foods”, **Biological Trace Element Research**, 32 (1-3), 117-121.

ANONİM (2005). **İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik**, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/02/20050217-3.htm>, 9 Kasım 2018 tarihinde erişildi.

ARORA, Monu ve diğerleri (2008). “Heavy Metal Accumulation in Vegetables Irrigated with Water From Different Sources”, **Food Chemistry**, 111, 811-815.

ARYAPAK, Sara ve Parisa Ziarati (2014). “Nutritive Value of Persian Walnut (Juglans Regia L.) Orchards”, **American-Eurasian Journal Of Agricultural & Environmental Sciences**, 14 (11), 1228-1235.

ATAFAR, Zahra ve diğerleri (2010). “Effect of Fertilizer Application on Soil Heavy Metal Concentration”, **Environmental Monitoring and Assessment**, 160, 83-89.

BAL, Ceylan ve diğerleri (2015). “Assessment of Renal Functions With Different Glomerular Filtration rate Formulas in Children With Acute Exposure of Mercury”, **Turkish Journal of Biochemistry**, 40 (3), 258-264.

BALDWIN, Douglas E. (2012). “Sous Vide Cooking: A Review”, **International Journal of Gastronomy and Food Science**, 1, 15-30.

BARCELOUX, Donald G. (1999). “Nickel”, **Clinical Toxicology**, 37 (2), 239-258.

BASSIONİ, Ghada ve diğerleri (2012). “Risk Assessment of Using Aluminum Foil in Food Preparation”, **International Journal of Electrochemical Science**, 7, 4498-4509.

BAŞ, Murat (2004). **Besin Hijyeni Güvenliği ve HACCP**, Birinci Baskı, Ankara: Sim Matbaacılık.

BAŞKAN, Meltem Bilici ve Ayşegül Pala (2009). “İçme Sularında Arsenik Kirliliği: Ülkemiz Açısından Bir Değerlendirme”, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 15 (1), 69-79.

BAŞOL, Güneş ve Burcu Barutçuoğlu ve A. Erkin Bozdemir (2007). “Demir Homeostazının Yeni Düzenleyicisi: Hepsidin”, **Türk Klinik Biyokimya Dergisi**, 5 (3), 117-125.

BAYSAL, Ayşe ve Nazife Küçükaslan (2009). **Beslenme İlkeleri ve Menü Planlaması**, Üçüncü Baskı, Bursa: Ekin Yayınevi.

BHARATHİ, P. ve diğerleri (2008). “Molecular Toxicity of Aluminium in Relation to Neurodegeneration”, **Indian Journal of Medical Research**, 128, 545-556.

Bİ, Shuping (1996). “A Model Describing The Complexing Effect In The Leaching of Aluminum from Cooking Utensils”, **Environmental Pollution**, 92 (1), 85-89.

BİNGÖL, M. Ümit ve diğerleri (2010). “Egzoz Gazlarının Bitkilere Etkileri ve Koruma Önerileri”, **Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi**, 3 (2), 63-67.

BİRİCİK, Gülnur, Nalan Çöplü ve Adnan Fatih Dağdelen (2015). “Gıda ile Temas Eden Madde ve Malzemelerden Gıdaya Geçebilecek Alüminyum Miktarı ve Bunun Riskleri”, **Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi**, 15, 1-8.

CAMPBELL, Arezoo (2002). “The Potential Role of Aluminium in Alzheimer’s Disease”, **Nephrology Dialysis Transplantation**, 17 (S2), 17-20.

CEDERBERG, Dorthe Licht ve diğerleri (2015). **Food Contact Materials-Metals and Alloys**, Birinci Baskı, Denmark: Norden.

CHARY, N. Sridhara ve C. T. Kamala ve D. S. S. Raj (2008). “Assessing Risk of Heavy Metals From Consuming Food Grown on Sewage Irrigated Soils and Food Chain Transfer”, **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 69, 513-524.

CHEHREGANI, Abdolkarim ve Behrouz E. Malayeri (2007). “Removal of Heavy Metals by Native Accumulator Plants”, **International Journal of Agriculture & Biology**, 9 (3), 462-465.

