

**TOPRAK KAPLARDA ÜRETİLEN FARKLI
TÜR YOĞURTLARDA AĞIR METAL
MİGRASYONUNUN BELİRLENMESİ**

Fatma Nur GÜREL

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Abdurrahman Fatih FİDAN

İkinci Danışman: Prof. Dr. Recep KARA

Tez No: 2024-001

Afyonkarahisar

**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOKİMYA ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TOPRAK KAPLARDA ÜRETİLEN FARKLI TÜR YOĞURTLARDA
AĞIR METAL MİGRASYONUNUN BELİRLENMESİ**

**Hazırlayan
Fatma Nur GÜREL**

**Danışman
Prof. Dr. Abdurrahman Fatih FİDAN**

**2. Danışman
Prof. Dr. Recep KARA**

Tez No: 2024-001

AFYONKARAHİSAR

Bu tez çalışması; Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Proje Araştırmaları Koordinasyon Birimi (BAPK) Tarafından Desteklenmiştir. Proje No: "23.SAĞ.BİL.04 "

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ENSTİTÜ ONAYI

Öğrencinin	Adı- Soyadı	Fatma Nur GÜREL
	Numarası	213357012
	Anabilim Dalı	Veterinerlik Biyokimyası
	Programı	Yüksek Lisans
	Program Düzeyi	<input checked="" type="checkbox"/> Yüksek Lisans <input type="checkbox"/> Doktora
Tezin Başlığı	Toprak Kaplarda Üretilen Farklı Tür Yoğurtlarda Ağır Metal Migrasyonunun Belirlenmesi	
Tez Savunma Sınav Tarihi	15.01.2024	
Tez Savunma Sınav Saati	11:00	

Yukarıda bilgileri verilen öğrenciye ait tez, Afyon Kocatepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek oy birliği ile kabul edilmiştir.

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... / / tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Esmâ KOZAN
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Bilimsel Yayın Etiği İlkeleri ve Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü Afyon Kocatepe Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı **beyan ederim.**

Fatma Nur GÜREL

ÖZET

TOPRAK KAPLARDA ÜRETİLEN FARKLI TÜR YOĞURTLARDA AĞIR METAL MİGRASYONUNUN BELİRLENMESİ

Bu çalışmada, inek, koyun ve manda sütlerinden çömlerlede yoğurt mayalanmış ve bu yoğurtlardan 2., 4., 6., 8., ve 10. günlerde numune alınarak çömlerden yoğurda geçen Al, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Cd ve Pb düzeyleri araştırılmıştır. Ayrıca % 4'lük asetik asit migrasyon testi uygulanmıştır. Çalışmada elde ettiğimiz bulgular, hem %4 asetik asit testinde hem de inek, koyun ve manda yoğurtlarında çalışma süresince migrasyonun gerçekleştiği ve artarak devam ettiği izlenmiştir. Çalışmada inek, koyun ve manda yoğurtlarında migrasyon düzeyleri % 4'lük asetik asitle gerçekleştirilen migrasyon düzeyleri ile karşılaştırıldığında %4 asetik asit çözeltisinde daha yüksek düzeyde migrasyon gerçekleştiği görülmüştür. Çalışmada inek, koyun ve manda yoğurtlarında Pb ve Cd migrasyon düzeyleri % 4'lük asetik asitle gerçekleştirilen migrasyon düzeyleri ile karşılaştırıldığında elde edilen tüm sonuçlar yasal limitlerin altında kalmaktadır. Yine inek, koyun ve manda yoğurtlarında migrasyon düzeyleri % 4'lük asetik asitle gerçekleştirilen migrasyon düzeyleri ile karşılaştırıldığında, % 4 asetik asit çözeltisi deneyinde Al bildirilen spesifik salım limiti (SRL) değerinin üzerine çıkmıştır. İnek, koyun ve manda yoğurtlarında ise çalışmanın 10. Günü alınan örneklerde SRL değerinin üzerinde Al değerleri gözlenmiştir. Cr, Mn, Co, Ni, Cu ve Fe değeri bütün gruplarda ve alınan tüm numune zamanlarında belirtilen SRL limitinin altındadır. Zn ise koyun yoğurdunda çalışmanın 4,6,8 ve 10. günlerinde ve Manda yoğurtlarında 8. ve 10. Gününde belirtilen SRL düzeyinin üzerinde çıkmıştır. Koyun ve Manda sütlerinin Zn düzeyinin yüksek olduğu için yoğurtlarda da yüksek seviyede Zn düzeylerinin gerçekleştiği düşünülmektedir. Sonuç olarak, Pb ve Cd gibi iki toksik etkili ağır metaller değil, diğer ağır metallerinde toprak kaplardan migrasyonu mümkündür. Mevcut mevzuatta bu konuda eksiklikler bulunmakta olup, gelecekteki çalışmaların bu yönde gelişim göstermesi muhtemeldir. Bununla birlikte toprak kapların yapıldığı ham maddeler ve üretim proseslerinde kalite kontrol standartlarının uygulanmasıyla sağlanabilir. Yüksek seviyedeki metallerin insan sağlığı üzerindeki tehlikeleri konusunda toplumda farkındalık yaratılması büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Migrasyon, Toprak kap, Yoğurt

SUMMARY

**DETERMINATION OF HEAVY METAL MIGRATION IN DIFFERENT KINDS
OF YOGURT PRODUCED IN EARTHENWARE**

In this study, yoghurt was fermented in pots from cow, sheep and buffalo milk and the levels of Al, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Cd and Pb transferred from the pot to the yoghurt were investigated by taking samples on the 2nd, 4th, 6th, 8th and 10th days. In addition, 4% acetic acid migration test was applied. The findings of the study showed that migration occurred and increased during the study period both in 4% acetic acid test and in cow, sheep and buffalo yoghurt. When the migration levels of cow, sheep and buffalo yoghurt were compared with the migration levels of 4% acetic acid, it was observed that a higher level of migration occurred in 4% acetic acid solution. When the migration levels of Pb and Cd in cow, sheep and buffalo yoghurt were compared with the migration levels with 4% acetic acid, all the results obtained were below the legal limits. Again, when the migration levels of Al in cow, sheep and buffalo yoghurt were compared with the migration levels carried out with 4% acetic acid, Al exceeded the reported specific release limit (SRL) value in the 4% acetic acid solution experiment. In cow, sheep and buffalo yoghurt, Al values above the SRL value were observed in the samples taken on the 10th day of the study. Cr, Mn, Co, Ni, Cu and Fe values were below the SRL limit in all groups and at all sample times. Zn was above the SRL in sheep yoghurt on days 4, 6, 8 and 10 of the study and in buffalo yoghurt on days 8 and 10. Since the Zn levels of sheep and buffalo milk were high, it is thought that high levels of Zn were also realised in yoghurt. In conclusion, not only two toxic heavy metals such as Pb and Cd, but also other heavy metals can migrate from earthenware containers. There are deficiencies in the current legislation in this regard, and future studies are likely to develop in this direction. However, it can be ensured by applying quality control standards in the raw materials and production processes of earthenware containers. It is of great importance to raise public awareness about the dangers of high levels of metals on human health.

Keywords: Earthenware, Heavy metals, Migration, yoghurt

ÖNSÖZ

Toprak kaplardan gıdaya ağır metal geçişi konusunda ülkemizde bir çok araştırma yapılmıştır. Ancak çömlek kaplardan farklı yoğurt türlerine ağır metal geçişinin araştırıldığı bu çalışma, ülkemizde bu konuda gerçekleştirilen ilk çalışmadır. Bu araştırmadan elde edilen veriler, gelecekteki çalışmalara ışık tutacak ve bu alanda alınması gereken önlemler hakkında bilgi sağlayacaktır. Dolayısıyla, bu çalışmadan elde edilen bulgular ileride yapılacak diğer çalışmalar için de değerli bir kaynak olacak, hem koruyucu hekimlik hem de gıda güvenliği açısından önemli katkılar sağlayacaktır.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca ilk günden itibaren her aşamasında yardımlarını benden esirgemeyen, bilgi birikimi ile farklı açılardan bakmamı sağlayan, kendilerini tanıma fırsatı bulduğum için kendimi çok şanslı hissettiğim, hem abi hem hoca bildiğim sevgili danışman hocam Prof. Dr. A. Fatih FİDAN' a en içten dileklerim ile sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yapılan bu yüksek lisans tez çalışmasının yürütülmesi süresi boyunca, kıymetli bilgiler ışığında, tez çalışmamın özellikle laboratuvar çalışmaları Gıda Hijyeni ve Teknolojisi aşamasında değerli vakitlerini ayırıp desteklerini esirgemeyen ikinci danışman hocam Prof. Dr. Recep KARA' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitim sürecinde ders aldığım ve bu süreçte bilgilerimi benden esirgemeyen Afyon Kocatepe Üniversitesi Veteriner Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı öğretim üyeleri değerli hocalarım; Sayın Prof. Dr. Nalan BAYŞU SÖZBİLİR , sayın Prof. Dr. Gülcan AVCI, sayın Dr. Öğr. Üyesi Barış DENK , sayın Doç. Dr. Damla ARSLAN ACARÖZ, sayın Prof. Dr. İsmail KÜÇÜKKURT en içten sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatım boyunca maddi ve manevi yönden desteklerini esirgemeyen ve desteklerini hep arkamda hissettiğim sevgili babam Bekir GÜREL, sevgili annem Nuray GÜREL, sevgili ağabeylerim Hüseyin GÜREL ve Salih GÜREL'e en içten sevgi dolu sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmamın 23.SAĞ.BİL.04 no ile desteklenmesini sağlayan Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Proje Araştırmaları Koordinasyon Birimine (BAPK) katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Fatma Nur GÜREL

Afyonkarahisar

2024

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖZET	i
SUMMARY	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ŞEKİLLER	vii
GRAFİKLER	viii
FOTOGRAFLAR	ix
ÇİZELGELER	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Yoğurt	2
1.2. Toprak Menşeli Kaplar	6
1.3. Ağır Metaller	9
1.3.1. Alüminyum (Al)	11
1.3.2. Krom (Cr)	12
1.3.3. Demir (Fe)	13
1.3.4. Nikel (Ni)	14
1.3.5. Bakır (Cu)	15
1.3.6. Çinko (Zn)	15
1.3.7. Manganez	16
1.3.8. Kurşun (Pb)	17
1.3.9. Kobalt (Co)	18
1.3.10. Kadmiyum (Cd)	18
1.4. Mutfak Gereçlerinden Gıdaya Ağır Metal Geçişi	19
2. MATERYAL VE METOT	27
2.1. Toprak Kapların Temini	27
2.2. İnek, Koyun ve Manda Sütlerinin Temini ve Yoğurt Mayalama Süreci	29
2.3. Analizler	31
3. BULGULAR	35
4. TARTIŞMA	44
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	62
6. KAYNAKLAR	65

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	:	Yüzde
°C	:	Santigrad
Al	:	Alüminyum
ALA – D	:	Delta-aminolevulinik asit dehidrataz
As	:	Arsenik
ATSDR	:	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
Ba	:	Baryum
Cd	:	Kadmiyum
CH ₃ CO ₂ H	:	Glasiyal asetik asit
Co	:	Kobalt
Cp	:	Viskozite
Cr	:	Krom
Cu	:	Bakır
DAYTAM	:	Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama Merkezi
DSÖ	:	Dünya Sağlık Örgütü
FDA	:	Birleşik Amerika Gıda ve İlaç İdaresi
Fe	:	Demir
g/ Kg	:	Gram /kilogram
g/cm ³	:	Gram /santimetreküp.
g/kg	:	Gram/kilogram
GSH	:	Glutasyon
H ₂ O ₂	:	Hidrojen peroksit
HNO ₃	:	Nitrik Asit
IARC	:	Uluslar arası kanser araştırma ajansı
ICP-MS	:	İnduktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi
ICP-OES	:	İnduktif Eşleşmiş Plazma – Optik Emisyon Spektroskopisi
Kg	:	Kilogram
Li	:	Lityum
MEGEP	:	Mesleki Eğitim Ve Öğretim Sisteminin. Güçlendirilmesi projesi
Mg/ L	:	Miligram / Litre
Mg/gün	:	Miligram / gün
ml	:	Mililitre
Mn	:	Mangan
Ni	:	Nikel

Ni	:	Nikel
Pb	:	Kurşun
ppb	:	Mikrogram/litre
ROS	:	Reaktif oksijen türleri
Sb	:	Antimon
Sn	:	Kalay
SRL	:	Spesifik Salım Limiti
Ti	:	Titanyum
V	:	Vanadyum
WHO	:	Dünya Sağlık Örgütü
Zn	:	Çinko
µg/l	:	Mikrogram/litre

ŞEKİLLER

SAYFA

Şekil 2.1: Deney Düzenegi ve Numune Alma Zamanları.....	33
---	----

GRAFİKLER

SAYFA

Grafik 2.1: Çalışmada araştırılan her bir elemente ait standart grafikleri.....	34
Grafik 3.1: Yoğurt pH değişimleri	35
Grafik 3.2: %4'lük asetik asit çözeltisine geçen ağır metal düzeyleri.	37
Grafik 3.3: Toprak kaptan, inek yoğurduna geçen ağır metal düzeyleri.....	39
Grafik 3.4: Toprak kaptan, koyun yoğurduna geçen ağır metal düzeyleri.....	41
Grafik 3.5: Toprak kaptan, manda yoğurduna geçen ağır metal düzeyleri.	43

FOTOGRAFLAR

SAYFA

Fotoğraf 1.1: Toprak Çömlek.....	7
Fotoğraf 2.1.: Çalışma materyalini oluşturan çömler.....	27
Fotoğraf 2.2: Deneme gruplarını oluşturan çömler.	28
Fotoğraf 2.3: Starter kültür kullanılarak İnek, Koyun ve Manda yoğurtu üretim aşamaları.....	30

ÇİZELGELER

SAYFA

Çizelge 1.1: İnek, koyun ve manda sütü bileşimleri (%)	3
Çizelge 1.2: Farklı Sütlerden Üretilen Yoğurtların Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri... 6	6
Çizelge 1.3: Sağlık etkilerinin özelliklerine göre metallerin sınıflandırılması	10
Çizelge 3.1: %4'lük asetik asit çözeltisine geçen ağır metal düzeyleri.	36
Çizelge 3.2: Toprak kaptan, inek yoğurduna geçen ağır metal düzeyleri.	38
Çizelge 3.3: Toprak kaptan,koyun yoğurduna geçen ağır metal düzeyleri.....	40
Çizelge 3.4: Toprak kaptan, manda yoğurduna geçen ağır metal düzeyleri.	42

1. GİRİŞ

Günlük hayatımızda sağlıklı ve güvenilir gıdalar tüketmek büyük bir önem taşır, ancak bu hedefe ulaşmayı tehdit eden sayısız tehlike bulunmaktadır. Gıda üretim zinciri boyunca, çiftlikten sofraya kadar, birçok farklı kaynaktan gelen sağlık riskleri gıdaların güvenliğini tehlikeye sokabilmektedir (Giray ve Soysal, 2007). Bu tehlikeler, genellikle normal koşullarda bulunmayan kontaminasyonlar ve toksik kalıntılar şeklinde ortaya çıkabilir. Hem endüstrileşmenin sonucu olarak çevresel kirlenme hem de gıdaların temas ettiği kap ve ekipmanlardan kaynaklanan kontaminasyonlar, sağlığımızı tehdit edebilir (Hışıl, 1989). Ayrıca, ağır metaller doğal olarak çevremizde bulunan ancak endüstriyel işlemler sonucu yoğunlaşabilen toksik maddelerdir. Bu metaller, topraktan bitkilere, hayvanlara, süt ve et ürünlerine, sulardan balıklara ve gıda üretim süreçlerinde kullanılan araçlara kadar birçok yolla gıdalara karışabilir. Ayrıca, gıdalarla temas eden ve uygun şekilde üretilmeyen kaplar da bu kontaminasyonlara neden olabilir. Dolayısıyla, sağlıklı ve güvenilir gıdalar elde etmek için hammaddeden üretim süreçlerine ve tüketim aşamasına kadar ilgili standartlara ve yasal düzenlemelere titizlikle uyulmalıdır (Karabulut, 2016).

Toprak kaplar, hayatımızda yaygın bir şekilde kullanılan önemli ekipmanlardır. Genellikle güvenli ve kullanışlı olsalar da, bazı durumlarda sağlığımızı tehdit edebilirler. Özellikle toprak kapların yapımında veya sırlarında ağır metaller bulunabilir, bu nedenle bu tür kapların gıda için kullanımı dikkat gerektirir. Ağır metal kontaminasyonu, genellikle kapların üretim yöntemlerine, kullanılan malzemelere ve amaçlarına bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu nedenle, toprak kaplarını güvenli bir şekilde kullanmak veya üretmek için dikkatli olunmalıdır.

Son yıllarda, toprak kaplarda mayalanan yoğurtlar, organik ve otantik oldukları için tüketiciler arasında popülerlik kazanmıştır. Ancak bu kaplarda yapılan farklı türdeki yoğurtlardan ağır metallerin migre edip etmediği konusunda yeterli veri bulunmamaktadır. Bu araştırma, toprak kaplardan yoğurda geçebilecek ağır metal seviyelerini belirlemeyi ve farklı hayvan türlerinden elde edilen sütlerle yapılan yoğurtlar arasındaki farkları incelemeyi amaçlamaktadır.

Toprak kaplardan gıdaya ağır metal geçişi konusunda ülkemizde bir çok araştırma yapılmıştır, ancak ömlük kaplardan farklı yoğurt türlerine ağır metal geçişinin araştırıldığı bu çalışma, ülkemizde bu konuda gerçekleştirilen ilk çalışmadır. Bu araştırmadan elde edilen veriler, gelecekteki çalışmalara ışık tutacak ve bu alanda alınması gereken önlemler hakkında bilgi sağlayacaktır. Ülkemizde bu konuda yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Dolayısıyla, bu çalışmadan elde edilen bulgular ileride yapılacak diğer çalışmalar için de değerli bir kaynak olacak, hem koruyucu hekimlik hem de gıda güvenliği açısından önemli katkılar sağlayacaktır.

1.1. Yoğurt

Süt, memeli yavrularının büyümesi ve gelişmesi için hayati öneme sahip karmaşık bir biyokimyasal sıvıdır. Doğum sonrası bir süre boyunca tüm memeliler için temel bir besin kaynağı olan süt, sadece temel besin öğelerini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda önemli fayda sunar. Örneğin, anne sütü, annenin bağışıklık sistemi molekülleri olan immünoglobülleri içerir ve bu, yenidoğanın bağışıklık sistemini güçlendirerek enfeksiyonlara karşı koruma sağlar. Bununla birlikte, süt aynı zamanda büyümeyi teşvik eden faktörleri içerir ve epidermal büyüme faktörleri, leptin ve adiponektin gibi metabolik hormonları da barındırır. Bu bileşenler, sütün, yavrunun hızlı büyümesini teşvik ederken aynı zamanda metabolizmasını düzenlemesine yardımcı olur (Power ve Schulkin, 2013).

Farklı türler arasında sütün bileşenlerinde, yani protein, yağ ve şeker içeriğinde önemli farklılıklar görölmektedir. Örneğin; sütün yağ içeriği, siyah gergedanlarda %0-2 gibi düşük seviyelerde olabilirken, bazı fok türlerinde %60'a kadar çıkabilir. Sütün şeker içeriği ise bazı yüzgeayaklı türlerinde neredeyse bulunmazken, bazı keselilerde %11'in üzerine çıkabilir. Protein içeriği ise bazı primat türlerinde %1'in altında olurken, *Sylvilagus floridanus* gibi türlerde neredeyse %16'ya kadar değişebilir (Skibieli vd., 2013).

Sütün bileşimi, canlının fizyolojik özelliklerinden, genetik yapısından ve yaşam koşullarından etkilendiği gibi, sağım yöntemlerine bağlı olarak da farklılık gösterebilir. Farklı türler ve ırklara ait sütlerin bileşimlerinin farklı olduğu bilinmektedir. Ayrıca, aynı tür ve ırka ait sütlerin bileşimlerinde coğrafi faktörlere bağlı olarak da değişiklikler gözlemlenmektedir (Tablo 1). Örneğin, inek, koyun ve manda sütlerinin bileşimleri

beslenme, mevsimsel değişiklikler, hayvanın ırkı, çevresel etkenler, laktasyon dönemi ve hayvanın sağlık durumu gibi bir dizi parametreye bağlı olarak değişebilir. İnek sütün ile karşılaştırıldığında, koyun ve manda sütleri, fizikokimyasal ve reolojik özelliklerdeki bu değişkenlik nedeniyle farklılıklar gösterebilir. Söz konusu farklılıkların, bu sütlerden üretilen süt ürünlerinin özellikleri üzerinde önemli bir etkisi olduğu düşünölmektedir (Önür, 2015; Aydın ve Güneşer, 2021).

Çizelge 1.1: İnek, koyun ve manda sütün bileşimleri (%) (Atasever ve Erdem, 2008)

Tür	Su	Kuru madde	Yağ	Protein	Laktoz	Mineral Madde
İnek	87,5	12,4	3,65	3,4	4,65	0,75
Koyun	82,9	17,2	6,25	5,4	4,55	0,88
Manda	82,0	17,7	7,85	4,15	4,8	0,77

Süt, işlenerek elde edilen çeşitli gıdalar genellikle "*süt ürünleri*" olarak adlandırılır. Bu ürünler, farklı tatlar, dokular ve kokular sunarlar. Yoğurt, ayran, kaymak, peynir, tereyağı, dondurma, krema, kımız ve son dönemde probiyotik özellikleri nedeniyle popölerliği artan kefir gibi lezzetli ve sağlıklı gıdalar, "*süt ürünleri*" kategorisi altında değerlendirilir. Bu ürünler, sütün çeşitli işlemlerden geçirilmesiyle ortaya çıkar ve mutfaklarda, restoranlarda ve gıda endüstrisinde geniş bir yelpazede kullanılırlar (Gördes Baş, 2020).

Lezzetli ve sağlıklı özellikleri nedeniyle fermente süt ürünlerinin üretimine ve tüketimine olan ilginin arttığı gözlenmektedir. Homofermentatif yoğurt starter bakterilerinin eklenmesiyle sütün laktik asit fermentasyonu ile elde edilen yoğurt, dünya çapında en çok bilinen fermente süt ürünüdür (Erkaya ve şengöl, 2008).

Yoğurt; Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliğine göre "*Fermentasyonda spesifik starter kültür olarak Streptococcus thermophilus ve Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus'un birlikte kullanıldığı, inkübasyon sonrasında pıhtısı karıştırılarak kırılmamış (set) ya da kırılmış (stirred) formda elde edilen ve son tüketim tarihinde yeterli sayıda, canlı ve aktif starter bakteri bulunduran fermente süt ürünü*" olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2001). TS 1330 yoğurt standardına göre ise, yoğurt; "*inek sütün, koyun sütün, manda sütün, keçi sütün veya karışımlarının pastörize edilmesi veya pastörize sütün, gerektiğinde süt tozu ilavesiyle homojenize edilip veya edilmeden*

Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus ve *Streptococcus thermophilus*'dan oluşan yoğurt kültürünün ilave edilmesi ve uygun işlemlerden sonra elde edilen ürün” olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2006).

Yoğurt, ilk olarak Türkler tarafından en az 1000 yıl önce üretildiği ve tüketildiği kesin olarak üretildiği bilinen bir gıda maddesidir. Yoğurt Avrupa ve Amerikada yirminci yüzyıl'ın başlarında tanınmaya ve üretilmeye başlanmıştır. Yoğurt, Türk kültürünün önemli bir ürünüdür ve Avrupa'da aynı adla anılmıştır (Erkaya ve Şengül, 2008; Akın, 1996).

Ülkemizin farklı bölgelerinde, çeşitli türde sütlerden veya bu sütlerin karışımlarından yoğurt üretilmektedir. Yoğurt, sütün tüm bileşenlerini daha yoğun bir şekilde içerdiği için sütün dengeli bir besin haline getirir. Toplumumuz yıllardır süt içme alışkanlığı geliştiremediğinden, yoğurt tüketimiyle yağ, protein, mineraller, süt şekerleri, çeşitli vitaminler, enzimler ve bağışıklığı güçlendiren maddeler gibi sütün tüm besin öğelerinden faydalanır (Uysal, 1993).