CHEMOURS (2017), **Teflon Yapışmaz Kaplamaları Nasıl Üretilir?**. https://www.chemours.com/Teflon/tr_TR/products/safety/how_its_made.html, 12 Nisan 2017 tarihinde erişildi.

ÇAĞLARIRMAK, Necla ve A. Zeki Hepçimen (2010). “Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi”, **Akademik Gıda**, 8 (2), 31-35.

ÇAY, Seydahmet (2014). **Ağır Metal İyonlarıyla Kirlenmiş Toprakların Karadeniz Bölgesinde Yetişen Bazı Süs Bitkileri Kullanılarak Temizlenebilirliğinin Araştırılması**. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

ÇOBAN, Burak ve diğerleri (2009). “Heavy Metals in Livers, Gills and Muscle of Dicentrarchus Labrax (Linnaeus, 1758) Fish Species Grown in the Dardanelles”, **Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment**, 15, 61-57.

ÇOKADAR, Hulusi ve diğerleri (2003). “Nikel (II) İyonunun Sulu Ortamdan Granül Aktif Karbon (GAK) ile Giderilmesi”, **Çevre Koruma Dergisi**, 12 (46), 38-42.

DABONNE, Soumaila ve diğerleri (2010). “Traditional Utensils: Potential Sources of Poisoning by Heavy Metals”, **British Journal of Pharmacology and Toxicology**, 1 (2), 90-92.

DAĞ, Ayhan (2006). **Yiyecek İçecek İşletmelerinde Standart Tarifeler Maliyet ve Hijyen Kontrolü**, Birinci Baskı, Ankara: Meteksan Matbaacılık.

DAN, Emmanuel Udo ve Godwin Asukwo Ebong (2013). “Impact Of Cooking Utensils On Trace Metal Levels Of Processed Food Items”, **Annals. Food Science and Technology**, 14 (2), 350-355.

DENG, Gui Fang ve diğerleri (2011). “Aluminium Content of Some Processed Foods, Raw Materials and Food Additives in China by Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometry”, **Food Additives and Contaminants: Part B**, 4 (4), 248-253.

DEVESA, V. ve D. Velez ve R. Montoro (2008). “Effect of Thermal Treatments on Arsenic Species Contents in Food”, **Food and Chemical Toxicology**, 46, 1-8.

DUFFUS, John H. (2002). “Heavy Metals- A Meaningless Term”, **Pure and Applied Chemistry**, 74 (5), 793-807.

DÜNDAR, Yılmaz ve Recep Aslan (2005). “Yaşamı Kuşatan Ağır Metal Kurşunun Etkileri”, **The Medical Journal of Kocatepe**, 6, 1-5.

EBONG, Asukwo ve diğerleri (2006). **Foliar Fertilization Stuttgart**, Frankfurt: Fischer-Verlag.

EFSA (2017), Metals as Contaminants in Food. <http://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/metals-contaminants-food>, 15 Mayıs 2017 tarihinde erişildi.

ERASLAN, Nevzat (2013). **Piştirme Yöntemleri**, İkinci Baskı, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

ERSOY, Beyza ve diğerleri (2006). “Effects Of Cooking Methods On The Heavy Metal Concentrations Of Sea Bass Fillets (*Dicentrarchus Labrax* Linne, 1785)”, **Food Chemistry**, 99, 748-751.

ERSOY, Beyza (2011). “Effects Of Cooking Methods On The Heavy Metal Concentrations Of The African Catfish (*Clarias Gariepinus*)”, **Journal of Food Biochemistry**, 35, 351-356.

FLEMMING, C. A. ve J. T. Trevors (1989). “Copper Toxicity and Chemistry in the Environment: A Review”, **Water, Air, & Soil Pollution**, 44 (1-2), 143-158.

FLINT, G. N. ve S. Packirisamy (1995). “Systemic Nickel: The Contribution Made by Stainless-Steel Cooking Utensils”, **Contact Dermatitis**, 32, 218-224.

GISSLEN, Wayne (2011). **Professional Cooking**, Yedinci Baskı, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

GONG, Wuyun ve Ryo Sakurai ve Ryohei Kada (2015). “Understanding Local Fish Consumption Behavior in Laguna Lake Watershed Area, Philippines”, **African Journal of Food Science**, 9 (4), 176-181.