Yoğurt gibi fermente süt ürünleri, beslenmemizde önemli bir yere sahiptir ve kişi başına yoğurt tüketimi yılda ortalama 35.19 kg düzeyindedir. Fransa'da bu rakam 35, Almanya'da 34.63, Hollanda'da 35.70 ve ABD'de ise 7.70 kg olarak kaydedilmiştir. Özellikle yoğurt gibi fermente süt ürünlerinin insan beslenmesindeki önemi arttıkça, yoğurt tüketimi ve dolayısıyla üretimi de artmaktadır. Ülkemizde üretilen sütün yaklaşık %23'ü yoğurt üretiminde kullanılmaktadır (Köse, 2018).

Yoğurt, yüksek besleyici değeri ve kolay sindirilebilirliği nedeniyle insan beslenmesinde önemli bir konuma sahiptir. Aynı zamanda sindirim sistemi düzenler, bağışıklık sistemini güçlendirir ve laktoz intoleransı olan kişiler tarafından rahatlıkla tüketilebilir. Besin değeri yüksek olmanın ötesinde, yoğurdun antimikrobiyal ve antikanserojenik etkilere sahip olduğunu gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Optimal beslenme için kritik bir rol oynayan yoğurt, besin açısından zengin bir kaynak olmanın yanı sıra, probiyotik ilavesi ile düzenli olarak tüketilmesinin sağlık üzerinde olumlu etkileri olduğunu bir dizi araştırma desteklemektedir. Ayrıca, yoğurt tüketimi kanser türleri, kalp-damar hastalıkları, vücut kompozisyonu ve kilo kontrolü gibi birçok sağlık

parametresi ile ilişkilendirilmiş ve bu konuda yapılan çalışmalar olumlu sonuçlar sunmuştur (Kızılaslan ve Solak, 2016).

Binlerce yıl boyunca yoğurt, geleneksel yöntemlerle üretilmiş ve geliştirilmiştir. Ancak bilimsel ve teknolojik ilerlemeler, yoğurt üretimini endüstriyel bir boyuta taşımış ve modern yöntemlerle standart hale getirmiştir. Geleneksel yoğurt üretimi, işlenecek sütün başlangıç hacminin yaklaşık üçte birine kadar kaynatılmasını içerir. Daha sonra süt vücut sıcaklığına soğutulur, bir önceki günün yoğurdu veya onun inceltilmiş versiyonu ile mayalanır ve bu sıcaklıkta bekletilir. Son olarak, yoğurt soğutularak işlem tamamlanır (Ceylan ve Biberoglu, 2013).

Yoğurdun fiziksel ve kimyasal özellikleri, üretildiği sütün özelliklerine ve uygulanan teknolojik işlemlere bağlı olarak değişiklik gösterir. Starter kültür ve fermantasyon süreci, yoğurdun bileşiminde sütün özgün yapısına göre artışlar ve azalmalar meydana getirir. Laktik asit bakterilerinin fermantasyonu, sütün orijinal bileşiminde aşağıdaki değişikliklere yol açar: Laktoz laktik aside dönüşür, proteinler peptitlere ve amino asitlere parçalanır, yağlar ise yağ asitlerine ayrılır. Yoğurt pıhtısı, ısı ile teşvik edilen bir asit-kazein jeli olarak tanımlanır. Isı uygulaması ve inkübasyon sırasındaki asidite artışı, yoğurt pıhtısının oluşumunda önemli bir rol oynar. Bu iki uygulamanın etkisiyle süt proteinlerinde çeşitli değişiklikler meydana gelir ve proteinler arasında farklı etkileşimler meydana gelir. Bu etkileşimlerin türü, şiddeti ve stabilitesi, yoğurt pıhtısının fiziksel özelliklerini belirler. Özetle, yoğurdun fiziksel yapısı, proteinlerin pıhtılaşması sonucu oluşan bir ağ yapısıdır. Bu yapı içinde yağ globülleri, çözünmüş bileşikler ve su molekülleri bulunur (MEGEP 2011).

Yoğurt, kalsiyum, fosfor, magnezyum, A vitamini ve riboflavin gibi önemli besin maddeleri açısından zengin bir kaynaktır. Ayrıca, yoğurt canlı bakteri kültürleri ve metabolitleri içerir, bu da istenmeyen mikroorganizmaların gelişmesini engeller ve ürünü güvenli hale getirir (Wu vd., 2000; Rasic ve Kurmann, 1978). Yoğurt üretiminde kullanılan süt, yoğurdun lezzet, tekstür ve bileşim özellikleri açısından büyük bir öneme sahiptir. Dünya genelinde birçok araştırma inek sütüne odaklansa da, farklı hayvan türlerinden elde edilen sütlerin kullanımı da yaygındır. Türkiye özellikle inek sütü yoğurduyla tanınsa da, farklı bölgelerde inek, manda, keçi ve koyun sütleri veya karışımları ev yapımı yoğurtlar için sıkça kullanılır (Erkaya ve Şengül, 2012). Manda

sütü, özellikle yüksek enerjik ve besleyici özelliklerinden sorumlu olan yüksek yağ içeriği nedeniyle önemli bir besin değerine sahiptir. Ayrıca, manda sütü, Türkiye'de en az üretilen süt olmasına rağmen, her yıl üretilen 82 milyar litre ile (dünyada üretilen sütün %12,5'i) inek sütünden sonra (551 milyar litre ile %84'ü) dünyada en çok üretilen ikinci süttür (Ménard vd., 2010). Diğer süt türü olan koyun sütü, inek sütünden daha yüksek miktarda protein içerir (sırasıyla 58 g/kg ve 33 g/kg) ve yoğurt üretiminde sütün takviye edilmesini gerektirmez. Ayrıca, koyun yoğurdunun hoş bir kremalı ekşi tadı vardır ve birçok kişi tarafından inek yoğurdundan daha iyi olduğu düşünülmektedir (El-Zahar vd., 2003; Kurmann, 1986). Aşağıda Tablo 2'de farklı sütlerden üretilen yoğurtların fiziksel ve kimyasal özellikleri görülmektedir.

Çizelge 1.2: Farklı Sütlerden Üretilen Yoğurtların Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri (Erkaya ve Şengül ,2012).

	Toplam Katı Madde (%)	Kül (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Titre Edilebilir Asitlik (%)	pH	Peynir Altı Suyu Ayrışımı (ml/25g)	Viskozite (cP)
İnek	12.12±0.1	0.72±0.0	3.91±0.1	3.56±0.1	1.01±0.0	4.05±0.1	8.32±1.5	3254±47
Manda	17.87±0.3	0.86±0.0	8.26±0.2	4.72±0.0	1.17±0.1	4.09±0.0	3.39±0.8	13302±15
Koyun	18.59±0.2	0.97±0.0	6.66±0.2	7.02±0.1	1.52±0.1	4.16±0.1	1.51±0.5	21380±10

1.2.Toprak Menşeli Kaplar

Topraktan yapılan ürünler çok eski zamanlardan beri kullanılmaktadır. Günlük yaşamda çok önemli bir yere sahip olmuşlardır. Topraktan yapılan kaplar, insanlık tarihindeki en önemli ve kalıcı teknolojilerden biridir. İnsanlar tarih boyunca yaşadıkları bölgelerde, mutfak eşyalarından süs eşyalarına, sağlık araçlarından çeşitli ürünlere kadar doğal taş ve seramik kaplamalı malzemeleri tercih etmişlerdir. Çömlekler, geleneksel olarak Türkiye, Akdeniz ve Orta Doğu bölgelerinde yiyeceklerin pişirilmesi ve saklanması için kullanılan önemli araçlardır. Fotoğraf 1 de de görülen; çömlek, katı ve sıvı yiyeceklerin pişirildiği, saklandığı ve genellikle düşük sıcaklıklarda üretilen, topraktan yapılmış araçlar olarak tanımlanabilir (Çiftçi ve Henden, 2016; Bulut, 2020; Öney, 2020).



Fotoğraf 1.1: Toprak Çömlek

Çömlekler, topraktan elde edilen kil, kaolin, kuvars ve feldspat maddelerinin belirli oranlarda karıştırılmasıyla üretilir. Kil mineralleri, temel olarak alüminyum hidrosilikatlardan oluşur. Kil, saf bir formda bulunmaz ve içerisinde alüminyum silikatlarının yanı sıra demir, magnezyum, potasyum, kalsiyum, sodyum, kuvars gibi mineraller de bulunur; "kil olmayan malzeme"yi yani safsızlıkları oluştururlar. Kaolin, alkali magmatik kayaların yerinde bozunması sonucu oluşan bir endüstriyel hammadde olarak kabul edilir. Killere göre daha plastik bir yapıya sahiptir. Kuvars, genellikle renksiz veya açık beyaz renkli, ince taneli bir mineraldir. Feldspatlar, silikatlar grubuna aittir ve alümina-silikatlar olarak bilinir. Basitçe söylemek gerekirse, feldspat bir mineral grubunun genel adıdır. Bu hammaddeler özel bir işlemle hamura dönüştürülür ve çömlek yapımında kullanılır (Erman, 2012; Bulut, 2020).

Geleneksel çömlek üretim aşamaları, özen ve ustalık gerektiren farklı tekniklerin kullanıldığı bir süreci içerir ve şu şekilde sıralanabilir: Çamurun Hazırlanması (kuvars, feldspat, kil, kaolin), İçerisine Konulacak Malzemelerin Karıştırılması, Şekillendirme İşleminin Gerçekleştirilmesi, Kurutma İşlemi, Cam Fazının Hazırlanması, Fırınlama, Kontrol, Kontrollü Soğutma (30-35 °C) ve son olarak Kullanıma Hazır Hale Gelmesi (Arcasoy, 1983). Her bir aşama, farklı yetenekler gerektirir ve emek ister. Kurutma işlemi, nemi uzaklaştırarak şekillendirme suyunu çıkarmak amacıyla uygulanan fiziksel bir süreçtir. Kurutma işlemi sonrasında pişirme işlemi gerçekleştirilir. Pişirme,

şekillendirilmiş ve kurutulmuş yarı mamulün, belirli bir program dahilinde ısıtılarak oluşan malzemenin belirli bir program çerçevesinde soğutulma işlemidir. Bu işlem genellikle iki aşamada gerçekleşir: İlk olarak malzeme 500-600 °C sıcaklığa ısıtılır ve daha sonra ürün tekrar 830 °C'ye kadar ısıtılır. Çömllekler sırlı ya da sırsız olarak üretilir. Seramik endüstrisinde sırlama ve renklendirme için baryum, çinko, kobalt ve demir ile birlikte kurşun bileşikleri kullanılır (Mohammed vd., 1997). Malzemenin dayanıklılığını arttırmak, sağlamlık ve canlılık kazandırmak, su geçirmez bir yüzey elde etmek, dekorasyonda deformasyonları önlemek ve işlenebilirliği kolaylaştırmak amacıyla ön yüzeyler genellikle "sır" adını verdiğimiz camsı bir koruyucu tabaka ile kaplanır. Bu sır, öğütülmüş cam, kil, renk veren malzemeler ve su karışımından oluşur ve seramik yapı üzerinde pişirme sonucunda cam benzeri bir yapı oluşturan karışımlara ve bu tabakaya denir. Sır uygulama yöntemleri çeşitlidir ve daldırma, akıtma, püskürtme, fırça, süngerleme gibi teknikler veya bu yöntemlerin kombinasyonlarıyla gerçekleştirilebilir. Sır uygulandıktan sonra tekrar yüksek sıcaklıklarda (1250-1400 °C) sıran pişirilmesi işlemi yapılması gerekir (Akıncı, 1968; Erman, 2012; Bulut, 2020).

Çömllekler Türk kültürünün tamamlayıcı bir parçasıdır ve geleneksel olarak yiyeceklerin pişirilmesi ve saklanması için kullanılır. Özellikle kuru fasulye ve et yemekleri gibi bazı geleneksel yiyecekler çömlleklerde pişirilmektedir. Ayrıca yoğurt da çömlleklerde mayalanmaktadır. Çömlleklerde pişirilen veya saklanan yiyecekler daha lezzetli bulunur (Çiftçi ve Henden, 2016). Ancak Uluslararası Standartlar Organizasyonu düzenlemelerine uygun bir şekilde üretilen toprak kapların aksine, uygun olmayan standartlarda yapılmış toprak menşeli kapların birçok potansiyel toksik elementin kontaminasyonuna yol açabileceği belirtilmektedir (Bolger vd., 1996; Bulut, 2020).

Antik çağlardan bu yana ağır metal zehirlenmeleri gıdaların hazırlanması, saklanması ve tüketilmesi için kullanılan kaplardan kaynaklanmaktadır. Kaplardaki ağır metallerin varlığıyla ilgili sorun, bu kirleticilerin kaynama süresi ve pH gibi gıdanın fiziksel ve kimyasal koşullarından etkilenen "leaching" adı verilen bir sızma süreciyle gıdaya kimyasal koşullarından etkilenerek gıdaya aktarılabilmesidir. (Zález de Mejia ve Craigmill, 1996; Valadez-Vega vd., 2011). Ağır metallerin kaplardan yiyeceğe sızması ile ilgili çalışmalardan; kurşun (Mohammed vd., 1995; Raghunath ve Nambi, 1998; Bolle vd., 2012), alüminyum (Rajwanshi vd., 1997), bakır, kadmiyum (Belgaied, 2003),

kobalt (Valadez-Vega vd., 2011) ve nikelin (Szydal vd., 2016) sızması çalışmaları literatürde dikkat çekmektedir.

Gıda ile temasın ardından açığa çıkan madde transferi olayı “*migrasyon*” olarak açıklanmaktadır. Gıdalar muhafaza edildikleri materyallerden, mutfaklarda pişirmede kullanılan ekipmanlara kadar birçok unsur ile yakın temas halindedir. Bu sebepten dolayı pişirme ile birlikte gıdanın mevcuttaki ağır metal yükünde değişiklikler yaşanabilmektedir (Teyin, 2021). Sırlı kötü pişirilmiş seramik ürünler kurşunu yiyeceklere de geçirebilmektedir. Yanlış formüle edilmiş veya pişirilmiş renkli sırlar kullanıldığında, kusurlu sır yüzeyi ile temas halinde olan yiyecek ve içeceklere kurşun, kadmiyum, krom, çinko ve diğer ağır metaller bulaşabilmektedir (Belgaied, 2003).

1.3.Ağır Metaller

Doğada bulunan tüm elementler, çeşitli kriterlere göre metal veya metal olmayan olarak kategorize edilebilir. Her biri metallerin farklı özelliklerini vurgulayan çeşitli tanımlar mevcuttur. Fiziksel özelliklerine dayanan genel bir tanım, metalleri opak, alaşım oluşturabilen, ısı ve elektrik iletebilen ve tipik olarak şekillendirilebilen geniş bir madde grubu olarak tanımlar. Bilinen 125 elementin 80'inden fazlası bu tanıma uymaktadır. Bununla birlikte, tipik olarak metallerle ilişkilendirilen tüm fiziksel özellikleri sergilemeyen birkaç düşük moleküler ağırlıklı katyon da vardır. Bu tür katyonlara örnek olarak kalsiyum, sodyum, potasyum ve magnezyum verilebilir. Bununla birlikte, bu katyonlar memeli metabolizmasındaki temel işlevleri nedeniyle insan sağlığında hayati rol oynamaktadır (Goyer, 2004).

Metaller canlı organizmalarda önemli biyokimyasal ve fizyolojik roller oynarlar ve yaşam için gerekli elementler olarak kabul edilirler. Bununla birlikte, bazı metaller vücut için toksiktir ve diğerleri aşırı miktarda bulduklarında sağlık riskine neden olabilir (Simkiss ve Mason, 1983).

Çizelge 1.3:Sağlık etkilerinin özelliklerine göre metallerin sınıflandırılması (Goyer, 2004; Patil vd. 2013)

Beslenme açısından gerekli metaller	Olası yararlı etkileri olan metaller	Bilinen yararlı etkileri olmayan metaller	Toksik etkileri olan metaller
Molibden	Vanadyum	Talyum	Arsenik
Manganez	Silisyum	Stronsiyum	Kadmiyum
Demir	Nikel	Gümüş	Kurşun
Bakır	Bor	Berilyum	Cıva
Krom III		Baryum	Berilyum
Kobalt		Antimon	Nikel
Selenyum		Alüminyum	
Çinko			

Ağır metalin ne olduğuna dair evrensel olarak üzerinde uzlaşmış bir tanım bulunmamakla birlikte, yoğunluk genellikle belirleyici özellik olarak kabul edilir ve “Ağır metaller tipik olarak 5 g/cm³'ü aşan özgül yoğunluğa sahip olanlar” olarak tanımlanır (Järup, 2003). "Ağır metal" terimi, özgül ağırlığı suyunkinden en az 5 kat fazla olan kimyasal elementleri ifade eder. Suyun özgül ağırlığı 4°C'de 1'dir. Basit bir ifadeyle, özgül ağırlık, belirli bir miktardaki katı maddenin eşit miktardaki suya kıyasla yoğunluğunun bir ölçüsüdür. Özgül ağırlığı suyun en az 5 katı olan bazı iyi bilinen toksik metalik elementler arasında arsenik (5.7), kadmiyum (8.65), demir (7.9), kurşun (11.34) ve cıva (13.546) bulunmaktadır (Lide, 2004).

Ağır metaller hem insan faaliyetlerinden hem de doğal kaynaklardan kaynaklanabilir ve Cr, vanadyum ve Ni gibi bazıları küçük miktarlarda insan sağlığı için gereklidir ve hücrel fonksiyonlarda hayati rol oynar. Bununla birlikte, bazı ağır metallerin çevre ve canlı organizmalar üzerinde olumsuz etkileri vardır (Munir vd., 2021).

Ağır metal kirliliği, ekosistemleri bozan ve insan sağlığı için önemli riskler oluşturan küresel bir sorun haline gelmiştir. Ağır metallerin insan sağlığı üzerinde zararlı etkileri vardır ve bu metallere maruz kalma, modern sanayileşme ile ilişkili endüstriyel ve antropojenik faaliyetler nedeniyle artmıştır. Bu zorluk, özellikle yoğun nüfuslu ve gelişmekte olan ülkelerde artan kentleşme, arazi geliştirme ve endüstriyel büyüme gibi faktörlerle daha da kötüleşmektedir. Su ve havanın toksik metallerle kirlenmesi, dünya çapında yüz milyonlarca insanı etkileyen önemli bir çevresel sorundur. Gıdaların ağır metallerle kirlenmesi hem insan hem de hayvan sağlığı açısından bir başka endişe

kaynağıdır. Metallerin çevrede doğal olarak da oluşabileceğini ve insanların kaçınılmaz olarak maruz kalmasına yol açabileceğini unutmamak önemlidir (Bulut, 2020; Balali-Mood vd., 2021; Munir vd.,2021).

Canlıların ağır metallere maruz kalması soluma, ağız yoluyla alım ve deri teması yoluyla gerçekleşir. Ağır metallerin yararlı ve zararlı etkileri arasındaki hassas denge, canlı hücrelerdeki konsantrasyonlarına bağlıdır (Munir vd., 2021). Ağır metallerin toksik mekanizmaları tipik olarak reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu, enzim inaktivasyonunu ve antioksidan savunmanın baskılanmasını içerir. Ağır metaller sıklıkla bir veya daha fazla elektron kaybederek biyolojik sistemlerle etkileşime girer ve hayati makromoleküllerin nükleofilik bölgelerine afinitesi olan metal katyonları oluşturur. Ağır metallerin toksik etkileri çeşitli vücut organlarını etkileyerek gastrointestinal ve böbrek fonksiyon bozukluğu, sinir sistemi bozuklukları, cilt lezyonları, damar hasarı, bağışıklık sistemi fonksiyon bozukluğu, doğum kusurları ve kansere yol açabilir. İki veya daha fazla metale aynı anda maruz kalmak kümülatif etkilere yol açabilir. Ağır metallere yüksek dozda maruz kalmak, karın bölgesinde kolik ağrısı, kanlı ishal ve böbrek yetmezliği gibi ciddi komplikasyonlara neden olabilir. Öte yandan, düşük dozda maruziyet, düzenli olarak meydana gelmediği sürece gizli bir tehdittir ve daha sonra yorgunluk, anksiyete gibi nöropsikiyatrik bozukluklar ve çocuklarda zeka bölümü (IQ) ve entelektüel işlev üzerindeki zararlı etkiler de dahil olmak üzere komplikasyonları ile teşhis edilebilir (Mazumdar vd., 2011; Bernhoft, 2012; Wilbur vd., 2017; Balali-Mood vd., 2021).

1.3.1. Alüminyum (Al)

Alüminyum en bol bulunan metaldir ve yer kabuğunda en bol bulunan üçüncü elementtir. Alüminyum, zehirli ağır metallere karşılaştırıldığında genellikle daha az zararlı bir element olarak kabul edilir. Ancak yüksek konsantrasyonlarda vücuda alüminyum girişi, toksik etkilere ve ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir. Canlıların bu metale maruz kalması yaygın ve kaçınılmazdır. Bununla birlikte, alım nispeten düşüktür çünkü alüminyum doğal olarak oluşan formlarının çoğunda yüksek oranda çözünmez. İnsanlar günlük yaşamlarında alüminyumu dört farklı şekilde alabilirler: alüminyum içeren gıdalar, alüminyum kaplardan kaynaklanan kontaminasyon, ilaçlar ve içme suyu. İnsanlar yemek yiyerek, su içerek, alüminyum içeren tıbbi ürünleri yutarak veya sadece

havayı soluyarak her zaman bir çeşit alüminyuma maruz kalırlar. Ortalama insan alımının 30-50 mg/gün olduğu tahmin edilmektedir. Bu alım öncelikle gıdalardan, içme suyundan ve ilaçlardan kaynaklanmaktadır. Gıda katkı maddeleri alüminyum içerebilir; bazı katkı maddeleri nedeniyle yüksek alüminyum maruziyetine katkıda bulunan iki önemli faktördür. Antasitler ve tamponlanmış aspirin gibi bazı yaygın reçetesiz satılan ilaçlar alüminyum içerir ve alımı önemli ölçüde artırabilir (Tayfur vd., 2002; Gad, 2014; Teyin ve Nizamlıoğlu, 2020).

Gıda, alüminyuma maruz kalmanın bir kaynağıdır. Tencereler, alüminyum kaplı pişirme kapları, cezveler ve gıda tepsileri ve kutuları gibi ambalaj ürünleri dahil olmak üzere gıda ile temas eden malzemelerden gıdaya önemli miktarda alüminyum geçebilir. Mutfak eşyaları için pigmentlerde kullanılan alüminyum bileşikleri de gıdalardaki alüminyum kontaminasyonunun potansiyel kaynaklarıdır (Tesfaye, 2015). Alüminyumun insanlar için bilinen herhangi bir besin değeri yoktur. Bununla birlikte, son yıllarda, alüminyumun belirli nörodejeneratif hastalıklarla ilişkilendiren daha fazla kanıt ortaya çıkmıştır (Gray, 2002). Alüminyum, sinir sisteminin yanı sıra iskelet ve kemik dokusunu da etkileyebilir. Alüminyum toksisitesi ile ilişkili hastalıklardan bazıları osteomalazi, demir eksikliği olan mikrositik anemi, Alzheimer hastalığı ve çeşitli solunum yolu alerjik etkileridir (Tesfaye, 2015). Bu toksisitenin hangi mekanizma ile ortaya çıktığı tam olarak belirlenememiş olsa da, bazı literatürler alüminyumun serbest radikal oluşumuna yol açabileceğini, hücre metabolizmasını bozarak sitotoksikite, lipid peroksidasyonu ve serum temel elementlerinde değişikliklere neden olabileceğini öne sürmektedir (Metwally ve Mazhar, 2007).

1.3.2. Krom (Cr)

Krom, doğal olarak hayvanlar, bitkiler, kayalar ve topraklarda bulunan bir elementtir. İnsan sağlığı için az miktarda krom(III) gereklidir. Krom, paslanmaz çelik gibi metal alaşımların üretiminde ve tüketici ürünlerinde yaygın olarak kullanılır. Krom ayrıca elektrokaplama, deri tabaklama, tekstil üretimi ve krom bazlı ürünlerin imalatı sırasında çevreye salınabilir. Doğal gaz, petrol veya kömür yakılması da kromun çevreye salınmasına neden olabilir. Krom, genellikle atmosferde uzun süre kalmaz ve toprak ile suya karışır. Solunduğunda, kromun bazı formları ciğerlere girer ve uzun süre orada kalabilir. Yutulmuş kromun küçük bir yüzdesi sindirim sistemi yoluyla vücuda girer, ve

cilt temasıyla da az miktarda emilebilir. Krom, su ve toprakta çevresel koşullara bağlı olarak farklı formlara dönüşebilir. Krom(VI) sağlık sorunlarına neden olabilir ve işçilerde solunum yollarını tahriş edebilir, alerjilere yol açabilir ve cilt problemlerine neden olabilir. Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar, krom(VI) bileşiklerinin mide, bağırsak sistemi ve akciğer tümörlerine yol açabileceğini göstermektedir. Krom(III) bileşikleri ise daha az toksiktir ve bu tür sorunlara yol açmaz. Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC), krom(VI) bileşiklerini insanlar için kanserojen olarak sınıflandırmıştır ve bazı çalışmalar krom(VI) solunmasının akciğer kanseri ile ilişkilendirildiğini göstermektedir. Krom, çevresel ve işyeri maruziyetinden kaynaklanan sağlık riskleri nedeniyle dikkate alınması gereken bir elementtir (IARC, 1990; Wilbur vd., 2012). Krom, metalik gıda temas malzemelerinde kullanılan bazı teneke kutularda ve mutfak eşyalarında bulunur. Teneke kutularda, teneke yüzeyini pasifleştirmeye yarar. Krom, çeşitli paslanmaz çelik türlerinin üretiminde ve demir, nikel ve kobalt ile alaşımlarda kullanılır. Ferrokrom ve krom metali, alaşım endüstrisinde kullanılan en önemli krom sınıflarıdır. Paslanmaz çelik ile ilgili kılavuzda belirtildiği gibi krom içeren paslanmaz çelikler, süt kamyonları gibi taşımacılık alanında, süt ürünleri ve çikolata endüstrisinde işleme ekipmanlarında, meyvelerin işlenmesi sırasında kullanılan ekipmanlarda, kaplarda (kuru gıdaların işlenmesi alanında, mutfak eşyaları, mezbahalar, balık işleme ve restoranlar ve hastaneler gibi büyük mutfaklardaki neredeyse tüm ekipmanlarda kullanılmaktadır. Krom bileşikleri çömlekçilikte, sırlarda, kağıt ve boyalarda bulunur (Langaard ve Norseth, 1986; CE, 2002).

1.3.3. Demir (Fe)

Demir (Fe), yer kabuğunun yaklaşık %5'ini oluşturan oldukça bol bir elementtir ve kısmen çok çeşitli oksidasyon durumlarında (-2 ve +6) var olma kabiliyeti nedeniyle bazı çok ilginç özelliklere sahiptir. Biyolojik sistemler için, demirin en yaygın oksidatif formları olan Fe²⁺ ve Fe³⁺ arasında kararlı bir şekilde geçiş yapma özelliği kapsamlı bir şekilde kullanılmıştır. Demir, çoğu yaşam formu için vazgeçilmezdir ve bir dizi işlevi yerine getirmek için çeşitli farklı proteinlerde yaygın olarak kullanılır. Biyolojik sistemlerde demir kullanımının yine de bir bedeli vardır. Serbest demir toksiktir çünkü hücrelere zarar verebilir veya hücre için toksik olan reaktif oksijen türleri (ROS) oluşturmak için komşu moleküllerden bir elektron bağışlayabilir veya kabul

edebilir (Eid vd., 2017). Fe aşırı yüklenmesi nadir görülen bir durumdur ve Fe emiliminde, taşınmasında ve ikincil demir bozukluklarında kusurları içerir. Primer hemokromatozis, demirin bağırsaktan emiliminin artmasıyla ilgili genetik bir bozukluk, yüksek diyetle demir alımı ve sık kan transfüzyonları toksisite ve kronik demir toksisitesi ile ilişkili durumlardır. Akut demir toksisitesi vakaları nispeten nadirdir ve çoğunlukla hepatotoksisite ile ilgilidir. Yüksek demir seviyeleri, karaciğer ve kalp hastalıkları, kanser, nörodejeneratif bozukluklar, diyabet, hormonal anormallikler ve bağışıklık sistemi anormallikleri dahil olmak üzere çeşitli patolojik durumlarla ilişkilendirilmiştir (Tesfaye, 2015).

1.3.4. Nikel (Ni)

Nikel, 0, +1, +2 ve +3 değerlik durumlarında bulunabilen ve öncelikle oksitler ve sülfürler olmak üzere çeşitli bileşikler oluşturabilen en bol bulunan 24. elementtir. Nikel doğal olarak toprağın bir bileşeni olarak ortaya çıkar ve volkanlardan da yayılır (Poonkothai ve Vijayavathi, 2012). Nikel, modern teknolojilerde giderek daha fazla uygulama alanı bulan bol, güçlü, parlak, gümüş-beyaz bir metaldir. Çok sünek ve yumuşaktır, korozyona karşı dirençlidir, bu da onu tencere üretiminde kullanılan metal alaşımlarından biri olarak mükemmel bir seçim haline getirir. Üretilen nikelin çoğu paslanmaz çelik, nikel alaşımları ve mutfak eşyaları, elektrikli ekipmanlar, aletler, madeni paralar, makineler, silahlar ve mücevherler gibi nesnelere içeren nikel dökme demir üretiminde kullanılır. Nikel bileşikleri ayrıca elektrokaplama, elektroform, nikel-kadmiyum alkalin piller, boya mordanları, katalizörler ve elektronik ekipmanlar için de kullanılmaktadır (Aleksandra ve Urszula, 2008). Ni muhtemelen organizmalar için gerekli bir elementtir ve birçok gıda maddesinde küçük miktarlarda bulunur. Bununla birlikte birçok araştırmacı, pişmiş gıdalara her zaman bir miktar nikel geçtiğini bildirmiştir. Liç veya korozyon süreçleri, bazen 1 mg/gün'e kadar ulaşan oral nikel alımına önemli ölçüde katkıda bulunabilir (Alabi ve Adeoluwa , 2020). Ogidi vd.(2017), domates sosunda nikel seviyesinin arttığını ve bunun da metalin evlerde kullanılan alüminyum pişirme kaplarından süzülmesine bağlandığını bildirmiştir. Vücuda alınan doza bağlı olarak nikel ve nikel bileşikleri kanserojen etki gösterebilmektedir. Aynı zamanda solunum yolu rahatsızlıklarına, astım hastalığına ve cilt üzerinde birtakım tahribatlara sebebiyet verebildiği bilinmektedir (Barceloux, 1999).

1.3.5. Bakır (Cu)

Bakır, atom ağırlığı 63.546 g/mol olan bir metaldir ve +1 ve +2 değerlikleri bulunur. Doğal olarak toprakta 55 ppm seviyesinde bulunur ve bitki ile hayvan dokularında ve suda yaygın olarak bulunur. Bakır, insan ve hayvan gelişiminde önemli bir rol oynar ve kemik gelişimi, omuriliğin miyelinleşmesi, hemoglobinin ve metalloenzimlerin oluşumu gibi yaşamsal işlevlerde yer alır. Vücut için gerekli olan bakır miktarı oldukça düşüktür ve diyetteki günlük gereksinimler genellikle 2-4 mg arasında değişir. Bebekler ve çocuklar için gereksinim miktarı vücut kilosu başına yaklaşık 0.05 mg civarındadır. Ancak, bu miktarın üzerinde bakır alımı toksik olabilir (Gördes, 2020). Bakır; yüksek konsantrasyonlarda alınmasıyla toksik etki göstermekle birlikte yaşamsal enzimlerin aktivasyonunu engelleyerek birçok sağlık sorununa zemin hazırlamaktadır. Ayrıca bakır mutfaklarda geçmiş yıllardan beri pişirme ve saklama ekipmanı olarak kullanılmaktadır. Bakır kapların kalaylanması sağlık açısından oldukça önemlidir. Kalaylanmayan bakır kaplar insan vücudunda toksik etki yaratarak ölümcül sonuçlara sebep olabilmektedir (Teyin ve Nizamlioğlu, 2020).

Bakır esnek, sünek ve mükemmel bir termal ve elektrik enerjisi iletendir. Çok yönlülüğü nedeniyle pişirme kapları, elektrik kabloları, madeni paralar, borular, musluklar, bağlantı parçaları, inşaat aletleri ve diğer ticari kullanımlar dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bakır ayrıca mühimmatlarda, alaşımlarda (pirinç ve bronz gibi), kaplamalarda, mantar ilaçlarında, böcek ilaçlarında ve ahşap koruyucularda da bulunur. Gelişmiş ülkelerde bakıra maruz kalmanın birincil kaynağı gıda ve sudur. Bakır aynı zamanda alüminyum tencerelerin bir bileşenidir ve pişirme işlemi sırasında gıdalara sızarak normal diyet alım aralığında bir artışa yol açabilir (Alabi ve Adeoluwa, 2020). Omar vd. (2015), in vitro sindirim modeli ve induktif olarak eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) kullanarak alüminyum ocakla pişirilen pirinçteki ağır metallerin biyoyararlanımı üzerine bir çalışma yürütmüştür. Sonuçlar, pişmiş pirincin $1,1 \pm 0,1$ mg/kg konsantrasyonda bakır içerdiğini göstermiştir.

1.3.6. Çinko (Zn)

Çinko, insan vücudunun hemen hemen tüm dokularında bulunan ve birçok enzimin yapısında önemli bir rol oynayan bir elementtir. Biyolojik açıdan, çinkonun işlevleri

genellikle katalitik, yapısal ve düzenleyici olmak üzere üç kategoriye ayrılabilir. İnsanlar için başlıca çinko kaynakları et, karaciğer gibi hayvansal gıdalardır. Uzun bir süre boyunca uygulandığında vücut ağırlığının kilogramı başına 2 mg'a kadar olan seviyelerde güvenli bir şekilde tolere edilebilir. Balık, kırmızı et, tahıllar, süt ürünleri ve tahıllar dahil olmak üzere çeşitli gıda kaynaklarında doğal olarak bulunur. Vücut fazla çinkoyu dışkı ve idrar yoluyla atar. Çocuklara az miktarda çinko takviyesi sağlamak, boy ve kilo açısından büyümelerini önemli ölçüde destekleyebilir. Bununla birlikte, aşırı çinko alımı sindirim ve metabolizma bozukluklarına yol açabilir. Çözünabilir çinko tuzları, vücutla temas ettiğinde yakıcı bir etkiye sahip olabilir. Yüksek dozda çinko, merkezi sinir sistemi felci, dolaşım sistemi ve kas hasarının yanı sıra anemi, büyüme geriliği ve koma hali gibi semptomlara neden olabilir (Teyin ve Nizamlıoğlu, 2020; Li vd., 2022; Scutaraşu ve Trincă, 2023). Genel olarak, ağır metallerin besinler aracılığıyla alınması, miktarına ve vücutta tutulma süresine bağlı olarak kanser ve kardiyovasküler rahatsızlıklar gibi ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir. Ayrıca bu ağır metaller, kalp, beyin, böbrek, kemik ve karaciğer gibi organlara zarar verebilir ve bu organların metabolik işlevlerini olumsuz etkileyebilir. Fazla çinko alımı toksik etkilere yol açabilir ve hastalıklara karşı direnci olumsuz etkileyebilir. Aşırı çinko tüketimi aynı zamanda bakır eksikliğine neden olarak kişilerde anemiye yol açabilir (Teyin ve Nizamlıoğlu, 2020; Gördes 2020).

1.3.7. Manganez

Bir geçiş metali olan manganez, insanlar ve hayvanlar için temel bir besin maddesidir. Manganez, hem bitkiler hem de hayvanlar dahil olmak üzere tüm canlı organizmalar için hayati bir elementtir. Çeşitli enzimatik reaksiyonlar için bir katalizör görevi görür ve süperoksit dismutaz aktivatörü olarak görev yapar. Manganez ayrıca lipid metabolizmasında rol oynar ve fosforilasyon süreçlerinde elektron taşıyıcı olarak görev yapar (Niemiec ve Wisniowska-Kielian, 2015).

Diğer birçok temel metal gibi, aşırı maruziyet olumsuz sağlık etkilerine neden olabilmektedir. Manganez eksikliği insanlarda nadir görülür çünkü element yaygın olarak gıdalarda bulunur (Wasserman vd., 2006). Hayvanlarda manganez eksikliği kemik deformasyonlarına, büyümenin engellenmesine, yem alımının azalmasına, karaciğer detoksifikasyon aktivitesinin zayıflamasına ve kaslardaki manganez içeriğinin

azalmasına neden olabilir. Kaslardaki düşük manganez içeriği, besin değerlerini olumsuz yönde etkiler. Aşırı manganez toksik etkilere sahip olabilir. Yüksek manganez konsantrasyonları sinaptik fonksiyonları bozar ve merkezi sinir sistemini bozar çünkü manganez iyonları kan-beyin bariyerini geçebilir. Su ortamında yüksek manganez seviyeleri sodyum dengesini bozabilir, kalsiyum ve fosfor emilimini azaltabilir, karbonhidrat metabolizmasını bozabilir ve balıkların bağışıklık fonksiyonlarını bozabilir (Niemiec ve Wisniowska-Kielian, 2015). Manganez paslanmaz çelikte önemli bir alaşım elementidir ve migrasyon potansiyeli tüketicilerin kaygı duymasına neden olmuştur (Zhang vd., 2022).

1.3.8. Kurşun (Pb)

Kurşun, toprak, kaya ve suda doğal olarak zararsız eser miktarlarda bulunan mavimsi beyaz bir metaldir. Kurşunun başlıca iyonları Pb^{2+} ve Pb^{4+} 'dir. Toksik Maddeler ve Hastalık Kayıt Ajansı'na (ATSDR, 2007) göre kurşun, arsenikten sonra ikinci sırada gelen toksik ağır metaldir. Kurşun, vücuttaki çeşitli organlar için önemli riskler oluşturan oldukça toksik bir çevresel kirleticidir. Kurşun deri yoluyla emilebilmekle birlikte, birincil emilim yolları solunum ve sindirim sistemleridir. Kurşuna maruz kalmak nörolojik, solunum, idrar ve kardiyovasküler bozukluklar da dahil olmak üzere bir dizi sağlık sorununa yol açabilir (Balali-Mood vd., 2021). Kurşun özellikle benzin kaynaklı olmak üzere ortam havasına, kurşun emisyonlarının %50'sinden fazlasına katkıda bulunarak çevrede önemli bir kurşun kirliliği kaynağı olmuştur. Kurşunun bu yaygın kullanımı ve çevreye yayılan emisyonları ciddi sağlık riskleri oluşturmuştur. Ancak son yıllarda, özellikle gelişmiş ülkelerde kurşun emisyonlarını azaltmak için önemli çabalar sarf edilmiştir. Kurşunsuz benzinin piyasaya sürülmesi, kurşun emisyonlarının azaltılmasında kilit bir önlem olmuştur. Bu çabaların bir sonucu olarak, genel nüfustaki kan kurşun seviyeleri önemli ölçüde azalmış ve bu da halk sağlığı sonuçlarının iyileşmesine yol açmıştır (Järup, 2003). Bununla birlikte evlerde kurşuna maruz kalma, kurşun bazlı boyanın yanı sıra kristaller, seramikler, kozmetikler ve bazı ilaçlar gibi çeşitli kaynaklardan kaynaklanabilir. Kurşun vücuda girdiğinde, kalsiyumun yerini alabilir, proteinlerle etkileşime girerek işlevlerini, özellikle de sülfhidril enzimlerini bozabilir ve enzimlerdeki temel katyonlarla bağlanma bölgeleri için rekabet ederek işlevlerini engelleyebilir. Kurşuna maruz kalma, delta-aminolevulinik asit dehidrataz (ALA-D) aktivitesinin inhibisyonu, kandaki glutatyonun tükenmesi, kan

hemoglobin ve kırmızı kan hücresi seviyelerinde kayda değer bir azalma, süperoksit dismutaz ve katalaz aktivitelerinde azalma, kan ve beyinde reaktif oksijen türleri (ROS) seviyelerinde artış ve glutatyon indirgenmiş-oksitlenmiş oranında değişiklikler gibi önemli etkilere yol açmaktadır (Perrelli vd., 2022).

1.3.9. Kobalt (Co)

Kobalt, doğal olarak yer kabuğunda bulunan bir elementtir ve aynı zamanda B12 vitamini üretimi için gereklidir, zira kırmızı kan hücrelerinin üretimine katkı sağlar. Hem insanlar hem de hayvanlar için sağlıklı olabilmek için sadece çok küçük miktarlarda kobalta ihtiyaç vardır. Ancak yüksek düzeyde kobalt maruziyeti, kobalt zehirlenmesine yol açabilir. Kobalt, dayanıklı ve oksitlenmeye karşı dirençli bir metal olması nedeniyle elektrolizle kaplama işlemlerinde ve porselen ile cam sanayilerinde parlak mavi renklerin üretiminde kullanılır (Kartal vd., 2004; ADAM 2023). Ancak aşırı miktarda kobalt alımı zararlı olabilir. Özellikle suda çözünmeyen kobalt oksit solunduğunda hızla emilir ve hücrelere geçerek kana karışır. Suda çözünen kobalt bileşikleri ise gıdalardan ağız yoluyla alındığında büyük bir kısmı vücuttan atılırken, geriye kalan kısmı bazı organlarda birikebilir. Aşırı kobalt alımı alerjik reaksiyonlara ve kronik bronşite neden olabilir (Kartal vd., 2004).

1.3.10. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum, doğal olarak çinko, kurşun ve bakır ile ilişkili cevherlerde bulunan bir elementtir. Sanayide PVC ürünlerinde stabilizatör, renk pigmentleri, bazı alaşımlar ve özellikle şarj edilebilir nikel-kadmiyum piller gibi farklı amaçlar için kullanılan kadmiyum bileşikleri bulunur. Bunun yanı sıra, metalik kadmiyum korozyon önleyici bir madde olarak kullanılır. Ayrıca, fosfatlı gübrelerde kadmiyum kirliliği bulunur. Kadmiyumun topraklara ve bitkilere karışması, endüstriyel emisyonlar ve tarımda kadmiyum içeren gübrelerin kullanımı gibi insan etkinlikleriyle meydana gelebilir. Maden ocakları, endüstriyel atıklar, kadmiyum içeren fosforlu gübrelerin kullanımı ve lağım sularının toprağı kirletmesi gibi faktörler gıdalarda kadmiyum kirliliğine yol açabilir. Bu, toprakların kirletilmesine ve kadmiyumun ekinler ve sebzeler tarafından emilimine yol açabilir, bu da gıda zincirine girebilir. Kadmiyum, genellikle gıdalar aracılığıyla insanlara ulaşır ve gıda tüketimi, kadmiyuma maruz kalmanın ana kaynağıdır. Kadmiyum, farklı gıdalarda değişen konsantrasyonlarda bulunur ve bireysel

alım, beslenme alışkanlıkları gibi faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik gösterebilir (Järup, 2003; Türközü ve Şanlıer, 2012; Teyin ve Nizamlioğlu, 2020).

Cd'un zehirli etkileri sonucunda karaciğer, böbrek, kalp-damar rahatsızlıkları, prostat kanseri, iskelet hastalıkları, kansızlık ve tat alma yetisinin azalması gibi sağlık sorunlarına neden olabilir (Yüzbaşı ve Sezgin, 2002). Liangbo vd. (2017), tarafından yürütülen bir çalışma, kadmiyumun yüksek pişirme sıcaklıklarına maruz kaldığında alüminyum alaşımli tencerelerden gıdaya geçebileceğini ve pişirme süresi uzadıkça geçiş oranının arttığını ortaya koymuştur. Ayrıca, bu tencereler %15 etanol içeren bir çözeltiyi yüksek sıcaklıklarda ısıtmak için kullanıldığında, içeriğe kadmiyum salınımı önemli ölçüde artmıştır.

1.4. Mutfak Gereçlerinden Gıdaya Ağır Metal Geçişi

Çeşitli metallerin endüstriyel uygulamaları, insan yaşamında devrim niteliğinde değişikliklere neden olmuştur. Bununla birlikte, yapılan çalışmalar bilerek yada bilmeyerek bu metallerin vücuda alınmasının sağlık üzerinde zararlı etkilerin gelişmesine neden olduğunu göstermiştir (Zohar, 1980).

Ağır metal kirliliği, ekosistemi bozan ve insan sağlığı için ciddi riskler yaratan küresel bir olgudur. Başlıca zorluklar arasında, özellikle yüksek nüfuslu ve gelişmekte olan ülkelerde artan kentleşme, mülkiyet geçişi ve endüstriyel gelişme yer almaktadır (Munir vd., 2021).

Metaller genellikle çevreye, ya doğal yollarla, ya da insan faaliyetlerinin (Antropojenik) bir sonucu olarak bulaşır. Doğal kaynaklardan kaynaklanan bu bulaşma, volkanik patlamalar, kaya erozyonu (asit kaya drenajı), rüzgarın etkisi ve yağış erozyonu gibi jeolojik olaylar sonucu nehirler, göller ve okyanuslar gibi su kütlelerine aşırı miktarda eser metallerin sızmasına neden olabilir. Bu doğal bulaşma süreci sonucu bitki ve hayvanlar doğrudan bu metallerle temas edebilirler. Antropojenik kaynaklardan kaynaklanan metal kirliliği ise, modern dönemlerde ekosistemlere dahil olmuştur ve insanlar bu metallerle temas etmektedirler. Pestisitler ve terapötik ilaçların içinde bulunan metal bileşenleri, tehlikeli maruziyetin diğer bir kaynağını oluşturur. Aynı şekilde, fosil yakıtların yakılması, metal kaplama fabrikaları, madencilik endüstrisi, deri tabaklama, boya ve kimyasal üretim endüstrilerindeki metal kullanımındaki artış, ağır

metal zehirlenmesini önemli bir çevresel kirlilik kaynağı haline getirmiştir (Tesfaye , 2015).

Krom (Cr), vanadyum ve nikel (Ni) gibi bazı ağır metaller eser miktarlarda insan sağlığı için gereklidir. Gerçekten de bu metaller hücresel aktivitede önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, bazı ağır metallerin canlı organizmalar üzerinde olduğu kadar çevre üzerinde de zararlı etkileri vardır. İnsanların ağır metallere maruz kalması soluma, ağız yoluyla alma ve deriye uygulama yoluyla tetiklenir. Ayrıca, ağır metallerin olumlu etkileri ve yan etkileri arasındaki denge, canlı hücrelerdeki konsantrasyonlarına bağlıdır. Bu nedenle, beslenme yetersizliklerini önlemek için metal iyonlarının seviyeleri uygun bir aralıkta tutulmalıdır, ancak daha yüksek konsantrasyonlar sağlık sorunlarına neden olabilir (Munir vd., 2021).

Gıda güvenliği dünya çapında önemli bir kamu sorunudur. Son yıllarda, gıda güvenliğine yönelik artan talep, pestisitler, ağır metaller ve/veya toksinlerle kirlenmiş gıda maddelerinin tüketimiyle ilgili risklere ilişkin araştırmaları teşvik etmiştir. Ağır metaller gıda arzının başlıca kirleticileri arasındadır ve çevremiz için en önemli sorun olarak kabul edilebilir. Bu sorun tüm dünyada, özellikle de gelişmekte olan ülkelerde giderek daha ciddi bir hal almaktadır. Ağır metaller genel olarak biyolojik olarak parçalanamazlar, uzun biyolojik yarı ömürleri vardır ve istenmeyen yan etkilere yol açan farklı vücut organlarında birikme potansiyeline sahiptirler (Radwan ve Salama, 2006).

Gıdalardaki ağır metal varlığı, üretim sırasında metal bakımından zengin toprak, hava veya kirlenmiş su ile doğrudan kontaminasyonun yanı sıra pestisit veya gübre kullanımı gibi farklı kaynaklardan kaynaklanabilir (Fishbein, 1981; Arora vd., 2008). Gıdalar ayrıca işleme, taşıma ve depolama sırasında da kirlenebilir (Wang vd., 2006). Gıda işleme sırasında kullanılan teknikler ve malzemeler, metal kaynaklı gıda kontaminasyonunun başka bir kaynağıdır (Dabonne vd, 2010). Potansiyel bir metal kontaminasyon kaynağı olarak gıdaların ev içi hazırlıkları uzun süre göz ardı edilmiştir. Ancak, gıda hazırlamada kullanılan bazı mutfak gereçlerinin tehlikeli veya toksik metallerle kirlenmiş olabilecek malzemelerden üretilmiş olabileceğini gösteren raporlar mevcuttur (Wallace vd., 1985; Langaad, 2001; Munir vd., 2021).