GÖHRE, Vera ve Uta Paszkowski (2006). “Contribution of the Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis to Heavy Metal Phytoremediation”, **Planta**, 223, 1115-1122.

GRAY, Patrick J. ve diğerkleri (2015). “Cooking Rice in Excess Water Reduces Both Arsenic and Enriched Vitamins in the Cooked Grain”, **Food Additives & Contaminants: Part A**, 33 (1), 78-85.

GREGER, J. L. ve William Goetz ve Darryl Sullivan (1985). “Aluminum Levels in Foods Cooked and Stored in Aluminum Pans, Trays and Foil”, **Journal of Food Protection**, 48 (9), 772-777.

GU, Yang- Guang ve Hong-Hui Huang ve Qin Lin (2016). “Concentrations and Human Health İmplications of Heavy Metals İnwild Aquatic Organisms Captured From the Core Area of Daya Bay’s Fishery Resource Reserve, South China Sea”, **Environmental Toxicology and Pharmacology**, 45, 90-94.

GUPTA, Soujit Sen ve diğerkleri (2016). “Cooking-Induced Corrosion of Metals”, **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, 4, 4781-4787.

GÜLEÇ, Atilla (2013). **Türkiye’de Organik ve Klasik Yöntemlerle Üretilen Zeytinyağlarının Ağır Metal İçeriğine Yönelik Bir Araştırma**. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

GÜNEŞ, Mehmet (2001). **Alüminyum Kaplardan Yemeklere ve Diğer Yiyeceklere Geçen Alüminyum Miktarının Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi**. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

GÜNHAN, Rabia Serpil ve Suzan Yalçın (2015). “Konya ve Çevresinde Tüketime Sunulan Balıklarda Civa ve Kadmiyum Düzeyi”, **Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi**, 2 (1), 60-65.

HEDEEN, Nicole ve David Reimann ve Karen Everstine (2016). “Microwave Cooking Practices in Minnesota Food Service Establishment”, **Journal of Food Protection**, 79 (3), 507-511.

HEPP, Luiz U. ve Joao A. M. S. Pratas ve Manual A. S. Graça (2017). “Arsenic in Stream Waters is Bioaccumulated but Neither Biomagnified Through Food Webs nor Biodispersed to Land”, **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 139, 132-138.

HİŞİL, Yaşar (1989). “Metalik Kontaminasyon ve Mineral Madde Korunumu Yönünden Çift Tabanlı Çelik Tencerelerin Diğer Tencerelerle Karşılaştırılması”, **Gıda Dergisi**, 14 (6), 363-369.

HOU, Xiandeng ve Bradley T. Jones (2000). **Inductively Coupled Plasma/Optical Emission Spectrometry**, Birinci Baskı, İngiltere: John Wiley & Sons, Chichester.

JARUP, Lars (2003). “Hazards of Heavy Metal Contamination”, **British Medical Bulletin**, 68, 167-182.

JONES, D. A. ve diğerleri (2002). “Microwave Heating Applications in Environmental Engineering–A Review”, **Resources, Conservation and Recycling**, 34, 75-90.

JOYCE, Kobla ve diğerleri (2016). “Effects of Different Cooking Methods on Heavy Metals Level in Fresh and Smoked Game Meat”, **Journal of Food Processing & Technology**, 7 (9), 1-3.

KAHVECİOĞLU, Özge ve diğerleri (2003). “Metallerin Çevresel Etkileri”, **TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Dergisi**, 136, 47-53.

KALOGEROPOULOS, Nick ve diğerleri (2012). “Heavy Metals in Raw, Fried and Grilled Mediterranean Finfish and Shellfish”, **Food and Chemical Toxicology**, 50, 3702-3708.

KAMERUD, Kristin L. ve Kevin A. Hobbie ve Kim A. Anderson (2013). “Stainless Steel Leaches Nickel and Chromium into Foods During Cooking”, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 61 (39), 9495-9501.

KAN, Fahriye (2015). **Afyon Manda Kaymağı ve Kaymakaltı Sütlerinde Bazı Ağır Metallerin ICP-MS ile Araştırılması**. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.

KARCIK, Hatice (2017). **Çeşitli Organik Kuruyemişlerin Ağır Metal İçeriklerine Yönelik Bir Araştırma**. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

KHALIL, H. M. ve Selhem A. F. (2014). “Risk Assessment of Using Aluminum Foil in Food Preparation”, **Journal of Ultra Chemistry**, 10 (2), 125-128.

KOUCHAKZADEH, Ahmad ve Aref Safari (2015). “Studies on Microwave Energy Absorption of Fresh Green Bell Pepper (Capsicum)”, **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, 17 (2), 105-111.

KOULAOUZİDİS, Anastasios ve diğerleri (2009). “Soluble Transferrin Receptors and Iron Deficiency, A Step beyond Ferritin. A Systematic Review”, **Journal of Gastrointestinal and Liver Diseases**, 18 (3), 345-352.

KREWSKI, Daniel 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.

KUKUL, Yasemin S. ve Ayben D. Ünal Çalışkan ve Süer Anaç (2007). “Aritılmış Atık Suların Tarımda Kullanılması ve İnsan Sağlığı Yönünden Riskler”, **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 44 (3), 101-116.

LEBLANC, Jean Charles ve diğerleri (2005). “Dietary Exposure Estimates of 18 Elements From the 1st French Total Diet Study”, **Food Additives and Contaminants**, 22 (7), 624-641.

LEBLEBİCİ, Zeliha ve Ahmet Aksoy (2008). “Kayseri Civarında Satılan Bazı Kuruyemişlerin Ağır Metal Miktarlarının Karşılaştırılması”, **Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi**, 1 (1), 5-9.

LIU, Xingmei ve diğerleri (2013). “Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in Soil–Vegetable System: A Multi-Medium Analysis”, **Science of the Total Environment**, 463-464, 530-540.

McGEE, Harold (2004). **On Food and Cooking**, Birinci Baskı, New York: Scribner.

MESSNER, Barbara ve diğerleri (2016). “Cadmium Overkill: Autophagy, Apoptosis and Necrosis Signalling in Endothelial Cells Exposed to Cadmium”, **Cellular and Molecular Life Sciences**, 73 (8), 1699-1713.

MOHAMMED, Najat K. ve Fatma O. Khamis (2012). “Assessment of Heavy Metal Contamination in Vegetables Consumed in Zanzibars”, **Journal of Natural Sciences**, 4 (8), 588-594.

MOMEN, Awad A. ve diğerleri (2006). “Investigation of four Digestion Procedures for Multi-Element Determination of Toxic and Nutrient Elements in Legumes by Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry”, **Analytica Chimica Acta**, 565, 81-88.

MORSHEY, Alaa El Din ve diğerleri (2015). “Heavy Metals Residues in Marketed Fish at Manzala, Dakahyia”, **2nd Conference of Food Safety, Suez Canal University, Faculty of Veterinary Medicine**, 1, 112-118.

MUNOZ, Sergi ve Isabel Achaerandio ve Yali Yang ve Montserrat Pujola (2017). “Sous Vide Processing as an Alternative to Common Cooking Treatments: Impact on the Starch Profile, Color, and Shear Force of Potato (*Solanum Tuberosum* L.)”, **Food and Bioprocess Technology**, 10 (4), 759-769.

NASERİ, Mahmood ve diğerleri (2014). “Effects of Two Cooking Methods on the Concentrations of Some Heavy Metals (Cadmium, Lead, Chromium, Nickel and Cobalt) in Some Rice Brands Available in Iranian Market”, **Journal of Chemical Health Risks**, 4 (2), 65-72.

NAZİMA, B. ve V. Manoharan ve S. Miltonprabu (2016). “Oxidative Stress Induced by Cadmium in the Plasma, Erythrocytes and Lymphocytes of Rats: Attenuation by Grape Seed Proanthocyanidins”, **Human and Experimental Toxicology**, 35 (4), 428-447.

NOTTEN, M. J. M ve diğerleri (2005). “Heavy Metal Concentrations in a Soil-Plant-Snail Food Chain Along a Terrestrial Soil Pollution Gradient”, **Environmental Pollution**, 138, 178-190.

NSENGİMANA, Hermogene ve diğerleri (2012). “Assessment of Heavy Metals Leachability From Traditional Clay Pots “İnkono” and “İbibindi” Used As Food Contact Materials”, **Rwanda Journal: Life and Natural Sciences**, 25 (D), 52-65.