Potansiyel bir metal kontaminasyon kaynağı olarak gıdaların evde hazırlanmasına çok az önem verilmiştir. Ancak, gıda hazırlamada kullanılan bazı mutfak gereçlerinin, tehlikeli olabilecek veya toksik metallere kirlenmiş malzemelerden üretildikleri için önemli bir risk oluşturabileceğini gösteren raporlar vardır (Wallace vd., 1985).

Gıdaların hazırlanması, saklanması ve tüketilmesi için gerek fabrikasyon gerekse el yapımı çeşitli mutfak eşyaları kullanılmaktadır. Bu kaplar metal kirliliğinin kaynağı olabilir, çünkü üretimlerinde kullanılan hammaddelerin bazıları kil ve emaye gibi ağır metaller içerir (Dabonne vd., 2010). Bu kapların kullanımı, işleme sırasında gıda maddelerine toksik metaller salabilir ve bu metaller bazen sağlık açısından tehlike oluşturacak kadar yüksek miktarlarda olabilir (Tesfaye, 2015).

Tüm dünyada kil, seramik, cam, altın, gümüş, bakır, pirinç, bronz gibi metaller, dökme demir, çelik, paslanmaz çelik alüminyum alaşımları ve gıda sınıfı plastikler gibi çeşitli malzemelerden yapılmış farklı pişirme kapları kullanılmaktadır. Bu tencere çeşitleri, üretimlerinde kullanılan malzemenin türüne bağlı olarak kendi avantaj ve dezavantajlarına sahiptir. Her tür pişirme kabından malzemelerin sızması, üretimlerinde kullanılan malzemenin türüne ve pişirme sıcaklığına da bağlıdır (Alabi ve Adeoluwa, 2020).

Kil ürünleri çok eski zamanlardan beri kullanılmaktadır. Günlük yaşamda çok önemli bir yere sahip olmuşlardır. Bazen, kil ürünlerin farklı evsel amaçlar için gıda malzemesi olarak sürekli kullanımının sağlık tehlikelerinin kaynağı olabileceği düşünülmüştür. Bunlar özellikle ağır metallerin yüzeylerinden, içinde pişirilen veya saklanan yiyecek ve içeceklere geçmesinden kaynaklanmaktadır. Ağır metaller, yiyecek ve içecek yapmak veya saklamak için kullanılan herhangi bir pişirme malzemesinde bulduklarında, pH, yiyecek türü veya pişirme sırasında ulaşılan yüksek sıcaklık gibi farklı koşullar altında malzemedeki yiyecek veya içeceklere geçebilir. Bu nedenle akut veya kronik zehirlenmelere neden olabilirler (Nsengimana vd., 2012).

Dabonne vd. (2010), bazı geleneksel mutfak eşyalarının ağır metallerle zehirlenmenin potansiyel kaynakları olduğunu göstermek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmada, öğütülmüş pirinç geleneksel bir alüminyum tencerede pişirilerek pişirme sırasında kaptan gıdaya bulaşan kirlilik düzeyi değerlendirilmiştir. Sonuçlar, pişmiş pirincin

alüminyum içeriğinin 11 kattan fazla arttığını göstermiştir. Ayrıca, modern kaplarda bulunan inert malzemeden oluşan koruyucu tabakanın, pişirme sırasında gıdaları kontaminasyondan korumak için iyi bir yol olduğu da gösterilmiştir. Kilden yapılmış diğer bir geleneksel kabın mineral bileşiminin analizi, yüksek alüminyum içeriğini göstermiş ve bunun da alüminyum kaynaklı potansiyel bir gıda kontaminasyonu kaynağı olduğunu ortaya koymuştur.

Omolaoye vd. (2010), Çin'den veya diğer ülkelerden ithal edilen geleneksel çömleklerin uygun olmayan şekilde sırlanmış olabileceğini ve çömlek yapımında kullanılan sıranın yüksek miktarda kurşun ve diğer ağır metalleri içerebileceğini bildirmişlerdir. Nijerya pazarlarındaki dükkanlarda bulunan ürünler arasından rastgele seçilen Çin Seramik kapları, ürünlerdeki ağır metal seviyelerini belirlemek için analiz edilmiştir. Tüm seramik kaplar değişen konsantrasyonlarda ağır metaller içerdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan seramiklerde gözlenen yüksek ağır metal seviyeleri ile asidik maddelerin bu metallerin kolayca gıdaya süzülmesine neden olması mümkün olacağı bildirilmiştir.

Bolle vd. (2011), Brüksel'deki Kuzey Afrika marketlerinden geleneksel metalik çaydanlık örnekleri toplamıştır. Alüminyum, bakır, demir, nikel, kurşun ve çinko gibi çay çözeltilerine geçme potansiyeli olan metalleri belirlemek için analiz edilmiştir. Farklı temas süreleri için kaynama noktası sıcaklığında migrasyon potansiyelini belirlemek amacıyla bu çaydanlıklarda doğal çay, sitrik asit ile asitlendirilmiş çay ve sitrik asit demlenmiştir. Süzülen metallerin konsantrasyonlarının migrasyon sıvılarının doğasına, çaydanlıkların türüne ve temas sürelerine bağlı olduğu sonucuna varılmıştır. Çaydanlıkların çoğunun sızıntı sularında kurşun için yüksek düzeyde, nikel için daha az düzeyde toksik metal bulunduğunu ve bunun ciddi zehirlenme riskine önemli ölçüde katkıda bulunabileceğini bildirmiştir.

Belgaied (2003), kurşun ve diğer ağır metallerin, bazı Tunus sırlı toprak kapların sırlarından ciddi bir sağlık tehlikesi oluşturacak kadar yüksek konsantrasyonlarda sızdığını tespit etmiştir. Tunus piyasasında bulunan sarı/yeşil ve beyaz/yeşil renkli kupalar asetik asit çözeltileriyle doldurulduğunda, sızıntı suyunun mililitresinde 51 mikrograma varan kurşun konsantrasyonları ölçülmüştür. Bu tür kapların kullanımının Tunuslu tüketiciler için ciddi bir sağlık tehlikesi oluşturabileceği kanısına varılmıştır.

Bir başka çalışmada, Cu, Zn, Cr, Ni ve Sn gibi bazı ağır metaller dokuz farklı çaydanlığın sızıntı sularında belirlenmiştir. Sonuçlar, sızıntı sularının bazılarının toksik olmadığını, bazılarının ise oldukça toksik olduğunu göstermiştir (Boularbah vd., 1999).

Rajwanshi vd. (1997), Alüminyum pişirme kapları, diğer diyet alüminyum kaynaklarının yanı sıra, insanlar için bu metalin potansiyel bir kaynağı olarak kabul edildiğini bildirmektedir. Ayrıca bu derlemede farklı yazarlar tarafından bildirilen sonuçlar, pişirme kaplarından sızan alüminyum seviyelerinde belirgin farklılıklar olduğunu göstermektedirler.

Ayrıca, Henden vd. (2011), sırlı ve sırsız toprak kapların Türkiye'de ve çoğu Akdeniz ve Orta Doğu ülkesinde geleneksel olarak ve yaygın bir şekilde yemek pişirme ve gıda muhafazası için kullanıldığını belirtmişlerdir. Sırlı ve sırsız toprak kapların kullanımının tüketiciler için insan sağlığı riski oluşturup oluşturmayacağını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, sırsız çömleklerin sızıntı çözeltilisindeki arsenik konsantrasyonları 30,9 - 800 µg/L arasında değişirken, sırlı çömlekler genellikle tespit sınırının altında (0,5 µg/L) - 30,6 µg/L arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ancak, kötü sırlanmış bir seride bu değer 110 µg/L'ye ulaştığı bildirilmiştir. Sonuç olarak, kötü sırlanmış ve sırlanmamış çanak çömleklerden kaynaklanan arsenik zehirlenmesi riski önemlidir ve endişe kaynağı olduğu ve toprak çömleklerden asetik asit ve sitrik asit çözeltilerine büyük miktarda arsenik salındığını bildirmiştir.

Torres vd. (1999), sırlı seramik ürünlerdeki kurşun içeriğini azaltmaya yönelik bir yöntem olarak geleneksel asidik kürlemeyi değerlendirdikleri çalışmada, seramikleri %3 asetik asit çözeltisi ile dört yıkamaya tabi tuttukten sonra atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanarak kalıntı kurşun seviyesini belirlemişlerdir. Çalışmanın sonuçları, seramiklerdeki kurşun içeriğinin asetik asitle yapılan her yıkamada azaldığını göstermiştir. Bununla birlikte, bu yıkamalardan sonra bile, seramiklerdeki kurşun seviyeleri, kurşun içeriği için izin verilen seviyelerden önemli ölçüde yüksek kalmıştır.

Demont vd. (2012), tarafından yapılan çalışmada, sır ile işlenmiş seramik eşyalardan gıdaya, ağır metal göçü üzerinde pH, asit yapısı ve sıcaklığın etkisi incelenmiştir. Kurşun ve kadmiyumun yanı sıra, alüminyum, bor, baryum, kobalt, krom, bakır, demir, lityum, magnezyum, manganez, nikel, antimon, kalay, stronsiyum, titanyum, vanadyum,

Çinko ve zirkonyum gibi diğer toksik ve toksik olmayan elementlerin gu, potansiyel sağlık tehlikelerini değerlendirmek için araştırılmıştır. Bu alışma, kurşun ve kadmiyum dışındaki diğer elementlerin olası migrasyonu ile ilgili bir sağlık riski olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada ayrıca, pişirme koşullarının, mevzuatta belirtilen test koşulları (%4 asetik asit, 25 C/24 saat) altında açığa çıkan metal miktarını önemli ölçüde aştığı gözlenmiştir.

Bolle vd. (2012), çalışmalarında, geleneksel yöntemlerle üretilen seramik malzemelerin kurşun (Pb) salınımını ölçüm çalışmasında, asitli içecekler (domates suyu, sirke ve limon suyu), farklı pH seviyelerinde (2,37 - 5,00 arasında değerifen) gıda simülatörleri (asetik asit, sitrik asit ve malik asit), temas süresi (30 dakika - 2 gün arasında değerifen), sıcaklık (20C - 90C arasında değerifen) ve seramikler üzerinde sır bulunması gibi çeşitli faktörlerin etkisi araştırılmıştır. Kurşun salınımının domates suyu kullanıldığında en düşük, limon suyu kullanıldığında en yüksek olduğu ve en yüksek salınımın 24 saatlik temas süresi ve 22C sıcaklıkta gerçekleştiği görülmüştür. Asetik asit %4 (v/v) kullanıldığında kurşun salınımı limon suyuna göre %14 daha az olmuştur. Sonuçlar, seramik kapların gıdalarla temas etmesi ve yüksek sıcaklıklarda bekletilmesi durumunda kurşun migrasyonunun diğer pişirme kaplarına göre daha fazla olduğunu göstermiştir.

Anderson vd. (2017), çalışmalarında, kurşun içerdiği bilinen seramik kupalarda servis edilen kahve ve çay tüketiminden kaynaklanan potansiyel kurşun maruziyetini araştırmışlardır. Çalışma, seramik kupalardaki kurşunun gerçekten de kahve ve aya sızabileceğini ortaya koymuştur. Çalışma kan kurşun seviyelerinde ani bir artış göstermese de, sonuçlar özellikle hamile kadınlar ve risk altındaki diğer popülasyonlar için daha fazla araştırma ve izleme ihtiyacına işaret etmektedir.

Chagas vd. (2020), çalışmalarında, Brezilya'da üretilen kil kaplarda hazırlanan pişmiş gıdalara kurşunun geçişini değerlendirmişlerdir. Kurşunun gıdaya geçişini değerlendirmek için, palmiye yağı ve hindistan cevizi sütü içeren ve içermeyen balık bazlı bir lezzetin (balık yahnisi) rnekleri, pişirildikten sonra kil kapla farklı temas anlarında alınmıştır. Çalışmada en yüksek kurşun konsantrasyonları tava ile temas süresi daha uzun olan numunelerde tespit edilmiştir. Temas süresi ne kadar uzun olursa, gıdaya geçen kurşun içeriği de o kadar yüksek olmuştur. Bu sonuçlar, gıdaların sırlı kil

kaplarda pişirilmesi ve saklanması potansiyel bir kurşun kontaminasyonu riski oluşturduğunu dile getirilmektedir.

Nsengimana vd. (2012)'de yaptıkları çalışmada kilden yapılmış çömleklerin, Pb ve Cd gibi ağır metaller içerdiği söylenen sırlarla kaplandığında, bileşenlerinden birini gıda maddesine aktarabildiğini bildirmektedirler. Sırsız geleneksel kil çömleklerin de aynı şekilde davranışı gösterip göstermediğini araştırdıkları çalışmada, %4 asetik asit ve fasulye, domates, havuç ve muz suyu kullanılarak yapıtlıkları deneyde kil kaptan yiyeceğe ağır metal migrasyonunu incelemişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları, Pb, Cd ve Fe'nin gıdalarda DSÖ tarafından belirlenen güvenli limitleri aşan önemli miktarlarda transfer edildiğini göstermiştir. Ağır metaller, biyobirikim nedeniyle eser konsantrasyonlarda toksik olduğundan, geleneksel kil çömlekler gıda ile temas eden malzeme olarak kullanıldığında, halk sağlığı açısından tehlike oluşturduğu ortaya koymuştur.

Fatunsin vd. (2022)'de yaptıkları çalışmada Potansiyel Olarak Zehirli Metaller (PTM'ler) birçok yoldan maruz kalındığını, bu yollardan birinin de pişirme kapları olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada metallerin tencerelerden yiyeceklere kolayca sızabileceğinden, hafif asidik yiyecekleri pişirmek için metal kaplar kullanmanın sağlık üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur. Yaptıkları çalışmada suyu sırasıyla kil, yapışmaz, paslanmaz çelik, dökme alüminyum, preslenmiş alüminyum ve cam kaplarda kaynatmışlardır. Alüminyum döküm kap ve yapışmaz kaptan alınan de iyonize su sırasıyla en yüksek alüminyum ve Çinko konsantrasyonunun olduğunu, toprak çömleğin en yüksek Krom ve Nikel konsantrasyonlarını verdiğini, paslanmaz çelik tencere en yüksek demir ve kurşun konsantrasyon değerlerinin elde edildiğini bildirmişlerdir. Cam kaptan alınan de iyonize suda PTM bulunamamıştır. Bu çalışmanın sonuçları, hemen hemen tüm kaplar için PTM'lerin de iyonize suya daha fazla sızmasının, nötr pH'a göre daha düşük pH'larda (pH 3 - 5) daha fazla meydana geldiğini göstermiştir. Bu nedenle asitli gıdaların cam tencere dışında ki tencerelerde pişirilmesinden kaçınılmalıdır.

Samlafo (2017)'de gerçekleştirdiği çalışmada toprak kap yapımında kullanılan Gana'nın Orta ve Volta bölgelerinde toprak kil yataklarındaki potansiyel olarak sızabilen ağır metalleri karşılaştırmayı amaçlamıştır. İki bölgede ağır metal düzeylerinde istatistiksel

bir fark olmadığı görülmüştür. Bu bölgelerdeki toprak kil yataklarının ağır metal seviyelerine göre, gıda ürünleri için uygun hammaddeler olduğu tespit edilmiştir.

Aziza vd. (2021)'de gerçekleştirdiği çalışmada kil kaplar, paslanmaz çelik kaplar , eski ve yeni alüminyum kaplar, kil kaplar ve yiyeceğe ağır metal kontaminasyonunu tespit etmeyi amaçlamışlardır. Deney, zamanla alüminyum kap, kil çömlek ve paslanmaz çelik kaplardan yiyeceğe içine sızan ağır metallerin seviyesini belirlemek için üçer aylık zaman aralığında gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak ne alüminyum tencere ne toprak çömlek ne de paslanmaz çelik tencerelerin çok uzun süre kullanılmamasının gerektiği ortaya konmuştur.

Ojezele vd. (2016)'da yaptıkları çalışmada farklı gereçlerle (demir, eski paslanmaz çelik, yeni paslanmaz çelik, eski alüminyum, yeni ve alüminyum ve kil kaplar) pişirilen temel gıda olan pirinçteki bazı ağır metallerin seviyesini analiz etmeyi amaçlamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre gıdaların çeşitli kaplar tarafından kontaminasyonunu gün ışığına çıkarmış ve pişirme kaplarındaki bazı metallerin tahmini günlük güvenli alım limitleri aştığını göstermiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Toprak Kapların Temini

Bu tez çalışması, Afyon Kocatepe Üniversitesi Veteriner Fakültesi Biyokimya Ana Bilim Dalı ve Afyon Kocatepe Üniversitesi Veteriner Fakültesi Süt ve Süt Ürünleri Ünitesinde gerçekleştirilmiştir.

Toprak Kapların Temini ve Hazırlanması Farklı hayvan türlerine ait sütlerle toprak kaplarda (çömleklerde) mayalanan yoğurtlara toprak kaptan gıdaya geçebilecek ağır metal düzeylerinin belirlenmesi ve karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada; 2023 yılında ülke çapında birçok şubesi bulunan bir market zincirinin Afyonkarahisar'daki şubesinden, aynı parti üretimden rastgele örnekleme yöntemiyle 8 adet çömlek temin edilmiştir. Çalışmamızda temin edilen çömlekler, Fotoğraf 2.1'de görülmektedir."



Fotoğraf 2.1.: Çalışma materyalini oluşturan çömlekler.

Temin edilen çömlekler laboratuvara balonlu naylonlarla sarılarak taşınmıştır. Çömlekler, deney gerçekleştirilene kadar nemli olmayan bir ortamda oda sıcaklığında

muhafaza edilmiştir. Çömleklerden 2 tanesi kontrol grubu, 2 tanesi inek yoğurdu grubu, 2 tanesi koyun yoğurdu grubu ve 2 tanesi manda yoğurdu grubunu (Fotoğraf 2.2) oluşturacak şekilde işaretlenmiştir.

Çalışmaya başlamadan önce toprak kaplar, 40 °C sıcaklıkta, ev tipi sıvı deterjan içeren bir çözeltide yıkanmıştır. Daha sonra musluk suyu kullanılarak durulandıktan sonra distile suyla tekrar durulanmıştır. Herhangi bir bulaşmayı önlemek adına, kurutma fırınında (40 ± 5) °C sıcaklıkta ortamdaki nem kurutularak uzaklaştırılmıştır. Test edilen yüzeye temizlendikten sonra bir daha dokunulmamış ve kontaminasyonu önleyecek önlemler alınmıştır.



Fotoğraf 2.2: Deneme gruplarını oluşturan çömlekler.

2.2. İnek, Koyun ve Manda Sütlerinin Temini ve Yoğurt Mayalama Süreci

Çalışmada kullanılan İnek, Koyun ve Manda sütü, Afyonkarahisar'da bulunan bir süt üreticisinden temin edilmiştir. Satın alınan sütler, +4°C'ye soğutularak soğuk zincir altında laboratuvara taşınmış yoğurt üretimi için işlenmiştir.

Örneklerin pH ölçümü Inolab (pH-7110, WTW, Almanya) marka pH metre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. pH metre ölçüm öncesi 4,00 ve 7,00 standart solüsyonları ile kalibre edilmiştir ve elde edilen sonuçlar kayıt altına alınmıştır.

Yoğurt üretiminde starter kültür olarak ticari yoğurt kültürü (Christian Hansen) kullanılmıştır.

Starter kültür kullanılarak İnek, Koyun ve Manda yoğurtu üretim aşamaları, Fotoğraf 2.3'te sunulmuştur. Yoğurt yapımında kullanılan süt, ince bir tülbentle süzildikten sonra 95°C'de 5 dakika pastörize edilmiştir. Daha sonra süt 42-45°C'ye kadar soğutulmuştur. Süte%2 starter kültür eklenerek toprak kaplara bölünmüş, 4-5 saat boyunca inkübasyona bırakılmıştır. pH 4.6 ulaşıldığında inkübasyon sonlandırılmış ve +4°C'de soğutulmuştur. Bu sıcaklıkta 10 gün boyunca muhafaza edilmiştir.



Fotoğraf 2.3: Starter kültür kullanılarak İnek, Koyun ve Manda yoğurtu üretim aşamaları.

2.3. Analizler

Farklı hayvan türlerine ait sütlerle, çömlerlerde mayalanan yoğurtlara toprak kaptan geçebilecek ağır metal düzeylerinin belirlenmesi ve karşılaştırılması amacıyla Türk Gıda Kodeksi Gıda ile Temas Eden Seramik Malzemeler Tebliği (Tebliğ No: 2012/30) (Anonim, 2012) ve uluslararası standart metotlara (Anonim 1984) uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Gıda ile Temas Eden Seramik malzemelerden gıdaya geçen ağır metal miktarını belirlemek amacıyla kontrol grubunda bulunan çömlere “Gıda İle Temas Eden Seramik Malzemeler Tebliği” (Anonim, 2012) kapsamında belirtilen % 4 asetik asit testi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Sigma Aldrich firmasından temin edilen 27225 katalog numaralı Glasiyal asetik asit ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$) kullanılmıştır. Asetik asidin taze hazırlanması gerektiği için çalışma öncesinde % 4'lük (hacim/hacim) sulu çözelti hazırlanmıştır. Bu amaçla laboratuvar ekipmanının kontamine olmamasına dikkat edilerek 40 mL glasiyal asetik asit distile su ile 1000 mL'ye tamamlanarak % 4'lük Asetik asit çözeltisi elde edilmiştir.

Kontrol grubunu oluşturan 2 adet çömlek temizlendikten sonra %4'lük (v/v) asetik asit çözeltisi ile doldurulmuş ve migrasyon koşullarına maruz bırakılmıştır. Analiz edilecek çömler, % 4'lük asetik asit çözeltisi ile taşma noktasını 1 mm'den daha fazla aşmayacak düzeyde doldurulmuş ve buharlaşmanın önüne geçmek için çömlek kapakları kapatılarak parafilm ile sıkıca kapatılmıştır. Numuneler 22 ± 2 °C oda ısısının ve tam karanlığın sağlanabildiği laboratuvar ortamına alınmıştır. Kaplar doldurulmadan önce hazırlanan %4'lük (v/v) asetik asit çözeltisinden alınan örnek 0.gün olarak kaydedilmiştir. Literatürde 22 ± 2 °C sıcaklıkta ve $24 \pm 0,5$ saat migrasyon koşulları belirtilmiştir, ancak zamana bağlı migrasyon düzeyinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılması için eş zamanlı olarak yoğurt örnekleri ile birlikte çalışmanın 2. Günü (yani deneme başladıktan 24 saat sonra), 4. günü, 6. günü, 8. günü ve 10. günü olmak üzere, kontrol grubu örneklerinden biri başlangıç, beş tanesi çalışma sürecinde toplam 6 örnek alınmıştır (Şekil 2.1). %4'lük (v/v) asetik asit çözeltisi ile doldurulmuş 2 adet kontrol grubu çömlerinde, ağır metal tayini için test numunesini almadan önce, numune içerikleri herhangi bir çözelti kaybına veya test edilen yüzeyin aşınmasına neden olmayacak şekilde homojenize edilmiştir. Daha sonra numune içerikleri

polypropilen Falcon test tüplerine alınarak kontaminasyonların önüne geçilerek analizlerin gerçekleştirileceği zamana kadar saklanmıştır.

Çalışmada inek, koyun ve manda yoğurtları gruplarında; inek, koyun ve manda sütü ile yoğurt mayalanmış, her bir grupta ikişer çömlekten oluşmaktadır. Gıda ile temas eden seramik malzemelerden gıdaya geçen ağır metal migrasyonunu değerlendirmek için farklı sütlerden oluşmuş yoğurtlar yer almaktadır. Çömleklere inek, koyun ve manda sütleriyle yoğurt yapılmadan önce inek, koyun ve manda sütlerinden ağır metal analizleri için alınan örnekler 0.gün olarak kaydedilmiştir. Yoğurtlar mayalandıktan sonra, +4 °C 10 gün saklanmıştır. Zamana bağlı migrasyon düzeyinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılması için eş zamanlı olarak yoğurt örneklerinden çalışmanın 2. günü, 4. günü, 6. günü, 8. günü ve 10. günü olmak üzere biri başlangıç, beş tanesi çalışma sürecinde toplam 6 örnek alınmıştır (Şekil 2.1.). Her gruptan iki çömlekten bulunan yoğurtlardan ağır metal tayini için örnek almadan önce, çömlek içindeki yoğurtlar, herhangi bir kayba veya test edilen yüzeyin aşınmasına neden olmayacak şekilde 30 sn homojenize edilmiştir. Daha sonra numune içerikleri polypropilen Falcon test tüplerine alınarak kontaminasyonların önüne geçilerek analizlerin gerçekleştirileceği zamana kadar -22 °C kadar saklanmıştır.