OGİDİ, Muiyiwa ve M. K. C. Sridhar ve A. O. Coker (2017). “A Follow-Up Study Health Risk Assessment of Heavy Metal Leachability from Household Cookwares”, **Journal of Food Science and Toxicology**, 1 (3), 1-9.

OJEZELE, Omolara Jemimah ve Matthew Obaineh Ojezele ve Abiola Muhammad Adeosun (2016). “Cooking Utensils as Probable Source of Heavy Metal Toxicity”, **Middle-East Journal of Scientific Research**, 24 (7), 2216-2220.

OKÇU, Melih ve diğerleri (2009). “Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri”, **Alınteri Zirai Bilimler Dergisi**, 17 (B), 14-26.

ORİSAKWE, Orish Ebere ve diğerleri (2012). “Heavy Metals Health Risk Assessment for Population via Consumption of Food Crops and Fruits in Owerri, South Eastern, Nigeria”, **Chemistry Central Journal**, 6 (77), 1-7.

ORUÇ, Mücahit ve diğerleri (2016). “Mercury İntake by Gastrointestinal Track and İmportance of Blood Level Measurement Method: A Case Report”, **Journal of Turgut Ozal Medical Center**, 23 (2), 220-222.

ÖRÜN, Emel ve S. Songül Yalçın (2011). “Kurşun, Civa, Kadmiyum: Çocuk Sağlığına Etkileri ve Temasının Belirlenmesinde Saç Örneklerinin Kullanımı”, **Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi**, 3 (2), 73-81.

ÖZBOLAT, Gülüzar ve Abdullah Tuli (2016). “Ağır Metal Toksisitesinin İnsan Sağlığına Etkileri”, **Arşiv Kaynak Tarama Dergisi**, 25 (4), 502-521.

ÖZDEMİR, Nihal (2015). “Çocuklarda Tanıdan Tedaviye Demir Eksikliği Anemisi”, **Türk Pediatri Kurumu Derneği**, 50, 11-19.

ÖZKAYNAK, Sibel (2014). **Türkiye’de Tüketilen Bazı Baklagil, Kuruyemiş ve Şifalı Bitkilerde Grafit Fırınlı Atomik Absorpsiyon Spektrometri**

ile Eser Element Tayini. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

PEHLUVAN, Mücahit ve diğerleri (2015). “Heavy Metal and Mineral Levels of Some Fruit Species Grown at the Roadside in the East Part of Turkey”, **Fresenius Environmental Bulletin**, 24 (4), 1302-1309.

PIOMELLI, Sergio (2002). “Childhood Lead Poisoning”, **The Pediatric Clinics of North America**, 49, 1285-1304.

POOLE, Robert L. ve diğerleri (2010). “Aluminum Content of Parenteral Nutrition in Neonates: Measured Versus Calculated Levels”, **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, 50 (2), 208-211.

POURRET, Olivier ve Jean-Clude Bollinger (2018). “Heavy metal - What to do now: To use or not to use?”, **Science of the Total Environment**, 610-611, 419-420.

RADWAN, Mohamed A. ve Ahmed K. Salama (2006). “Market Basket Survey for some Heavy Metals in Egyptian Fruits and Vegetables”, **Food and Chemical Toxicology**, 44, 1273-1278.

REHMAN, Zahir Ur ve diğerleri (2017). “Lead and Cadmium Contamination and Exposure Risk Assessment Via Consumption of Vegetables Grown in Agricultural Soils of Five-Selected Regions of Pakistan”, **Chemosphere**, 168, 1589-1596.

RITTIRONG, Anawat ve Kiadtisak Saenboonruang (2018). “Quantification of Aluminum and Heavy Metal Contents in Cooked Rice Samples from Thailand Markets Using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) and Potential Health Risk Assessment”, **Emirates Journal of Food and Agriculture**, 30 (5), 372-380.

ROYCHOWDHURY, Tarit ve Hiroshi Tokunaga ve Masanori Ando (2003). “Survey of Arsenic and Other Heavy Metals in Food Composites and Drinking Water and Estimation of Dietary Intake by the Villagers from an Arsenic-Affected Area of West Bengal, India”, **The Science of the Total Environment**, 308, 15-35.

SAİD, Suzan A. (2015). “The Impact of Using the Scratched Utensil on Food Contamination with Heavy Metals”, **Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology**, 9 (5), 73-78.

SHAH, Palak ve diğerleri (2017). “Arsenic Induces p62 Expression to Form a Positive Feedback Loop with Nrf2 in Human Epidermal Keratinocytes: Implications for Preventing Arsenic-Induced Skin Cancer”, **Molecules**, 22 (2), 1-12.

SİNGH, Reena ve diğerleri (2011). “Heavy Metals and Living Systems: An Overview”, **Indian Journal of Pharmacology**, 43 (3), 246-253.

SOYER, Ayla ve Nuray Kolsarıcı (1993). “Mikrodalga Fırında Pişirmenin Etlerin Kalite Özelliklerine Etkisi”, **Gıda Dergisi**, 18 (1), 35-43.

STAHL, Thorsten ve diğerleri (2017). “Migration of Aluminum from Food Contact Materials to Food—a Health Risk for Consumers? Part III of III: Migration of Aluminum to Food from Camping Dishes and Utensils Made of Aluminum”, **Environmental Sciences Europe**, 29 (17), 1-3.

TATAR, Şeyma İrem (2013). **Trace Metal Analysis of Fresh and Canned Food Samples by Anodic Stripping Voltammetry**. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

TAYAR, Mustafa ve Canan Hecer (2016). **Hazır Yemek Sistemleri**, Ankara: Dora Yayıncılık.

TAYFUR, Muhittin ve İlhami Ünlüoğlu ve Özgün Bener (2002). ‘Alüminyum ve Sağlık’, **Gıda Dergisi**, 27 (4), 305-309.

TAWFİK, M. S. (2013). “Impact of Different Cooking Processes on Proximate Metals Composition of Fish and Shrimp”, **Journal of Food Technology**, 11, (4-6), 95-102.

TEKİN, Serkan (2014). **Elma ve Üzüm Sirkelerinin Ağır Metal İçeriklerinin ICP-MS ile Belirlenmesi**. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

TEMBO, Backsion D. ve Kwenga Schilongo ve Joseph Cernak (2006). “Distribution of Copper, Lead, Cadmium and Zinc Concentrations in Soils Around Kabwe Town in Zambia”, **Chemosphere**, 63, 497-501.

TEMİDAYO, Odularu Ayodele (2011). “Cadmium and Chromium Determination in Food Boiled in Steel and Stainless Steel Pots”, **Learning Publics Journal of Agriculture and Environmental Studies**, 2 (2), 45-50.

TESFAYE, Binyame (2015). **Metal Leaching From Traditional Cookware: Could It Be A Public Health Concern**. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Addis Ababa University, Doğa Bilimleri Topluluğu, Etiyopya.

TGK (2017), **Gıdalardaki Bulaşanların Maksimum Limitleri**. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-8-1.pdf>, 10 Mayıs 2017 tarihinde erişildi.

TÜRKÖZÜ, Duygu ve Nevin Şanlıer (2012). “Gıdalardaki Ağır Metal Kontaminasyonları: Genel Bakış”, **Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi**, 26 (4), 73-80.

TÜRKÖZÜ, Duygu ve Nevin Şanlıer (2014). “Gıdalardaki Ağır Metal Kontaminasyonları: Bulaşma Kaynakları, Sağlık Riskleri ve Ulusal/Uluslararası Standartlar”, **Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi**, 9 (3), 29-46.

UDDIN, Mohammad Kashif (2016). “A Review on the Adsorption of Heavy Metals by Clay Minerals, with Special Focus on the Past Decade”, **Chemical Engineering Journal**, 308, 438-462.

URİAH, Lar ve Caleb Dungrit ve Gusikit Rhoda (2014). “Locally Made Utensils as Potential Sources of Heavy Metals Contamination of Water: A Case Study of Some Pots Made in Nigeria”, **American Journal of Environmental Protection**, 3 (6-2), 35-41.

WEİDENHAMER, Jeffrey D. ve diğerleri (2014). “Lead Exposure From Aluminum Cookware in Cameroon”, **Science of the Total Environment**, 496, 339-347.