Deneme sonrası toprak kap ile teması sonlandırılan, polypropilen Falcon tüplerine alınan asetik asit, inek, koyun ve manda yoğurt örneklerinde ağır metal analizleri Atatürk Üniversitesi Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (DAYTAM)'nde gerçekleştirilmiştir.

Yoğurt örnekleri kapalı sistem mikrodalga yakma metodu kullanılarak analize hazırlanmıştır. Bu amaçla her örnek için; her bir teflona örneklerden 500 mg alınmış ve üzerine 8 ml % 65'lik HNO₃ eklenmiştir. Üzerine 2 ml %30'luk H₂O₂ eklendikten sonra 15- 20 dk beklenilmiştir. Teflon kapların kapakları sıkıştırılarak yakma ünitesi (Ethos Easy, İtalya) 10 dakikada 180 °C 'ye çıkartıldı ve 10 dakika tutulduktan sonra oda sıcaklığına soğumaya bırakılmıştır. Reaktörden çıkarılan numuneler 25/0,45µm'lik filtrelerden süzülerek, analize hazır hale getirildi ve okuma işlemine kadar buzdolabında + 4 °C 'de muhafaza edilmiştir.



Kontrol A



Kontrol B

NUMUNE ALMA ZAMANLARI
Kontrol Grubu
0. gün Asetik Asit
2. gün Asetik Asit
4. gün Asetik Asit
6. gün Asetik Asit
8. gün Asetik Asit
10. gün Asetik Asit



İnek Yoğurdu A



İnek Yoğurdu B

NUMUNE ALMA ZAMANLARI
İnek Yoğurdu
0. gün İnek Sütü
2. gün İnek Yoğurdu
4. gün İnek Yoğurdu
6. gün İnek Yoğurdu
8. gün İnek Yoğurdu
10. gün İnek Yoğurdu



Koyun Yoğurdu A



Koyun Yoğurdu B

NUMUNE ALMA ZAMANLARI
Koyun Yoğurdu
0. gün Koyun Sütü
2. gün Koyun Yoğurdu
4. gün Koyun Yoğurdu
6. gün Koyun Yoğurdu
8. gün Koyun Yoğurdu
10. gün Koyun Yoğurdu



Manda Yoğurdu A

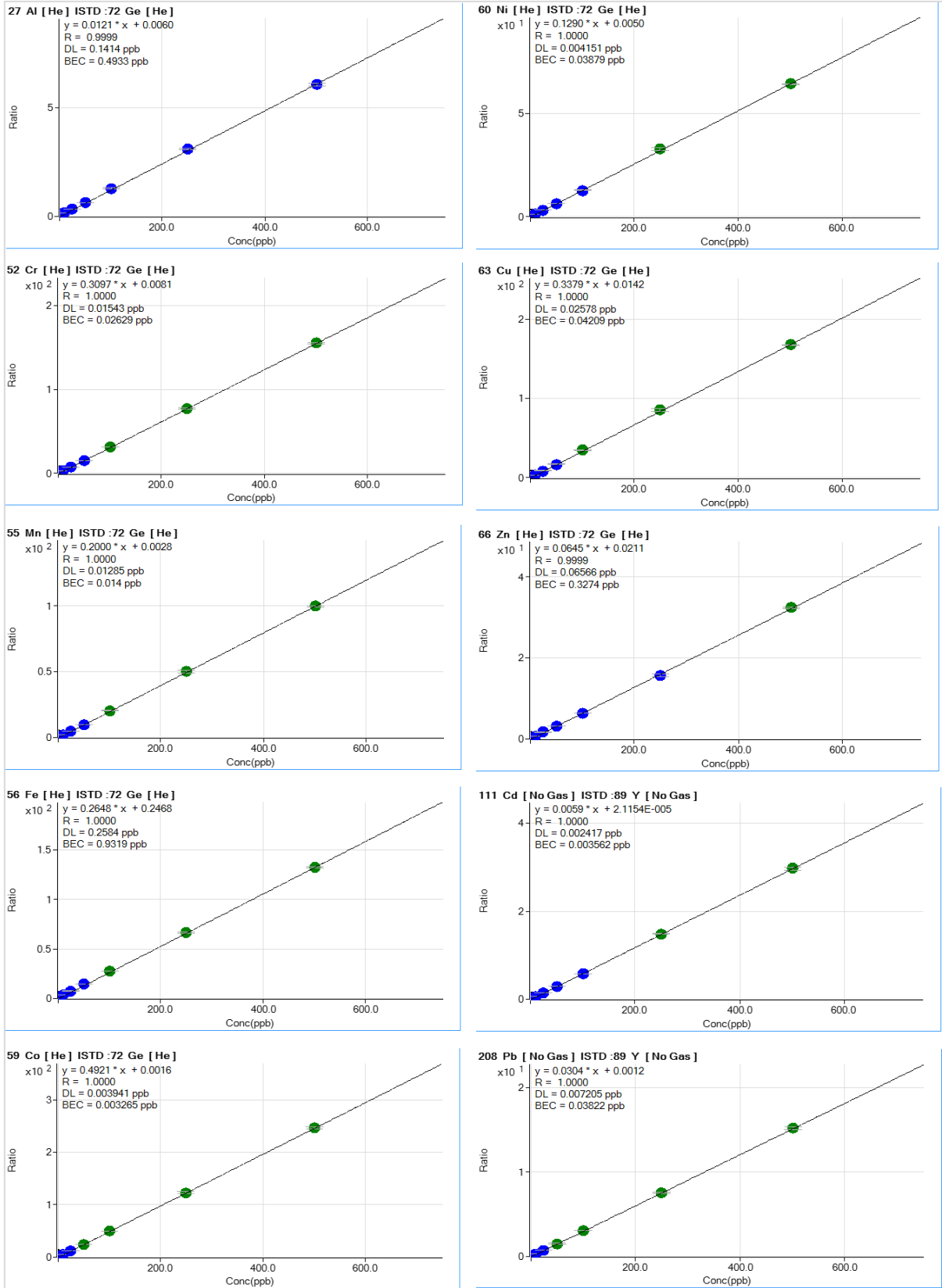


Manda Yoğurdu B

NUMUNE ALMA ZAMANLARI
Manda Yoğurdu
0. gün Manda Sütü
2. gün Manda Yoğurdu
4. gün Manda Yoğurdu
6. gün Manda Yoğurdu
8. gün Manda Yoğurdu
10. gün Manda Yoğurdu

Şekil 2.1: Deney Düzeni ve Numune Alma Zamanları

Asetik asit, İnek, Koyun ve Manda yoğurt örneklerinde ağır metal analizleri Agilent 7800 ICP-MS cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar ppb cinsinden değerlendirilmiştir. Sonuçlar her iki ölçümün ortalaması olarak alınmıştır. Yapılan çalışmada araştırılan her bir elemente ait standart grafikleri Aşağıda grafik 2.1. de görülmektedir.

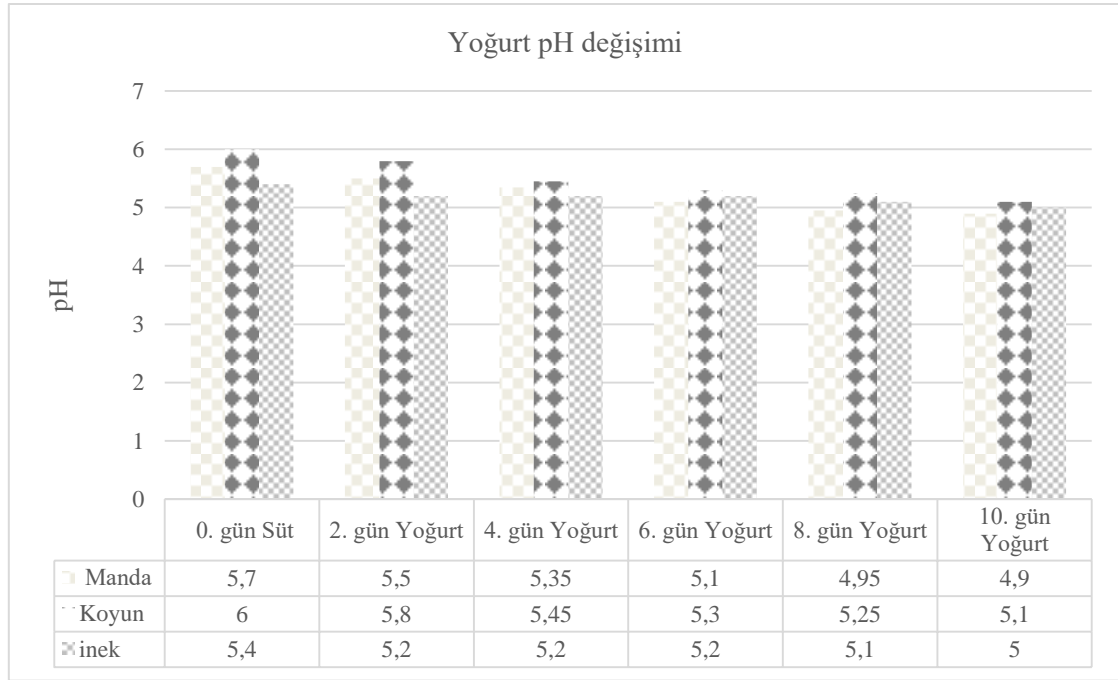


Grafik 2.1: Çalışmada araştırılan her bir elemente ait standart grafikleri

3. BULGULAR

Çömlek kaplardan, yoğurt örnekleri olarak kullanılan inek, koyun ve manda sütleriyle yapılan yoğurtlara ağır metal geçişinin araştırıldığı bu çalışmada, elde edilen sonuçlar aşağıda Tablo ve Grafikler aracılığıyla gösterilmiştir.

Aşağıda Grafik 3.1 de; yoğurt yapımında kullanılan inek, koyun ve manda sütleri ve bu sütlerle yapılan yoğurtların, 10 günlük deneme süreci boyunca pH değişimleri görülmektedir.



Grafik 3.1: Yoğurt pH değişimleri

Yukarıda Grafik 3.1 de görüldüğü gibi çalışma öncesi inek, koyun ve manda sütlerinin pH değerleri sırasıyla 5.4, 6 ve 5.7 dir. Çalışmanın 2.günü inek, koyun ve manda yoğurtlarında ölçülen pH değerleri sırasıyla 5.2, 5.8 ve 5.5 dir. 4.gün inek, koyun ve manda yoğurtlarında ölçülen pH değerleri sırasıyla 5.2, 5.45 ve 5.35 dir. Bu değer 6.gün sırasıyla 5.2, 5.3 ve 5.1 olarak ölçülmüştür. 8.gün gerçekleştirilen ölçümlerde pH değeri 5.1, 5.25 ve 4,95 olarak kaydedilmiştir. Çalışmanın son günü gerçekleştirilen ölçümlerde pH değerinin inek, koyun ve manda yoğurtlarında sırasıyla 5, 5.1 ve 4.9 düştüğü görülmüştür.

Aşağıda Tablo 3.1 ve Grafik 3.2 de kontrol grubuna ait %4'lük asetik asit çözeltisiyle gerçekleştirilen migrasyon testinde çömlek kaplardan, %4'lük asetik asit çözeltisine geçen ağır metal geçiş değerleri görülmektedir.

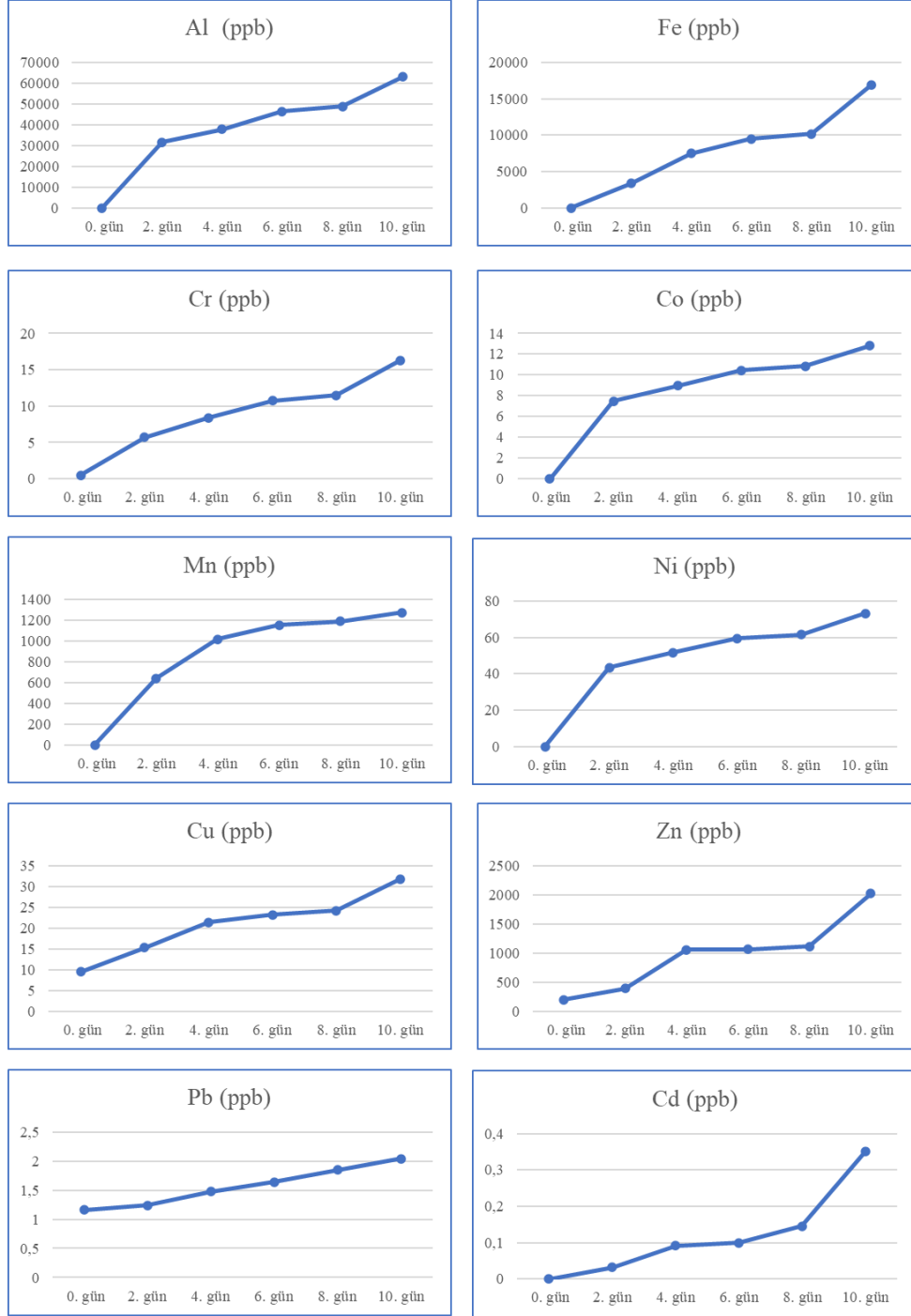
Çizelge 3.1: %4'lük asetik asit çözeltisine geçen ağır metal düzeyleri.

Kontrol Asit	Al (ppb)	Cr (ppb)	Mn (ppb)	Fe (ppb)	Co (ppb)	Ni (ppb)	Cu (ppb)	Zn (ppb)	Cd (ppb)	Pb (ppb)
0. gün	2,577	0,480	ND	13,304	ND	ND	9,515	197,766	ND	1,158
2. gün	31549,279	5,722	641,152	3355,782	7,479	43,372	15,344	388,517	0,011	1,240
4. gün	37822,660	8,414	1020,257	7503,894	8,976	51,601	21,450	1058,096	0,092	1,475
6. gün	46387,728	10,723	1153,236	9488,021	10,461	59,402	23,261	1062,751	0,099	1,639
8. gün	48855,852	11,464	1189,810	10190,984	10,857	61,625	24,232	1117,757	0,145	1,852
10. gün	63005,603	16,265	1274,812	16956,609	12,819	73,198	31,790	2021,434	0,350	2,043

%4'lük asetik asit çözeltisiyle gerçekleştirilen migrasyon testinde, test öncesi hazırlanan %4'lük asetik asit çözeltisinde ölçülen ağır metal değerleri Al için 2.577, Cr için 0.480, Mn için dedeksiyon limitinin altında, Fe için 13.304, Co ve Ni için dedeksiyon limitinin altında, Cu için 9.515, Zn için 197.766, Cd için dedeksiyon limitinin altında ve Pb için 1.158 ppb dir. Denemenin 2. Günü, yani migrasyon testi başladıktan 24 saat sonra, %4'lük asetik asit çözeltisinde ölçülen ağır metal değerleri Al için 31549.279, Cr için 5.722, Mn için 641.152, Fe için 3355.782, Co için 7.479, Ni için 43.372, Cu için 15.344, Zn için 388.517, Cd için 0.011 ve Pb için 1.240 ppb dir. Denemenin 4. Günü %4'lük asetik asit çözeltisinde ölçülen ağır metal değerleri Al için 37822.660 , Cr için 8.414, Mn için 1020.257, Fe için 7503.894, Co için 8.976, Ni için 51.601, Cu için 21.450, Zn için 1058.096, Cd için 0.092 ve Pb için 1.475 ppb dir. Altıncı gün %4'lük asetik asit çözeltisinde ölçülen ağır metal değerleri Al için 46387.728, Cr için 10.723, Mn için 1153.236, Fe için 9488.021, Co için 10.461, Ni için 59.402, Cu için 23.261, Zn için 1062.751, Cd için 0.099 ve Pb için 1.639 ppb dir. Sekizinci gün %4'lük asetik asit çözeltisinde ölçülen ağır metal değerleri Al için 48855.852, Cr için 11.464, Mn için 1189.810, Fe için 10190.984, Co için 10.857, Ni için 61.625, Cu için 24.232, Zn için 1117.757, Cd için 0.145 ve Pb için 1.852 ppb dir. Onuncu gün %4'lük asetik asit

çözeltilisinde ölçülen ağır metal değerleri Al için 63005.603, Cr için 16.265, Mn için 1274.812, Fe için 16956.609, Co için 12.819, Ni için 73.198, Cu için 31.790, Zn için 2021.434, Cd için 0.350 ve Pb için 2.043 ppb dir.

%4 Asetik Asit



Grafik 3.2: %4'lük asetik asit çözeltilisine geçen ağır metal düzeyleri.

Aşağıda Tablo 3.2 ve Grafik 3.3 de yoğurt örnekleri olarak inek yoğurdu kullanılan grupta inek yoğurduna, çömlekten geçen ağır metal değerleri görülmektedir.

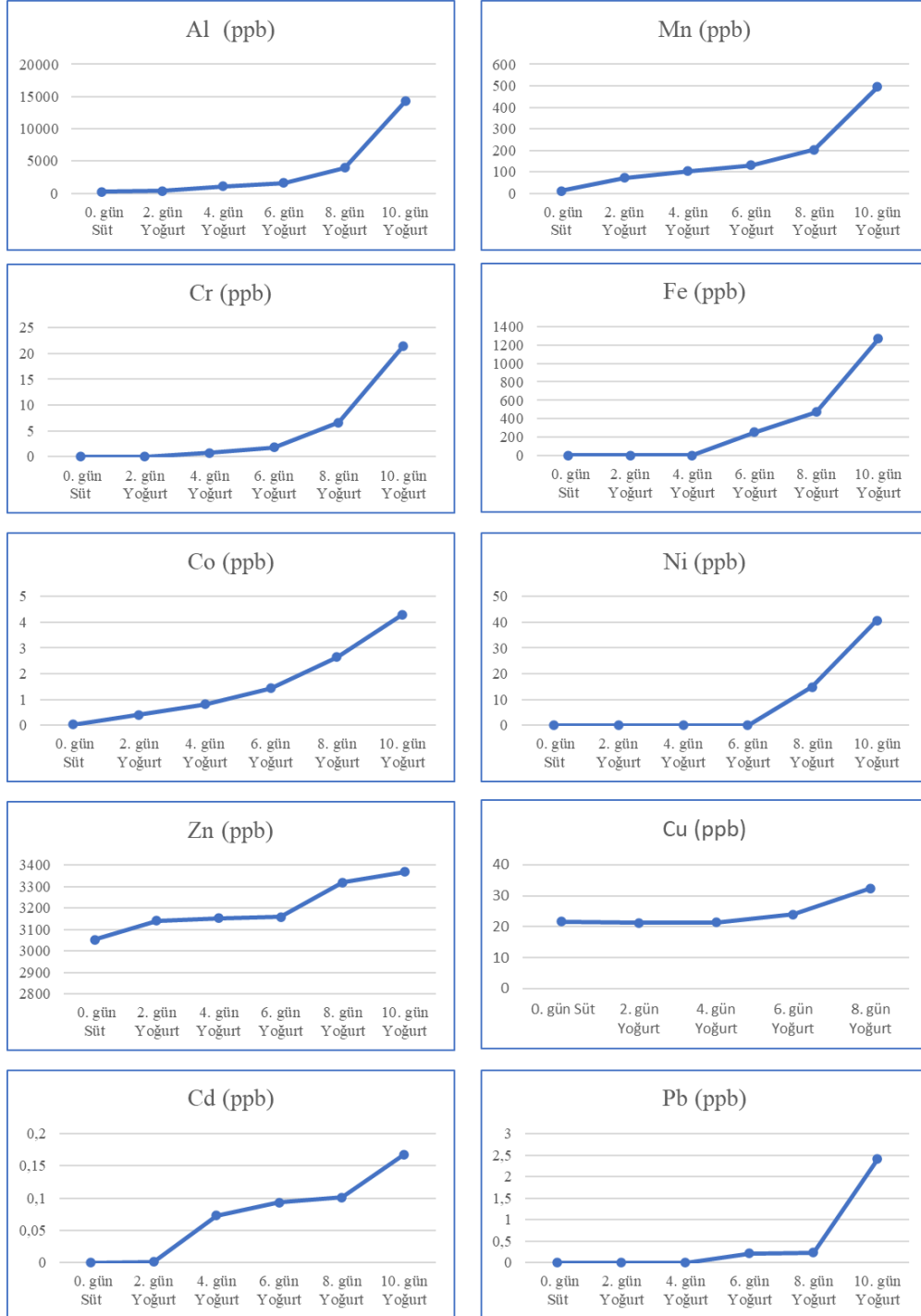
Çizelge 3.2: Toprak kaptan, inek yoğurduna geçen ağır metal düzeyleri.

İnek Yoğurdu	Al (ppb)	Cr (ppb)	Mn (ppb)	Fe (ppb)	Co (ppb)	Ni (ppb)	Cu (ppb)	Zn (ppb)	Cd (ppb)	Pb (ppb)
0. gün Süt	263,679	ND	11,790	ND	0,041	ND	21,685	3139,835	ND	ND
2. gün Yoğurt	385,933	ND	71,676	ND	0,408	ND	18,789	3053,167	0,001	ND
4. gün Yoğurt	1090,035	0,775	102,641	ND	0,818	ND	21,204	3152,579	0,073	ND
6. gün Yoğurt	1632,773	1,816	129,795	251,978	1,432	ND	21,451	3158,642	0,093	0,236
8. gün Yoğurt	3930,597	6,653	203,176	473,279	2,652	14,872	24,028	3319,271	0,101	0,212
10. gün Yoğurt	14293,155	21,515	494,167	1269,793	4,299	40,623	32,452	3367,739	0,168	2,407

İnek yoğurdu kullanılan grupta inek yoğurduna, çömlekten geçen ağır metal değerlerinin incelendiği bu grupta, yoğurt mayalama öncesi inek sütünün ağır metal düzeyleri araştırılmış olup, inek sütü için elde edilen değerler; Al için 263.679, Mn için 11.790, Co için 0.041, Cu için 21.685, Zn için 3139.835 ppb olup, Cr, Fe, Ni, Cd ve Pb için dedeksiyon limitinin altındadır. Denemenin 2. Günü inek yoğurtlarında ölçülen ağır metal değerleri; Al için 385.933, Mn için 71.676, Co için 0.408, Cu için 18.789, Zn için 3053.167 ve Cd için 0.001 ppb olup, Cr, Fe, Ni ve Pb için dedeksiyon limitinin altındadır. Denemenin 4. Günü inek yoğurtlarında ölçülen ağır metal değerleri; Al için 1090.035, Cr için 0.775, Mn için 102.641, Fe için dedeksiyon limitinin altında, Co için 0.818, Ni için dedeksiyon limitinin altında, Cu için 21.204, Zn için 3152.579, Cd için 0.073 ppb olup ve Pb için dedeksiyon limitinin altındadır. Altıncı gün inek yoğurtlarında ölçülen ağır metal değerleri; Al için 1632.773, Cr için 1.816, Mn için 129.795, Fe için 251.978, Co için 1.432, Ni için dedeksiyon limitinin altında, Cu için 21.451, Zn için 3158.642, Cd için 0.093 ve Pb için 0.236 ppb dir. Sekizinci gün inek yoğurtlarında ölçülen ağır metal değerleri; Al için 3930.597, Cr için 6.653, Mn için 203.176, Fe için 473.279, Co için 2.652, Ni için 14.872, Cu için 24.028, Zn için 3319,271, Cd için 0.101ve Pb için 0.212 ppb dir. Onuncu gün inek yoğurtlarında

ölçülen ağır metal değerleri; Al için 14293.155, Cr için 21.515, Mn için 494.167, Fe için 1269.793, Co için 4.299, Ni için 40.623, Cu için 32.452, Zn için 3367.739, Cd için 0.168 ve Pb için 2.407 ppb dir.

İnek Yoğurdu



Grafik 3.3: Toprak kaptan, inek yoğurduna geçen ağır metal düzeyleri.

Koyun yoğurdu kullanılan grupta, koyun yoğurduna, çömlerden geçen ağır metal değerleri aşağıda Tablo 3.3 ve Grafik 3.4 de görülmektedir.

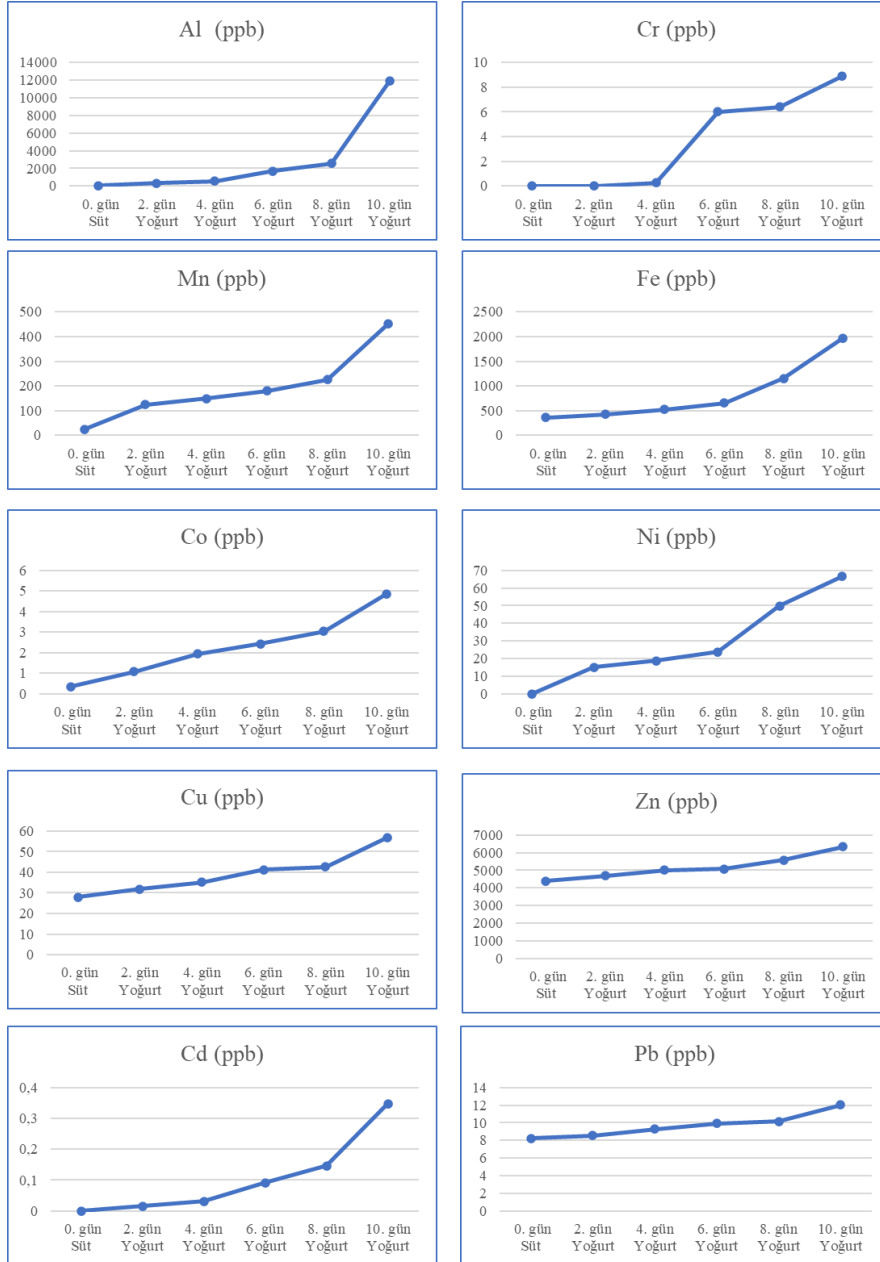
Çizelge 3.3: Toprak kaptan,koyun yoğurduna geçen ağır metal düzeyleri.

Koyun Yoğurdu	Al (ppb)	Cr (ppb)	Mn (ppb)	Fe (ppb)	Co (ppb)	Ni (ppb)	Cu (ppb)	Zn (ppb)	Cd (ppb)	Pb (ppb)
0. gün Süt	74,061	ND	24,733	358,088	0,360	ND	27,916	4380,393	ND	8,244
2. gün Yoğurt	327,022	ND	124,858	424,547	1,072	15,188	31,926	4687,508	0,016	8,563
4. gün Yoğurt	578,170	0,276	148,240	523,473	1,940	18,751	35,158	5015,737	0,031	9,282
6. gün Yoğurt	1685,563	6,021	180,536	657,096	2,437	23,901	41,293	5064,126	0,092	9,941
8. gün Yoğurt	2582,384	6,406	225,804	1149,517	3,044	49,825	42,585	5577,520	0,147	10,166
10. gün Yoğurt	11918,351	8,883	451,263	1972,092	4,866	66,647	56,969	6329,443	0,348	12,018

Koyun yoğurdu kullanılan grupta, koyun yoğurduna, çömlerden geçen ağır metal değerlerinin incelendiği bu grupta, yoğurt mayalama öncesi koyun sütünün ağır metal düzeyleri araştırılmış olup, koyun sütü için elde edilen değerler; Al için 74.061, Cr için dedeksiyon limitinin altında, Mn için 24.733, Fe için 358.088, Co için 0.360, Ni için dedeksiyon limitinin altında, Cu için 27.916, Zn için 4380.393, Cd için dedeksiyon limitinin altında ve Pb için 8.244 ppb dir. Denemenin 2. Günü koyun yoğurtlarında ölçülen ağır metal değerleri; Al için 327.022, Cr için dedeksiyon limitinin altında, Mn için 124.858, Fe için 424.547, Co için 1.072, Ni için 15.188, Cu için 31.926, Zn için 4687.508 ve Cd için 0.016 ve Pb için 8.563 ppb dir. Koyun yoğurtlarında denemenin 4. Günü ölçülen ağır metal değerleri; Al için 578.170, Cr için 0.276, Mn için 148.240, Fe için 523.473, Co için 1.940, Ni için 18.751, Cu için 35.158, Zn için 5015.737 ve Cd için 0.031 ve Pb için 9.282 ppb dir. Denemenin altıncı günü ölçülen ağır metal değerleri; Al için 1685.563, Cr için 6.021, Mn için 180.536, Fe için 657.096, Co için 2.437, Ni için 23.901, Cu için 41.293, Zn için 5064.126 ve Cd için 0.092 ve Pb için 9.941 ppb dir. Koyun yoğurtlarında denemenin 8. Günü ölçülen ağır metal değerleri; Al

için 2582.384, Cr için 6.406, Mn için 225.804, Fe için 1149.517, Co için 3.044, Ni için 49.825, Cu için 42.585, Zn için 5577.520 ve Cd için 0.147 ve Pb için 10.166 ppb dir. Denemenin onuncu günü ölçülen ağır metal değerleri;ise; Al için 11918.351, Cr için 8.883, Mn için 451.263, Fe için 1972.092, Co için 4.866, Ni için 66.647, Cu için 56.969, Zn için 6329.443 ve Cd için 0.348 ve Pb için 12.018 ppb dir.

Koyun Yoğurdu



Grafik 3.4:Toprak kaptan, koyun yoğurduna geçen ağır metal düzeyleri.

Manda yoğurdu kullanılan grupta, manda yoğurduna, çömlükten geçen ağır metal değerleri aşağıda Tablo 3.4 ve Grafik 3.5 de görülmektedir

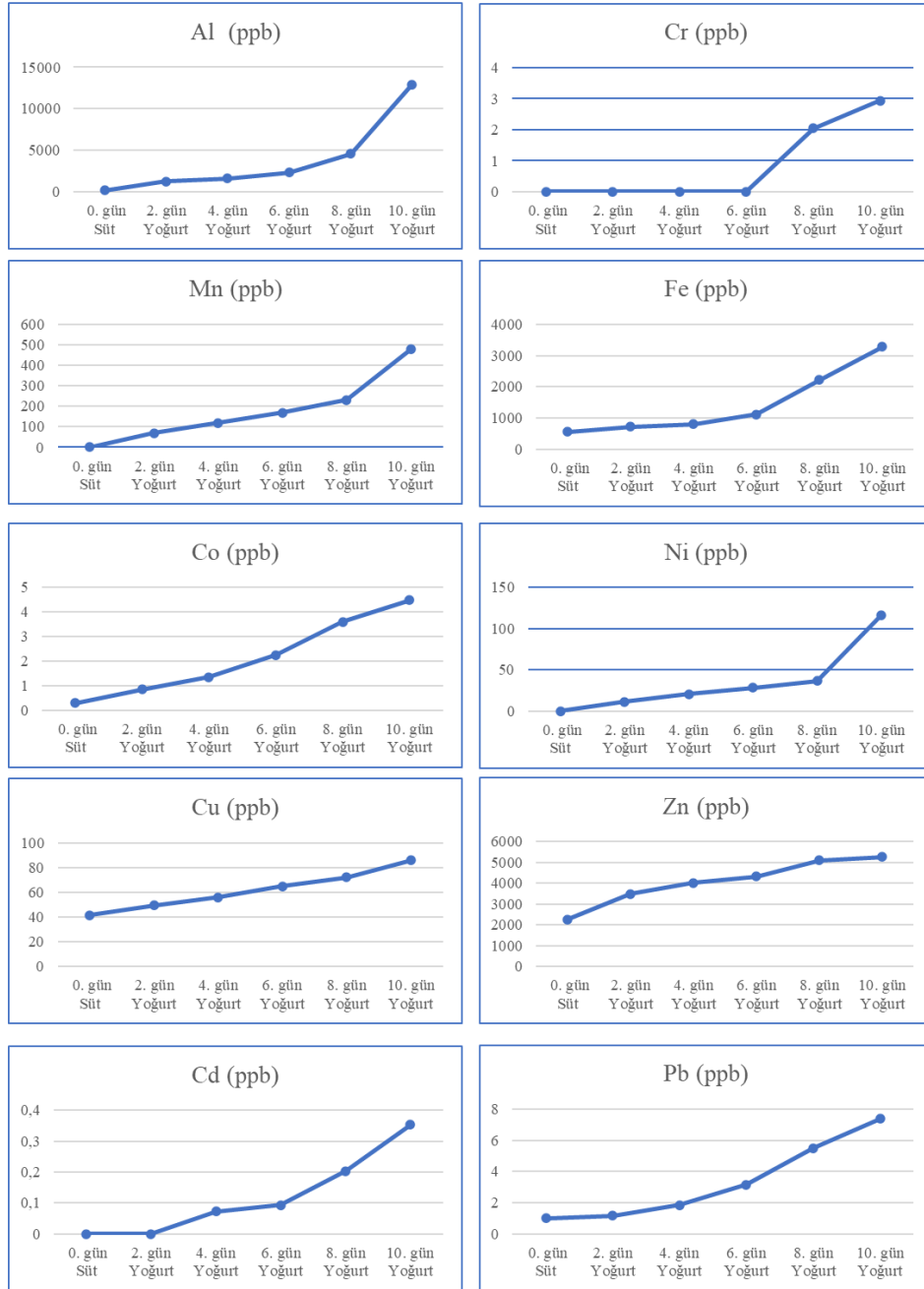
Çizelge 3.4: Toprak kaptan, manda yoğurduna geçen ağır metal düzeyleri.

Manda Yoğurdu	Al (ppb)	Cr (ppb)	Mn (ppb)	Fe (ppb)	Co (ppb)	Ni (ppb)	Cu (ppb)	Zn (ppb)	Cd (ppb)	Pb (ppb)
0. gün Süt	185,079	ND	ND	558,347	0,300	ND	41,521	2254,116	ND	1,013
2. gün Yoğurt	1262,914	ND	69,762	715,593	0,855	11,481	49,579	3494,554	ND	1,166
4. gün Yoğurt	1598,467	ND	119,209	807,168	1,350	20,411	56,067	4028,265	0,072	1,839
6. gün Yoğurt	2334,965	ND	169,827	1120,647	2,257	28,080	65,031	4320,426	0,093	3,143
8. gün Yoğurt	4555,038	2,048	231,577	2216,595	3,598	36,526	71,945	5097,792	0,204	5,503
10. gün Yoğurt	12897,643	2,937	477,984	3287,324	4,475	116,567	85,956	5257,151	0,353	7,368

Manda yoğurdu kullanılan grupta, manda yoğurduna, çömlükten geçen ağır metal değerlerinin incelendiği bu grupta, yoğurt mayalama öncesi manda sütünün ağır metal düzeyleri araştırılmış olup, manda sütü için elde edilen değerler; Al için 185.079, Cr için dedeksiyon limitinin altında, Mn için dedeksiyon limitinin altında, Fe için 558.347, Co için 0.300, Ni için dedeksiyon limitinin altında, Cu için 41.521, Zn için 2254.116, Cd için dedeksiyon limitinin altında ve Pb için 1.013 ppb dir. Denemenin ikinci günü manda yoğurtlarından elde edilen ağır metal düzeyleri; Al için 1262.914, Cr için dedeksiyon limitinin altında, Mn için 69.762, Fe için 715.593, Co için 0.855, Ni için 11.481, Cu için 49.579, Zn için 3494.554, Cd için dedeksiyon limitinin altında ve Pb için 1.166 ppb dir. Dördüncü gün manda yoğurtlarından elde edilen ağır metal düzeyleri; Al için 1598.467, Cr için dedeksiyon limitinin altında, Mn için 119.209, Fe için 807.168, Co için 1.350, Ni için 20.411, Cu için 56.067, Zn için 4028.265, Cd için 0.072 ve Pb için 1.839 ppb dir. Denemenin altıncı günü manda yoğurtlarından elde edilen ağır metal düzeyleri; Al için 2334.965, Cr için dedeksiyon limitinin altında, Mn için 169.827, Fe için 1120.647, Co için 2.257, Ni için 28.080, Cu için 65.031, Zn için 4320.426, Cd için 0.093 ve Pb için 3.143 ppb dir. Onuncu gün manda yoğurtlarından elde edilen ağır metal düzeyleri; Al için 4555.038, Cr için 2.048, Mn için 231.577, Fe

için 2216.595, Co için 3.598, Ni için 36.526, Cu için 71.945, Zn için 5097.792, Cd için 0.204 ve Pb için 5.503 ppb dir. Denemenin son günü olan onuncu manda yoğurtlarından elde edilen ağır metal düzeyleri; Al için 12897.643, Cr için 2.937, Mn için 477.984, Fe için 3287.324, Co için 4.475, Ni için 116.567, Cu için 85.956, Zn için 5257.151, Cd için 0.353 ve Pb için 7.368 ppb dir.

Manda Yoğurdu



Grafik 3.5:Toprak kaptan, manda yoğurduna geçen ağır metal düzeyleri.

4. TARTIŞMA

Yaptığımız bu çalışmada, inek, koyun ve manda sütlerinden çömlerlede yoğurt mayalanmış ve bu yoğurtlardan 2., 4., 6., 8., ve 10. günlerde numune alınarak çömlerden yoğurda geçen Al, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Cd ve Pb düzeyleri araştırılmıştır.

Gıda kontaminantları, bilinçli bir şekilde gıdalara eklenmeyen ancak üretim, işleme, hazırlama, depolama, ambalajlama, taşıma veya çevre kirliliği süreçlerinde bulaşan maddeler olarak tanımlanır (CAC, 2013). Bugünün en önemli sağlık tehditlerinden biri ağır metal kontaminasyonudur. Ağır metallerle kirlenmiş gıdaların tüketilmesi, maruz kalınan ağır metallerin konsantrasyonu, dokularda birikme miktarı ve benzeri faktörlere bağlı olarak çeşitli kronik sağlık sorunlarına neden olabilir (Türközü ve Şanlıer, 2012).

Gıdalar, ağır metal kontaminasyonuna çeşitli yollarla maruz kalabilir. Özellikle bakır tavalar gibi pişirme araçları, gıdalardaki ağır metal kontaminasyonunun önemli kaynaklarından biridir (Matsha vd., 2009). Güney Afrika'da yapılan bir çalışmada, geleneksel dökme demir çaydanlıklarının ve ev yapımı biraların demir toksisitesi ve kanser vakalarıyla ilişkilendirildiği bulunmuştur. Ayrıca, Hint çocukluk sirozuyla ilişkilendirilen karaciğerde aşırı bakır birikimi, çocuk mamalarının hazırlandığı pirinç kaplarıyla ilişkilendirilmiştir (Conor, 2006).

Seramik malzemeler genellikle kil veya topraktan yapılmış olup genellikle "pişmiş toprak" olarak adlandırılır (Erman, 2012). Toprak pişirme araçları, günümüzde oldukça popüler olmalarına rağmen, ağır metal kontaminasyonunun önemli bir kaynağıdır. Sırlanmış seramik malzemelerden kurşun, kadmiyum, krom, kobalt ve baryum gibi metallerin gıdalara veya içeceklere sızması, çeşitli sağlık risklerine neden olabilir (Valadez-Vega vd., 2011). Uygun şartlarda üretilmeyen ve düşük kalitede olan seramik ürünlerinin birçok potansiyel zehirli elementin kontaminasyonuna neden olabileceği belirtilmektedir (Bolger, 1996).

Migrasyon kavramı, belirli koşullar altında kapta bulunan gıda maddesinden bir kütle transferi olarak tanımlanabilir. Ağır metaller, gıdanın saklandığı veya pişirildiği kaplardan gıdaya "leaching" adı verilen bir süreçle gıdanın kapla temas ettiği kısımlardan sızabilir veya süzülebilir. Gıdaların hazırlama sırasında biriken metal

miktarı ve türleri, gıdaların pH değerine, pişirme sürelerinin uzunluğuna ve kullanılan kap türüne bağlıdır.

Valadez-Vega vd. (2011), yılında Meksika'da yürütülen bir araştırmaya göre, asidik gıdaların metalleri gıdaya aktarma konusunda büyük bir yeteneğe sahip olduğu ve seramik kaplardan Pb ve Cd'nin migrasyonunun temas ettiği gıdaların pH'ı düştükçe arttığı sonucuna varılmıştır. Demont vd. (2012), tarafından yapılan bir çalışmada, ağır metallerin sırlı seramik malzemelerden migrasyonunun pH düştükçe arttığı gözlenmiştir. Çalışma sonucunda, bazı elementlerin malik asit ve sitrik aside olan migrasyonunun, gıdaya olan migrasyonundan daha fazla olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak, asidiklik arttıkça seramik malzemedeki gıdaya geçebilecek ağır metallerde bir artış gözlenmiştir. Bolle vd. (2012), çalışmasında, geleneksel yöntemlerle üretilen seramik malzemelerden potansiyel ağır metal migrasyonu üzerine çeşitli gıda ve gıda benzerleri ile farklı migrasyon koşullarının etkisi incelenmiştir. Deneme amaçlı olarak, domates suyu, limon suyu, sirke, asetik asit, sitrik asit ve malik asit gibi farklı gıda ve gıda benzerleri kullanılmıştır. Seramik malzemeler, bu maddelerle temas ettirilerek 20-90 °C sıcaklıkta ve 30 dakika ile 2 gün arasında değişen süreler boyunca bekletilmiştir. Gözlemler sonucunda, Pb salınımının domates suyunda en düşük, sitrik asitte ise en yüksek olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, domates suyu ile yapılan migrasyonun süresinin 24 saatten 48 saate çıkarılması durumunda Pb migrasyonunda bir artış gözlemlenmiştir. Bu durum, pH ve sürenin migrasyonu artırıcı bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir. Geleneksel kil kaplardan ağır metallerin sızma kabiliyetini test etmek için asidik koşulların (%4 asetik asit) kullanılmasını önermektedir (Halefoğlu vd., 2006). Daha asidik koşulların kullanılması kurşun sızıntısında önemli bir artışa neden olmuştur.

Doğal gıdalarda sitrik asit, laktik asit ve asetik asit bulunmaktadır. Bu nedenle yapılan bir çalışmada pH değerinin kurşun, kobalt, nikel ve çinkonun göçü üzerindeki etkisini incelemek için %4 ve %10 asetik asit kullanılmıştır. %4 ve %10 asetik asit migrasyon testi sonucu %10 asetik asitteki normalize edilmiş toksik metal miktarlarının, %4 asetik asittekenden daha fazla olduğu görülmüştür. Bu olgu, %10 asetik asidin kurşun, kobalt, nikel ve çinkonun ekstrakte edilebilirliğinde daha etkili olduğunu göstermiştir. %10 asetik asitin %4 asetik asitten daha düşük bir pH değerinin etkisinden kaynaklandığı

bildirilmiştir. % 4 asetik asitin pH değeri yaklaşık 2,45 iken %10 asetik asit pH değeri yaklaşık 2,2'dir (Dong vd., 2014). Yoon vd. (1976), belirli bir sıcaklıkta pH değerinin artmasıyla kurşun salınımının doğrusal olarak azaldığını bildirmişlerdir. Ayrıca asit kuvvetinin artmasıyla birlikte sızan kurşunun da arttığı sonucuna vardı. Ancak gıda maddelerinde bu tür aşırı asidik koşulların oluşması pek olası değildir. Bu nedenle AB ve FDA testlerinde seramik eşyaların toksik metallerin migrasyon düzeyinin araştırılmasında gerçeğe çok daha yakın olan %4 asetik asit kullanılmaktadır (Belgiad, 2003).

Asidik koşullar altında, ağır metallerin süzülmesinin maksimum olduğu bulunmuştur. Domates salçası Türkiye'de yaygın olarak kullanılmaktadır ve pH değeri 1.45'tir. Bu oldukça asidiktir; bu nedenle ağır metaller domates salçasının saklandığı seramik sürahilerden kolayca salınabilir (Halefoğlu vd., 2006). Bu açıdan bakıldığında, asitli gıdalar metallerin pişirme kaplarından sızabilirliği üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Çalışmamızda, mayalama öncesi inek, koyun ve manda sütlerinin pH değerleri sırasıyla 5.4, 6 ve 5.7 dir. Çalışma sonunda her 3 süt türünden mayalanan yoğurtların pH değerlerinde lineer bir azalış meydana gelerek çalışmanın son günü alınan örneklerde pH değeri inek, koyun ve manda yoğurtlarında sırasıyla 5, 5.1 ve 4.9 düştüğü görülmüştür. Yaptığımız literatür taramasında çömlerde mayalanan yoğurtlarda ağır metal düzeyleri konusunda bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada deneme süresince ölçülen pH değerlerinin giderek azaldığı ve asidik bir gıda olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte yukarıda irdelenen literatür bilgi ışığında çömlerde mayalanan farklı tür yoğurtların asidik karakterde olması, deneme süresinin 10 gün olması ve zamana bağlı olarak pH değerinin azalmış olması, literatürde belirtilen “pH ve sürenin migrasyonu artırıcı bir etkiye sahip olabileceği” bilgisiyle harmanlandığında, çömlerde mayalanan yoğurtlara çömlerden ağır metal geçiş beklentisini ortaya koymuştur.