WHO (2000). “Hazardous Chemicals in Human and Environmental Health a Resource Book for School, College and University Students”, **International Programme on Chemical Safety**, Geneva: WHO.

WHO (2017), **Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives**. <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/search.aspx?fc=47>, 24 Mayıs 2017 tarihinde erişildi.

YALÇIN, Öznur (2009). **Konya’da Tüketime Sunulan Beyaz Salamura, Tulum ve Kaşar Peynirlerinin Ağır Metal İçeriklerinin Araştırılması**. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.

YALÇIN, Mustafa ve Halis Oğuz (2010). “Konya Bölgesi İçme Sularındaki Ağır Metal Düzeylerin Araştırılması”, **Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi**, 35, 9-18.

YANG, Mei ve diğerleri (2014). “Dietary Exposure to Aluminium and Health Risk Assessment in the Residents of Shenzhen, China”, **Plos One**, 9 (3), 1-8.

YAPICI, Gülçin ve Günay Can ve Ümit Şahin (2002). “Çocuklarda Asemptomatik Kurşun Zehirlenmesi”, **Cerrahpaşa Tıp Dergisi**, 33 (3), 197-204.

YASMEEN, Kousar ve diğerleri (2015). “Assessment of Heavy Metals Pollution and Estimation of DImetal Values in Vegetables Impacted by

Translocation and Geological Location”, **Journal of The Chemical Society Of Pakistan**, 37 (3), 579-587.

YILMAZ, Muammer ve diğeri (2014). “Konuralp Beldesinde İçme Sularının Elementer Analizi ve İçerdiği Ağır Metaller: Şebeke Suyu, Doğal Kaynak Suyu ve Zemzem Suyunun Karşılaştırılması”, **Konuralp Tıp Dergisi**, 6 (3), 54-58.

Yİ, Yujun ve diğeri (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, 295-302.

ZOGO, D. ve L. M. Bawa ve H. H. Soclo ve D. Atchekpe (2011). “Influence of Pre-Oxidation with Potassium Permanganate on the Efficiency of Iron and Manganese Removal From Surface Water by Coagulation-Flocculation Using Aluminium Sulphate: Case of the Okpara Dam in the Republic of Benin”, **Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology**, 3 (1), 1-8.

ZUKOWSKA, J. ve M. Biziuk (2008). “Methodological Evaluation of Method for Dietary Heavy Metal Intake”, **Journal of Food Science**, 73 (2), 21-29.

XU, Fangjian ve diğeri (2018). “Heavy Metals in Surface Sediments of the Continental Shelf of the South Yellow Sea and East China Sea: Sources, Distribution and Contamination”, **Catena**, 160, 194-200.

EKLER

EK-1 Çalışmaya İlişkin Görseller Listesi



Resim 1. Yeni Teflon Tencere



Resim 2. Eski Teflon Tencere



Resim 3. Çelik Tencere



Resim 4. Bakır Tencere



Resim 5. Alüminyum Tencere



Resim 6. Yeni Teflon Tencere Suda Bekletme



Resim 7. Eski Teflon Tencere Suda Bekletme



Resim 8. Çelik Tencere Suda Bekletme



Resim 9. Bakır Tencere Suda Bekletme



Resim 10. Alüminyum Tencere Suda Bekletme



Resim 11. Yeni Teflon Tencere Pişirme Sonrası



Resim 12. Eski Teflon Tencere Pişirme Sonrası



Resim 13. Çelik Tencere Pişirme Sonrası



Resim 14. Bakır Tencere Pişirme Sonrası



Resim 15. Alüminyum Tencere Pişirme Sonrası



Resim 16. Havanda Örneğin Öğütülmesi



Resim 17. Hassas Terazide Tartım İşlemi 1



Resim 18. Hassas Terazide Tartım İşlemi 2



Resim 19. Etüvde Kurutma İşlemi 1



Resim 20. Etüvde Kurutma İşlemi 2



Resim 21. Etüvde Kurutma İşlemi Sonrası



Resim 22. Örneklerin Numune Poşetine Alınması 1



Resim 23. Örneklerin Numune Poşetine Alınması 2



Resim 24. Numaralanmış ve Etiketlenmiş Numuneler