Yukarıda da belirtildiği üzere, gıda ile temas eden pişirme ve saklama kaplarından gıdaya insan sağlığını olumsuz etkileyebilecek ağır metallerin migrasyonu söz konusu olabilir. Birçok ağır metaller, düşük miktarlarda bile akut ve kronik toksisiteye yol açabilir. Bu nedenle, ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan çeşitli düzenlemelerle insanların bu metallerle doğrudan temasını sınırlamaya yönelik çabalar hız

kazanmaktadır. Bu önemli sorun ticari süreçte standart bir test yöntemine ve limitlere ihtiyaç duyulmasına neden olmuş ve her ülke kendi standartlarını belirlemiştir.

1984'te Avrupa Birliği, Gıda ile Temas Eden Seramik Malzemeler Hakkında Konsey Direktifi'ni oluşturarak tüketicilerin seramik malzemelerden geçen kurşun veya kadmiyumu tüketmelerini engellemeyi amaçlamıştır (Anonim, 1984). Bu direktife dayanarak Türk Gıda Kodeksi Gıda ile Temas Eden Seramik Malzemeler Tebliği (Tebliğ No: 2012/30) ülkemizde yürürlüğe girmiştir (Anonim, 2012). Bu düzenlemelerin temel hedefi, gıda ile temas eden seramik malzemelerin son haliyle gıda ile temas etmesi beklenen, gıda ile temas halinde olan veya bu amaçla üretilen gıdaya kurşun ve kadmiyumun muhtemel migrasyonunu belirlemektir.

Gerçek gıda maddelerinin bulunduğu durumlardaki migrasyonu belirlerken gıdanın yerini alabilecek maddelere "Gıda simülantı" adı verilmekte ve hem araştırma hem de düzenli kontroller için kullanılmaktadır. Gıda simülantlarıyla yapılan çalışmalar genellikle gerçek gıdalarla yapılan çalışmalardan daha yaygındır. Migrasyonu etkileyen tüm durumlarda yapılan testlerde, migrasyonun olduğu gıda ile temas eden maddeden gıdaya olabilecek migrasyonların benzerliği amaçlanır (Çinibulak, 2010).

Avrupa Birliği'nden uyarlanan Türk Gıda Kodeksi Gıda ile Temas Eden Seramik Malzemeler Tebliği (Anonim, 2012). gıdalarla temas etmesi düşünülen seramik malzeme yüzeylerinden açığa çıkan kurşun ve kadmiyumun tayinini açıklamaktadır. Test için %4 asetik asit kullanılmaktadır. Asetik asit, test edilecek malzemenin yüzeyini 1 mm'yi geçmeyecek şekilde doldurulmaktadır. Kurşun ve kadmiyumun belirlenmesi için temas eden malzeme 22 °C civarında 24 saat temas etmesi için bırakılır. Migrasyon sonunda asetik aside geçen kurşun ve kadmiyum miktarı uygun koşullarda atomik absorpsiyon spektrofotometresi veya ICP-MS (İndüktif olarak Eşleşmiş Plazma ve Kütle Spektrometresi) ile tespit ve tayin edilir. Halefoğlu vd. (2006), araştırmasında, Gaziantep ilinde bulunan seramik atölyelerinden temin ettikleri seramik çanak çömlekler üzerinde gerçekleştirdikleri %4 asetik asit deneyi sonuçları, yüksek düzeyde kurşun migrasyonunu ortaya koymuştur.

Çalışmamızda kontrol grubunu oluşturan çömlekler 22 °C de, 24 saat %4 asetik asit testine tabi tutulmuştur. %4'lük asetik asit çözeltisiyle gerçekleştirilen migrasyon

testinde, test öncesi hazırlanan %4'lük asetik asit çözeltisinde ağır metal düzeyleri tespit edilmiştir. Çalışma öncesi %4'lük asetik asit çözeltisinde ölçülen ağır metal düzeyleri ile çalışmanın ikinci günü (testin 24. saati) çömlleklerden alınan asetik asit çözeltisinde ölçülen ağır metal değerleri karşılaştırıldığında Al 12242.64 kat, Cr 11.92 kat, Mn 641.15 kat, Fe 252.23 kat, Co 7.47 kat, Ni 43.37 kat, Cu 1.61 kat, Zn 1.96 kat, Cd 0.011 kat ve Pb 1.07 kat artmıştır. Literatürde %4 lük asetik asit testinin 24 saat sürmesi belirtilmektedir. Ancak bu çalışmada yoğurt gruplarında deneme sürecinin 10 gün sürmesi planlandığı için %4 asetik asit grubunda da 10 gün boyunca gün aşırı örnek alınarak ağır metal analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın son günü olan 10.gün aldığımız örneklerle, çalışma öncesi hazırlanan %4'lük asetik asit çözeltisinde ölçülen ağır metal düzeyleri karşılaştırıldığında ise Al 24449.21 kat, Cr 33.88 kat, Mn 1274.8 kat, Fe 1274.55 kat, Co 12.81 kat, Ni 73.19 kat, Cu 3.34 kat, Zn 10.22 kat, Cd 0.35 kat ve Pb düzeylerinin 1.76 kat arttığı tespit edilmiştir. Bu durum çömllekten %4'lük asetik asit çözeltisine çalışmada incelenen tüm ağır metallerin migrasyonunun gerçekleştiğini göstermektedir.

Gıdalardaki Al içeriği ve bunun özellikle yaşlılar ve böbrek yetmezliği olan kişilerde Al toksisitesi ile olası ilişkisi konusunda devam eden bir ilgi bulunmaktadır. İnsan vücuduna giren Al kaynakları arasında gıda, su, içecekler, kozmetikler, ilaçlar, gıda katkı maddeleri ve pişirme kaplarından sızan Alüminyum yer almaktadır (Al Juhaiman, 2010). Alüminyumun, alüminyum pişirme kaplarında saklanan veya işlenen gıdalara nüfuz etmesi üzerine de çalışmalar yapılmıştır. Skibniewska ve Smoczyński (1996), Polonya'da gerçekleştirdikleri çalışmada, alüminyum mutfak kaplarında ekşi süttten üretilen süzme peynirdeki alüminyum konsantrasyonunu araştırmışlardır. Deney gerçekleştirilmeden önce sütte ölçülen alüminyum değerlerinden, peynirde ölçülen değerlerin süte göre 3-4 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, cam kapta üretilen süzme peynirdeki alüminyum konsantrasyonunun, bu metalin sütteki konsantrasyonuna benzer olduğu belirlenmiştir. Verissimo vd. (2006), farklı asidik katkı maddeleri (limon suyu, şarap sirkesi ve elma sirkesi) kullanılarak pişirilen kırmızı lahanada örneklerinde, düşük pH değerlerinin alüminyumun migrasyonunu artırdığını göstermişlerdir. Limon suyu ile pH 2.6'da pişirilen kırmızı lahanada 5.1 mg Al/100 g kırmızı lahanada tespit edilmiştir. Şekerli ve şekerli pişirilen domates sosu sırasıyla $2,7 \pm 0,2$ ve $4,9 \pm 0,2$ mg Al/100 g domates sosu göstermiştir. Aynı numuneler alüminyum

kaplarda 48 saat boyunca buzdolabında saklandığında sırasıyla $2,8 \pm 0,2$ ve $5,0 \pm 0,2$ mg Al/100 g domates sosu sonucunu elde edilmiştir. Dabonne vd. (2010), bazı geleneksel mutfak eşyalarının ağır metallere zehirlenmenin potansiyel kaynakları olduğunu göstermek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada, öğütülmüş pirinç geleneksel bir alüminyum tencerede pişirilerek pişirme sırasında kaptan gıdaya bulaşan kirlilik düzeyi değerlendirilmiştir. Sonuçlar, pişmiş pirincin alüminyum içeriğinin 11 kattan fazla arttığını göstermiştir. Ayrıca, modern kaplarda bulunan inert malzemeden oluşan koruyucu tabakanın, pişirme sırasında gıdaları kontaminasyondan korumak için iyi bir yol olduğu da gösterilmiştir. Kilden yapılmış diğer bir geleneksel kabın mineral bileşiminin analizi, yüksek alüminyum içeriğini göstermiş ve bunun da alüminyum kaynaklı potansiyel bir gıda kontaminasyonu kaynağı olduğunu ortaya koymuştur. Ranau vd. (2001), gerçekleştirdikleri çalışmada, gıda saklama ve hazırlama sırasında yaygın olarak kullanılan alüminyum folyoya sarılmış ve sarılmamış ızgara ve fırınlanmış balık filetolarındaki alüminyum içeriğini araştırmışlardır. Deneyler, sarılmış filetoların sade veya sirke ve sodyum klorür ile fırında pişirilmesini ve filetoların bir kısmının soğan halkaları ve karışık baharatlar gibi malzemeler eklenerek veya eklenmeden odun kömürü üzerinde ızgara yapılmasını içermektedir. Alüminyum folyoya sarılmış hem fırında hem de ızgarada pişirilmiş filetolarda alüminyum konsantrasyonları ısıtma sırasında 2 - 68 kat arasında değişen oranlarda artmıştır. Sonuçlar, alüminyumun folyodan gıdaya geçtiğini ve geçme derecesinin ısıtma süresi, sıcaklık, gıda bileşimi, pH değeri, diğer maddelerin varlığı ve kompleksleşme reaksiyonları gibi faktörlerden etkilendiğini göstermiştir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından 1989 yılında önerilen günlük 1 mg Al/kg vücut ağırlığı alım limiti göz önüne alındığında, alüminyum folyo ile hazırlanan yemeklerin tüketilmesinin tüketiciler için önemli bir sağlık riski oluşturması beklenmediğini bildirmişlerdir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından 1989 yılında önerilen tolere edilebilir günlük 1 mg Al/kg vücut ağırlığı alım limiti güncellenerek 2011 yılında 2 mg/kg vücut ağırlığı için geçici tolere edilebilir haftalık alım miktarı belirlemiştir. Daha önceki tolere edilebilir günlük 1 mg Al/kg vücut ağırlığı alım limiti değeri geri çekilmiştir (WHO 2011).

Çalışmamızda deneme grubunu inek, koyun ve manda sütleriyle çömlerle mayalanan yoğurtlar oluşturmuştur. Her üç sütte çalışmaya öncesi alınan numunelerde ağır metal düzeyleri ölçülmüş ve çalışma süresini oluşturan 10 gün boyunca gün aşırı

çömlerlerde mayalanan yoğurtlardan alınan örneklerde ölçülen ağır metal düzeyleri ile karşılaştırılmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlara göre, çalışma öncesi inek sütünde elde edilen Al değerleri ile inek yoğurdunda çalışma süresince elde Al değerleri kıyaslandığında, Al değeri inek yoğurdunda denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 1.46, 4.13, 6.19, 14.90 ve 54.20 kat artmıştır. Koyun yoğurdu ve koyun sütündeki Al değeri ile kıyaslandığında denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 4.41, 7.80, 22.75, 34.86 ve 160.92 kat artmıştır. Manda yoğurdu ve Manda sütündeki Al değeri ile kıyaslandığında ise denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 6.82, 8.63, 12.61, 24.61 ve 69.68 kat arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum yoğurtların mayalandığı çömlerden yoğurtlara Al migrasyonu olduğunu göstermekte olup, koyun yoğurdunda migrasyon düzeyinin 10. gün daha fazla olduğu görülmektedir.

Seramik ürünlerin üretiminde kullanılan krom bileşikleri, özellikle metalik krom ve krom (III) bileşiklerinin, krom (VI) ile karşılaştırıldığında daha düşük zarar seviyelerini göstermeleri dikkat çekicidir. Uluslararası Kanseri Araştırmaları Ajansı (IARC), krom (VI) bileşiklerini insanlar için kanserojen olarak sınıflandırmış ve bazı çalışmalar krom (VI) solunmasının akciğer kanseri ile ilişkilendirildiğini göstermiştir. Ayrıca, krom (III) bileşiklerinin doğal olarak gıdalarda bulunması, buna karşın içme suyunun esasen insan faaliyetlerinden kaynaklanan krom (VI) bileşenlerini içermesi özellikle vurgulanmaktadır (EFSA 2014; IARC, 1990; Wilbur vd. 2012). Paslanmaz çelik içeren ürünler, süt kamyonları, süt ürünleri ve çikolata endüstrisi ekipmanları, meyve işleme ekipmanları, kuru gıda işleme alanındaki kaplar, mutfak eşyaları, mezbahalar, balık işleme, restoranlar ve hastanelerdeki büyük mutfak ekipmanları gibi çeşitli sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Krom bileşikleri, çömlükçilikte, sırlarda, kağıt ve boyalarda da bulunur (Langaard ve Norseth, 1986).

Nikel, modern teknolojilerde giderek daha fazla uygulama alanı bulan bol, güçlü, parlak, gümüş, beyaz bir metaldir. Çok sünek ve yumuşaktır, korozyona karşı dirençlidir, bu da onu tencere üretiminde kullanılan metal alaşımlarından biri olarak mükemmel bir seçim haline getirir. Üretilen nikelin çoğu paslanmaz çelik, nikel alaşımları ve mutfak eşyaları, elektrikli ekipmanlar, aletler, madeni paralar, makineler, silahlar ve mücevherler gibi nesnelere içeren nikel dökme demir üretiminde kullanılır (Aleksandra ve Urszula, 2008). Ni muhtemelen organizmalar için gerekli bir elementtir

ve birçok gıda maddesinde küçük miktarlarda bulunur. Bununla birlikte birçok araştırmacı, pişmiş gıdalara her zaman bir miktar nikel geçtiğini bildirmiştir. Liç veya korozyon süreçleri, bazen 1 mg/gün'e kadar ulaşan oral nikel alımına önemli ölçüde katkıda bulunabilir (Alabi ve Adeoluwa, 2020). Ogidi vd. (2017), domates sosunda nikel seviyesinin arttığını ve bunun da metalin evlerde kullanılan alüminyum pişirme kaplarından süzülmesine bağlandığını bildirmiştir. Vücuda alınan doza bağlı olarak nikel ve nikel bileşikleri kanserojen etki gösterebilmektedir. Aynı zamanda solunum yolu rahatsızlıklarına, astım hastalığına ve cilt üzerinde birtakım tahribatlara sebebiyet verebildiği bilinmektedir (Barceloux, 1999).

Sheets (1998), Avrupa ve Asya menşeli üst sır ile bezenmiş sırlı porselenden çeşitli metallerin 24 saat boyunca % 4 asetik asit içine salınımını incelemiştir. Nikel sızıntısı 46 kapta 0,05 µg/mL'nin altında ölçülürken, 44 kaptan krom geçişi 0,10 µg/mL'nin altında değerlendirmiştir. Mohamed vd. (1995), 30 ila 32 °C arasında değişen sıcaklıklarda sırlı toprak kaplardan %4 asetik asit içine nikel göçü üzerine bir çalışma yürütmüştür. Araştırmanın sonuçları, nikel göçünün oldukça düşük olduğunu ve sadece 0,2 mg/L olarak kaydedildiğini ortaya koymuştur. Diğer çalışmalarda, Hindistan'da üretilen seramik içme kaplarından nikel ve krom salınımı demlenmiş çay (24 saat boyunca 80 °C), portakal suyu (23 °C, 24 saat) ve %4 asetik asit (24 saat oda sıcaklığında, daha sonra 40 °C ve 60 °C'de) içinde ölçülmüştür. Çay için, migrasyon sonrası nikel ve krom konsantrasyonları sırasıyla 70-80 µg/L ve 62-119 µg/L iken, portakal suyu için sırasıyla 70-134 µg/L ve 66-945 µg/L olmuştur (Ajmal vd., 1997). Szyndal vd. (2016), Polonyada seramik ve cam sofraya eşyalarından nikel ve krom geçişini araştırmak için gerçekleştirdikleri çalışmada, Nikel ve kromun seramikten migrasyonu %4 asetik asitte ($22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de $24 \pm 0,5$ saat), camdan migrasyonu ise %4 asetik asit ($22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de $24 \pm 0,5$ saat) ve %0,5 sitrik asitte ($70 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de $2 \pm 0,1$ saat) incelenmiştir. Nikel ve krom migrasyonu 172 seramik ve 52 cam kap numunesinden ölçülmüş, 0,04 mg/L nikel konsantrasyonunun bulunduğu bir örnek dışında tüm sonuçlar miktar belirleme sınırlarının altında kalmıştır. Test edilen seramik ve cam eşyalar nikel ve kromun migrasyonu açısından insan sağlığı için bir tehdit oluşturmadığı sonucuna varılmıştır.

Çalışmamızda kullanılan inek, koyun ve manda sütlerinde Cr ve Ni tespit edilememiştir (dedeksiyon limitinin altındadır). Elde ettiğimiz sonuçlara göre, çalışma öncesi inek

sütünde elde edilen Cr değerleri ile inek yoğurdunda çalışma süresince elde Cr değerleri kıyaslandığında, inek yoğurdunda denemenin 2. Günü Cr tespit edilememiş, denemenin 4., 6.,8. ve 10. günlerinde ise sırasıyla 4. Günü 0,7 kat, 6. Günü 1.8 kat, 8. Günü 6,6 kat ve 10. günü 21,5 kat artmıştır. Koyun yoğurdunda Cr değeri, koyun sütündeki Cr değeri ile kıyaslandığında 2. günü tespit edilememiş, 4. Günü 0,27 kat, 6. Günü 6 kat, 8. Günü 6,4 kat ve 10. günü 8.8 kat artmıştır. Manda sütü Cr değeri ile manda yoğurdunda Cr değeri kıyaslandığında ise denemenin 2., 4., 6. günlerde tespit edilememiş, 8. Günü 2 kat ve 10. günü 2.9 arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum yoğurtların mayalandığı çömlerden yoğurtlara Cr migrasyonu olduğunu göstermekte olup, İnek yoğurdunda migrasyon düzeyinin 10. gün daha fazla olduğu görülmektedir.

Çiğ süt Ni değeriyle kıyasla inek yoğurdunda Ni denemenin 2., 4., 6. günlerinde tespit edilememiş, 8. Günü 14.8 kat ve 10. günü 40.6 kat arttığı gözlemlenmiştir. Koyun yoğurdunda Ni değeri, koyun sütündeki Ni değeri ile kıyaslandığında 2. gün 15 kat, 4. gün 18.7 kat, 6. gün 23.9 kat, 8. gün 49.8 kat ve 10. gün 66.6 kat artmıştır. Manda yoğurdunda Ni değeri, manda sütündeki Ni değeri ile kıyaslandığında ise 2. gün 11.48 kat, 4. gün 20.41 kat, 6. gün 28 kat, 8. gün 36.5 kat ve 10. gün 116.5 kat artmıştır. Bu durum yoğurtların mayalandığı çömlerden yoğurtlara Ni migrasyonu olduğunu göstermekte olup, Manda yoğurdunda migrasyon düzeyinin 10. gün daha fazla olduğu görülmektedir.

Manganez, insanlar ve hayvanlar için önemli bir besin maddesi olarak kabul edilir ve bitkilerden hayvanlara kadar tüm canlı organizmalar için hayati bir elementtir. Bu metal, çeşitli enzimatik reaksiyonlarda katalizör olarak görev alır, süperoksit dismutaz aktivatörü olarak işlev görür, lipid metabolizmasında rol oynar ve fosforilasyon süreçlerinde elektron taşıyıcısı olarak görev yapar. Ancak, aşırı maruziyetin sağlık üzerinde olumsuz etkileri olabileceği unutulmamalıdır. Manganez eksikliği nadir görülen bir durumdur, ancak hayvanlarda bu eksiklik kemik deformasyonları, büyüme engelleri ve diğer sağlık sorunlarına yol açabilir. Aynı zamanda, yüksek manganez seviyeleri toksik etkilere neden olabilir ve su ortamında çeşitli olumsuz etkileri bulunabilir. Özellikle, manganezin paslanmaz çelikte bulunması, tüketiciler arasında endişe yaratmasına neden olmuştur (Niemiec ve Wisniowska-Kielian, 2015; Zhang vd., 2022). Quintaes vd., (2007) yaptıkları çalışmada, demir tavalardan demir ve manganez

göçünü ve rutin yemek hazırlamanın vejetaryenlerin demir durumu üzerindeki etkisini değerlendirmektedir. Pirinç ve domates sosu demir tavalarda pişirilmiştir. Fe ve Mn miktar tayini indüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi ile yapılmıştır. Vejetaryenlerin yemekleri 12 hafta boyunca dökme demir tencerelerde hazırlanmıştır. Domates sosu pirince göre daha fazla Fe ve Mn migrasyonu gerçekleşmiştir. Quintaes vd. (2004) , yaptıkları çalışmada ise, Fe, Mg, Mn, Cr, Ni, Ca, Zn, Pb, Cd ve Hg'nin paslanmaz çelik, dökme demir ve sabuntaşı kaplarından migrasyon düzeyi için, laktik ve asetik asitler kullanılarak 15 ardışık işlemde değerlendirilmiştir. Göç modelleri de 22°C'de beş depolama döngüsü boyunca incelenmiştir. Verilerin regresyon analizi, iyonların paslanmaz çelik tavalardan hızla azalan bir şekilde göç ederken, taş kaplardan göç oranının, dökme demir tavalarda Fe ve Mn için gözlemlenen artış eğiliminin aksine, yavaş ve kademeli bir düşüş sergilediğini göstermiştir. Hiçbir durumda kurşun, kadmium veya cıva gibi ağır metallerin salınımı gözlenmemiştir.

Çalışmamızda inek yoğurdunda Mn değeri, inek sütündeki Mn değeri ile kıyaslandığında, Mn değeri denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 6.07, 8.7, 11, 17.23 ve 41.91 kat artmıştır. Koyun yoğurdunda Mn değeri, koyun sütündeki Mn değeri ile kıyaslandığında, Mn değeri denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 5.04, 5.99, 7.29, 9.12 ve 18.24 kat artmıştır. Manda yoğurdunda Mn değeri, manda sütündeki Mn değeri ile kıyaslandığında ise Mn değerinin denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 69.7, 119.2, 169.87, 231.57 ve 477.98 kat arttığı gözlemlenmiştir. Veriler incelendiğinde tüm çömlüklerden farklı yoğurt türlerinde aynı miktarlarda Mn migrasyonu gerçekleştiği, manda sütünde dedeksiyon limitinin altında Mn olduğu için oransal olarak manda yoğurdunda daha yüksek Mn geçişi olduğu değerlendirilmiştir

Demir Cr, Mn ve Mo gibi diğer bazı metallerin yanı sıra Ni ile birlikte çok çeşitli mutfak gereçlerinde kullanılmaktadır. Birçok çalışma demirin demir tencerelerde pişirilen gıdalarda serbest kaldığını göstermiştir (Kröger-Ohlsen vd., 2002). Gıda işleme kaplarındaki demir, şarap veya domates gibi yüksek asitli gıdalarla kimyasal olarak reaksiyona girebilir ve demir alımını artırabilir. Ayrıca, Demir Eksikliği Anemisini kontrol etmeye yönelik yeni stratejilerden biri de gıdaların demir pişirme kapları kullanılarak hazırlanmasıdır (Adish vd., 1999). Bu nedenle demir kaplarda pişirme, demir eksikliği olan toplumlarda demir durumunu artırmanın bir yolu olarak

önerilmiştir (Kröger-Ohlsen vd., 2002). De-Yu vd. (1990), demir tencere kullanımının günlük demir alımını yetişkinler için 14,5 mg ve çocuklar için 7,4 mg artıracığını tahmin etmiştir. Bu tahminler, bir yetişkinin günlük ortalama 1000 mL su, 500 g pirinç, 200 g et ve yumurta ve 250 g sebze tüketimine, bir çocuğun ise bu miktarların yarısını tüketmesine dayanmaktadır. Kröger-Ohlsen vd. (2002), yaptıkları çalışmada, demir kaplardan salınan demir miktarları yemekten yemeğe değiştiğini bildirmişlerdir. Mısır unu ve farklı pH (3,7 veya 7,2), tuz içeriği (%0 veya %0,5 NaCl) ve organik asitlere (%1 laktat, %1 sitrat veya hiç) sahip 12 sulu çözeltiden dökme demir tencerede mısır lapası hazırlanmıştır. Tuzun bir etkisi olmadığı, ancak asidik pH veya organik asitler (sitrat > laktat) demir miktarını 100 g'da 1,7 mg'dan 26,8 mg Fe'ye kadar önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir. Cakste vd. (2017), yaptıkları çalışmada ise kurşun ve kadmiyumun yanı sıra, sırlı seramik eşyalarda gıda işleme sırasında göç edebilecek başka elementler de tespit edilmiştir. Migrasyon deneyleri, piyasada bulunan 10 adet sırlı ve sırsız güveç çömleği üzerinde gerçekleştirilmiştir. Seramiklerden demir, alüminyum, kalsiyum, magnezyum ve silikonun migrasyonu %4 (v/v) asetik asit çözeltisinde gerçekleştirilmiştir. Test edilen tüm seramik örneklerinde demir, alüminyum, kalsiyum, magnezyum ve silisyum göçü gözlenmiştir. Genel olarak, incelenen elementlerin migrasyonu sırsız güveç çömleklerinde daha yüksek olduğu ve sıcaklıkla birlikte arttığı bildirilmiştir.

Gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada da literatürle uyumlu olarak çömleklerden yoğurt örneklerine Fe migrasyonu gerçekleşmiştir. Çalışmamızda kullanılan inek sütlerinde Fe edilememiştir (dedeksiyon limitinin altındadır). Elde ettiğimiz sonuçlara göre, çalışma öncesi inek sütünde elde edilen Fe değerleri ile inek yoğurdunda çalışma süresince elde Fe değerleri kıyaslandığında, inek yoğurdunda denemenin 2. ve 4. günü Fe tespit edilememiş (dedeksiyon limitinin altındadır). Bununla birlikte denemenin 6.,8. ve 10. günlerinde ise sırasıyla 251.97, 473.27 ve 1269.79 kat arttığı gözlemlenmiştir. Koyun yoğurdunda Fe değeri, koyun sütündeki Fe değeri ile kıyaslandığında denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 1.18, 1.46, 1.83, 3.21 ve 5.5 kat artmıştır. Manda yoğurdu Fe değeri ile manda sütü Fe değeri kıyaslandığında ise denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 1.28, 1.44, 2, 3.96 ve 5.88 kat arttığı gözlemlenmiştir. Veriler incelendiğinde tüm çömleklerden koyun ve manda yoğurt türlerinde aynı oranda Fe migrasyonu gerçekleştiği, İnek sütünde dedeksiyon limitinin altında Fe olduğu için

oranasal olarak inek yoğurdunda daha yüksek oranda Fe geçişi olduğu değerlendirilmiştir.

İnsan vücudundaki kobalt, belirli bir sınırı aştığında biyokimyasal ve fonksiyonel değişikliklere neden olabilir. Kobaltın toksisitesi genellikle pankreatik α -hücrelerinin hasar görmesi sonucu ortaya çıkar ve bu durum eritrositoz ve hiperglisemi ile ilişkilidir (Dong vd., 2013). Bununla birlikte aşırı miktarda kobalt alımı, özellikle suda çözünmeyen kobalt oksit solunduğunda hızla emilir ve hücrelere geçerek kana karışır. Suda çözünen kobalt bileşikleri ise gıdalardan ağız yoluyla alındığında büyük bir kısmı vücuttan atılırken, geriye kalan kısmı bazı organlarda birikebilir. Aşırı kobalt alımı alerjik reaksiyonlara ve kronik bronşite neden olabilir (Kartal vd., 2004). Bununla birlikte kobalt insanlar ve hayvanlar için gerekli olmasına rağmen, birkaç zehirlenme vakası kaydedilmiştir. Kalp, kan basıncı, karın ağrısı, solunum güçlüğü ve en kötü vakalarda ölüm gibi etkiler, kobalt alımından sonra gözlenmiştir (Elinder ve Friberg, 1986).

Dong vd. (2013), yanlış formüle edilmiş sırlara sahip seramik gıda kapları kurşun, kobalt, nikel ve çinko gibi bazı toksik ağır metalleri gıdalara bırakabildiğini, bununda gıdaları kirletebileceği ve hatta tüketicilerin sağlığını tehlikeye atabileceğini bildirmektedirler. Yaptıkları çalışmada, kurşun, kobalt, nikel ve çinkonun migrasyon davranışını araştırmak amacıyla, sırlı seramik örnekleri kullanılarak farklı koşullar altında %4 ve %10 asetik asit çözeltileri ile uzun süreli temas deneyleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar nikelin en fazla, kurşunun ise en az sızabilen element olduğunu göstermiştir. Kurşun, kobalt, nikel ve çinkonun sırlı kapdan gıda simülatörlerine geçişinin difüzyon kontrollü bir süreç olduğunu ve doğrusal bir bağımlılığa sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmamızda inek yoğurdunda Co değeri, inek sütündeki Co değeri ile kıyaslandığında, Co değeri denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 9.95, 19.95, 34.92, 64.68 ve 104.8 kat artmıştır. Koyun yoğurdunda Co değeri, koyun sütündeki Co değeri ile kıyaslandığında, Co değeri denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 2.97, 5.38, 6.76, 8.45 ve 13.51 kat artmıştır. Manda yoğurdunda Co değeri, manda sütündeki Co değeri ile kıyaslandığında ise Co değerinin denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 2.8, 4.5, 7.52, 11.99 ve 14.91 kat arttığı

gözlemlenmiştir. Veriler incelendiğinde tüm çömlerlerden farklı yoğurt türlerinde Co migrasyonu gerçekleştiği, oranasal olarak inek yoğurdunda daha yüksek oranda Co geçişi olduğu değerlendirilmiştir.

Çinko temel bir eser metaldir (Elinder, 1986). Çinko sülfür gri-beyaz veya sarı-beyaz, çinko oksit ise beyazdır. Bu tuzların her ikisi de beyaz boyalar, seramikler ve diğer bazı ürünlerin yapımında kullanılır (ATSDR, 2005). Çinko nispeten yumuşak bir metaldir ve organik bileşiklerin yanı sıra oksitler oluşturan inorganik bileşiklerle reaksiyona girme eğilimine sahiptir (Elinder, 1986). Portakal suyu veya alkollü içecekler gibi asitli içeceklerin konulduğu galvanizli demir kaplar zehirlenme vakalarına neden olmuştur. Çinko seyreltik asitlerde ve bazlar tarafından kolayca çözülür (Beliles, 1994). Gıda ile temas eden malzeme ve eşyalardan çinko salınımına ilişkin veriler azdır. Çaydanlıkların incelendiği bir çalışmada, simülatör olarak sitrik asit çözeltisi (1 g/L) ve 30 dakikalık temas süresi kullanılarak 0,9 mg/L ile 40 mg/L arasında çinko salınımı görülmüştür (Bolle vd., 2011). Nsengimana, vd. (2012). Toprak kaplarda pişirilen fasulye, domates, havuç ve muz suyu suyu örneklerinde Pb, Cd, Fe ve Zn düzeylerini değerlendirmişlerdir. Toprak kaplarda fasulye pişirildiğinde, Zn düzeyinin 1.731-1.923 mg/kg arasında bulunurken, bu kil kaplarda domates, havuç sosu pişirilirken, bu konsantrasyonlar 0.000-1.923 mg/kg arasında bulunmuştur. Bu toprak kaplarda muz likörü pişirildiğinde ise Zn düzeyinin 0.000-2.204 mg/L arasında değerlendirilmiştir. Bir başka çalışmada, Cu, Zn, Cr, Ni ve Sn gibi bazı ağır metaller dokuz farklı çaydanlığın sızıntı sularında belirlenmiştir. Sonuçlar, sızıntı sularının bazılarının toksik olmadığını, bazılarının ise oldukça toksik olduğunu göstermiştir (Boularbah vd., 1999). Sheets, (1997). Yaptığı çalışmada, ABD'de 1970 yılından önce üretilen seramik tabakları 24 saat boyunca migrasyon testine tabi tutmuş ve sitrik ve laktik asitlerin %1'lik çözeltilerinde de yüksek konsantrasyonlarda kurşun, kadmiyum ve çinko açığa çıkmıştır. Salınan kurşun, çinko ve kadmiyumun göreceli konsantrasyonları kullanılan simulantın özelliğine bağlı olduğunu. sitrik asit kullanılarak yaptıkları çalışmada, nominal olarak aynı kaplardan elde edilen asetik asit kullanılarak yaptığı çalışmaya göre göre daha yüksek kurşun, kadmiyum ve çinko, kadmiyum oranları ortaya çıktığını bildirmiştir.

Çalışmamızda inek yoğurdunda Zn değeri, inek sütündeki Zn değeri ile kıyaslandığında, Zn değeri denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 0.97, 1.004, 1.005, 1.05 ve 1.07 kat artmıştır. Koyun yoğurdunda Zn değeri, koyun sütündeki Zn değeri ile kıyaslandığında, Zn değeri denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 1.07, 1.14, 1.15, 1.27 ve 1.44 kat artmıştır. Manda yoğurdunda Zn değeri, manda sütündeki Zn değeri ile kıyaslandığında ise Zn değerinin denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 1.55, 1.78, 1.91, 2.26 ve 2.33 kat arttığı gözlemlenmiştir. Veriler incelendiğinde tüm çömlleklerden farklı yoğurt türlerinde Zn migrasyonu gerçekleştiği, oransal olarak manda yoğurdunda daha yüksek oranda Zn geçişi olduğu değerlendirilmiştir.

Bakır, çoğu gıda maddesinde bakır iyonları veya bakır tuzları şeklinde doğal olarak bulunur. Bakıra vücutta ihtiyaç duyulmasına rağmen, hemolitik bir ajan olarak hareket ettiği için fazla miktarda bulunması zararlı olabilir (Aaseth ve Adam, 1986). Yüksek miktarda Cu yutulması, aşırı durumlarda böbrek yetmezliği nedeniyle ölüme yol açabilir (Onyeka ve Ibeawuchi, 2018). Asidik gıda maddeleri mutfak eşyalarındaki bakıra saldırabilir. Onyeka ve Ibeawuchi (2018), Ağır metallerin pişirme sırasında pişirme kaplarından suya ve gıdaya geçişini beş gıda maddesi ve Kil (Toprak), Dökme Demir, Emaye, Paslanmaz Çelik ve Alüminyum tencereler kullanılarak araştırılmıştır. Su 6 dakika kaynatılırken, çeşitli gıda maddeleri pişene kadar değişen sürelerde pişirilmiştir. Yedi metal; Alüminyum, Arsenik, Cıva, Kurşun, Bakır, Demir ve Nikel düzeyleri belirlenmiştir. Kaynatılmış suyun ağır metal içeriği kaynatılmamış suya göre önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Kaynayan suya (pH 10.5) sodyum bikarbonat eklendiğinde kaplardan metal göçü artmıştır. Metallerin tencereden pişirme maddelerine geçişi en düşük Titanyum çelik tencerede, ardından emaye tencerede ve son olarak da Alüminyum tencerede gerçekleşmiştir. Genel olarak, pişmiş gıda örneklerinin kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek metal element içeriğine sahip olduğu keşfedilmiştir; bu da pişirme kaplarının yapıldıkları malzemelere bağlı olarak pişirme işleme sırasında gıdalara eser metaller sızdırabileceğini doğrulamaktadır. Boisa ve Bekee (2017), Nijerya'daki iki farklı kil yatağının temel bileşenlerini değerlendirmek ve bunların gıda ve taşınabilir su için temas malzemesi olarak uygunluğunu araştırmışlardır. Nijerya'da Ara-Ekiti ve Kono-Boue, olmak üzere iki lokasyondan alınan ham kil ve geleneksel kil kaplardan kadmiyum, krom, bakır, manganez, nikel, kurşun ve çinko migrasyonunu

değerlendirmişlerdir. Kaplardaki migrasyon düzeyinin ölçümü için farklı sıcaklıklara (27°C ve 100°C) ve pH değerlerine (4.2 ve 9.2) ayarlanmış musluk suyu kullanılmıştır. Konsantrasyon sıralaması her iki kil için de Fe>Mn>Pb>Zn>Ni>Cr>Cu>Cd şeklinde bulunmuştur.

Çalışmamızda inek yoğurdunda Cu değeri, inek sütündeki Cu değeri ile kıyaslandığında, Cu değeri denemenin 2., 4., 6., 8. ve 10. günlerinde sırasıyla 0.86, 0.97, 0.98, 1.10 ve 1.49 kat artmıştır. Koyun yoğurdunda Cu değeri, koyun sütündeki Cu değeri ile kıyaslandığında, Cu değeri denemenin 2., 4., 6., 8. ve 10. günlerinde sırasıyla 1.14, 1.25, 1.47, 1.52 ve 2.04 kat artmıştır. Manda yoğurdunda Cu değeri, manda sütündeki Cu değeri ile kıyaslandığında ise Cu değerinin denemenin 2., 4., 6., 8. ve 10. günlerinde sırasıyla 1.19, 1.35, 1.56, 1.73 ve 2.07 kat arttığı gözlemlenmiştir. Veriler incelendiğinde tüm çömlerden farklı yoğurt türlerine Cu migrasyonu gerçekleştiği, oranasal olarak manda yoğurdunda daha yüksek oranda Cu geçişi olduğu değerlendirilmiştir.

Sağlığı en çok etkileyen ağır metaller arasında kurşun ve kadmiyum yer almaktadır. Bu metaller insanlarda kalıcı hasara yol açabilecek yüksek toksik etkilere sahiptir ve vücuttan kolayca atılamazlar (Gupta, 2017). Kurşun ve kadmiyumun toksik özellikleri kümülatif ve sistemik bir karaktere sahiptir; günlük alınan küçük miktarlar bile bağışıklık ve diğer sistemlerde hasara neden olabilir. Ayrıca, bu ağır metaller vücuda alındığında, vücudun biyomolekülleri ile birleşerek kararlı biyotoksik bileşikler oluşturdukları bilinmektedir. Bu bileşikler biyomoleküler yapıları bozabilir ve biyoreaksiyon işlevlerini engelleyebilir (Duruibe vd., 2007). Kurşun ve kadmiyumun toksik etkileri vücutta kansere neden olabilir. Kadmiyumun özellikle akciğer ve prostat kanserlerinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çağlaırmak ve Hepçimen, 2010). Kadmiyum türlerinin karsinojenik özelliklerini açıklayan genotoksik olmayan mekanizmaların varlığı belirtilmiştir. Benzer şekilde, birçok çalışma kurşunun insanlarda ve hayvanlarda kanseri tetiklediğini göstermiştir; kültürlenmiş hücrelerle yapılan in vitro deneyler farklı moleküler mekanizmaları, reaktif oksijen türlerinin salınımını ve DNA onarım süreçlerini içermiştir (Nersesyan vd., 2016).

Yüzyılların deneyimine rağmen, geçen yüzyılın ikinci yarısında yapılan birçok çalışma, toprak sırdan yayılan kurşunun sadece yoksul bölgelerde değil, sanayileşmiş ülkelerde

de genel nüfus için bir kurşun maruziyeti kaynağı olmaya devam ettiğini göstermiştir. Aderemi vd. (2017), Nijerya'da yaygın olarak kullanılan bazı seramik gıda eşyalarında bulunan ağır metal seviyeleri, seramiklerin kullanımı yoluyla insanların maruz kaldığı seviyeleri belirlemek amacıyla araştırılmıştır. Çalışılan tüm seramik gıda kaplarının sınırlarında, Pb, Cd, Zn, As, Cu, Cr, Mn ve Fe için sırasıyla 26.45-2071.46, 5.20-547.00, 1.24-2681.02, 2590.00-8848.40, 6.42-654.66, 112.69-649.95, 63.38-2518.51 ve 3786.51-8249.44 µg/g aralığında konsantrasyonlarla çeşitli miktarlarda ağır metal içerdiği bulunmuştur. Seramiklerden sızan metallerin konsantrasyonları Pb, Cd, Zn, As, Cu, Cr, Mn ve Fe için sırasıyla 0,11-0,97, 0,01-0,28, 0,00-4,19, 1,93-15,00, 0,01-0,41, 0,09-0,60, 0,01-2,14 ve 0,01-11,53 mg/l aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Seramik kaplardan sızan metallerin oranı ile seramiklerdeki metal oksitlerin oranı karşılaştırıldığında, seramik örneklerinde tespit edilen tüm metallerin sırdan değil, seramik için kullanılan kil malzemelerde bulunduğu fark edilmiştir. Beldi vd. (2016a), 2 referans malzeme dahil olmak üzere 73 seramik numuneden metal salınımı farklı koşullar altında incelenmiştir. Üç farklı metodoloji karşılaştırılmış ve optimize edilmiştir. İncelenen numune setlerinde, liç çözeltilerinde Al, Fe, Zn, Co, Li, Ba, Mn, V, Pb, Cd, Sb, Ti, Cr, Ni, Cu ve As gibi bir dizi metal bulunmuştur. Altı farklı eşyadan oluşan daha küçük bir numune setine sahip olan pişirme kapları için üç farklı Pb salınım profili gözlemlenmiştir. İki numune için, %4'lük asetik asitte (22°C'de 24 saat) tekrarlanan testlerde Pb salınımı, kaynayan domates sosundakinden (6 saat) çok daha yüksek değerler vermiştir. Bir numune domates sosunda %4'lük asetik asitten daha yüksek Pb ve Cd salınımı göstermiştir. Belgaied (2003), Tunus piyasasında bulunan sarı/yeşil ve beyaz/yeşil renkli kupalar asetik asit çözeltileriyle doldurulduğunda, sızıntı suyunun ml'sinde 51 mikrograma varan kurşun konsantrasyonları ölçülmüştür. Tunus'ta yaygın olarak içecek olarak tüketilen geleneksel bir süt türevinin (leben) liç ajanı olarak kullanılması, tüketilen süt türevinin her bir kupası başına 1407 mikrog kadar yüksek miktarlarda kurşun alındığını göstermektedir. Lynch vd. (2008), Oklahoma City'deki Hispanik toplumdaki toplanan seramik kapların kurşun içerip içermediğini ve bu kaplarda pişirilen gıdalara sızan kurşun miktarını belirlemeye çalıştığı araştırmada test ettikleri kapların yüzde 52'sinin seramik kaplar için FDA bildirdiği kurşun limitini aştığını tespit etmiştir. Omolaoye vd. (2010), Nijerya'daki Zaria, Kano ve Kaduna pazarlarındaki dükkanlarda bulunan ürünler arasından rastgele seçilen Çin Seramik

kapları, ürünlerdeki ağır metal (Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Cr, Co ve Mn) seviyelerini belirlemek için analiz etmişlerdir. Tüm seramik kaplar değişen konsantrasyonlarda ağır metaller içermektedir. Sonuçlar Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Cr, Co ve Mn için sırasıyla 218.83-866.67 µgg-1, 21.67-55.00 µgg-1, 155.00-778.00 µgg-1, 163.33-548.33 µgg-1, 2233.33-6500.00 µgg-1, 111.67-436.67 µgg-1, 250.00- 835.00 µgg-1, 2533.33-6783.33 µgg-1 arasında değişmektedir. Seramik eşyaların yaklaşık %60'ı 500 µg/g'den daha yüksek Pb konsantrasyonu gösterirken, Kadmiyum seviyeleri genellikle 60 µg/g'den daha düşüktür. Nsengimana vd. (2012)'de yaptıkları çalışmada kilden yapılmış çömlüklerin, Pb ve Cd gibi ağır metaller içerdiği söylenen sırlarla kaplandığında, bileşenlerinden gıda maddesine aktarabildiğini bildirmektedirler.

Gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada da literatürle uyumlu olarak çömlüklerden yoğurt örneklerine Pb ve Cd migrasyonu gerçekleşmiştir. Çalışmamızda kullanılan inek, koyun ve manda sütlerinde Cd tespit edilememiştir (dedeksiyon limitinin altındadır). Elde ettiğimiz sonuçlara göre, çalışma öncesi inek sütünde elde edilen Cd değerleri ile inek yoğurdunda çalışma süresince elde edilen Cd değerleri kıyaslandığında, inek yoğurdunda Cd değeri denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 0.001, 0.073, 0.093, 0.101 ve 0.168 kat artmıştır. Koyun yoğurdunda Cd değeri, koyun sütündeki Cd değeri ile kıyaslandığında, Cd değeri denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 0.016, 0.031, 0.092, 0.147 ve 0.348 kat artmıştır. Manda sütü Cd değeri ile manda yoğurdunda Cd değeri kıyaslandığında ise 2. günü tespit edilememiş, 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 0.072, 0.093, 0.204 ve 0.353 kat artmıştır. Bu durum yoğurtların mayalandığı çömlükten yoğurtlara literatürle uyumlu olarak Cd migrasyonu olduğunu göstermekte olup, manda yoğurdunda migrasyon düzeyinin 10. gün daha fazla olduğu görülmektedir.

Çalışmamızda kullanılan inek sütünde Pb tespit edilememiştir (dedeksiyon limitinin altındadır). Elde ettiğimiz sonuçlara göre, çalışma öncesi inek sütünde elde edilen Pb değerleri ile inek yoğurdunda çalışma süresince elde edilen Pb değerleri kıyaslandığında, inek yoğurtlarında çalışmanın 2. ve 4. günlerinde Pb tespit edilememiştir. Çalışmanın 6.,8. ve 10. günlerinde ise Pb süte kıyasla yoğurtta sırasıyla 0.23, 0.21 ve 2.4 kat artmıştır. Koyun yoğurdunda Pb değeri, koyun sütündeki Pb değeri ile kıyaslandığında, Pb değeri denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 1.03,

1.12, 1.20, 1.23 ve 1.45 kat artmıştır. Manda sütü Pb değeri ile manda yoğurdunda Pb değeri kıyaslandığıında ise Pb değeri denemenin 2., 4., 6.,8. ve 10. günlerinde sırasıyla 1.15, 1.81, 3.10, 5.43 ve 7.27 kat artmıştır. Bu durum yoğurtların mayalandığı mlektan yoğurtlara literatürle uyumlu olarak Pb migrasyonu olduğunu göstermekte olup, manda yoğurdunda migrasyon düzeyinin oransal olarak daha fazla olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda inek, koyun ve manda yoğurtlarında migrasyon düzeyleri % 4' lük asetik asitle gerçekleştirilen migrasyon düzeyleri ile karşılaştırıldığında % 4' lük asetik asit çözeltisinde daha yüksek düzey de migrasyon gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Farklı yoğurt türlerinin pH düzeyleri ile karşılaştırıldığında en düşük pH değeri Manda yoğurdunda gözlemlenirken bunu inek ve koyun yoğurdu izlemiştir. Bununla birlikte %4 asetik asitle migrasyon testi 22 °C gerçekleştirilirken, mayalanan yoğurtlar +4 °C muhafaza edilmiştir. Bu durum %4'lük asetik asit deneyinde daha fazla migrasyon gerçekleşmesinin nedenini açıklamakta olup literatüre uyumludur.

Li (2020a ve 2020b)' nin bildirdiğine göre seramik malzemelerden migrasyon sadece seramik malzemelerin yüzeyinde yani sır kısmında meydana gelirse, ağır metallerin derişimleri başlangıçta artar, ancak zamanla azalarak sabit bir düzeye ulaşır. Bununla birlikte, migrasyon seramik malzemenin çözünmesiyle gerçekleşiyorsa, geçiş yapan ağır metallerin miktarında zamanla artış gözlenir. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular bu literatür bilgisini desteklemekte olup hem %4 asetik asit testinde hem de inek, koyun ve manda yoğurtlarında çalışma süresince migrasyonun gerçekleştiği ve artarak devam ettiği izlenmiştir. Bu durum yoğurtlara sızan ağır metallerin sırdan değil çömlüğün çözülmesiyle meydana geldiğini göstermektedir.

Gerek Türk Gıda Kodeksi Gıda ile Temas Eden Seramik Malzemeler Tebliğinde (2012/30) gerekse Avrupa birliği mevzuatında sadece kurşun ve kadmiyum için limit değerler verilmiştir. Bu değerlerle 22 °C de, 24 saat %4'lük asetik asit testinde elde ettiğimiz bulgular karşılaştırılmıştır. Tebliğde Kategori 2: Doldurulabilen diğer tüm malzemeler için kurşun için 4 mg/L (4000 ppb) ve kadmiyum için 0,3 mg/L (300 ppb) limit değerler verilmektedir. Çalışmamızda %4 asetik asit testinde kurşun için 1.240 ppb ve kadmiyum için 0,011 ppb olarak tespit edilmiş olup, bu sonuçlar tebliğide belirtilen limitin altında tespit edilmiştir. Yine çalışmamızda inek, koyun ve manda yoğurtlarında migrasyon düzeyleri % 4'lük asetik asitle gerçekleştirilen migrasyon düzeyleri ile karşılaştırıldığında elde edilen tüm sonuçlar verilen limitlerin altında kalmaktadır.

Gıdalarla temas eden malzemeler ve eşyalar, tüketici güvenliğini sağlamak ve ticareti kolaylaştırmak için ülkemizde ve Avrupa birliği düzeyinde özel mevzuat kapsamındadır. Gıdalarla temas sırasında maddelerin potansiyel salınımına belirli sınırlar getirilmiştir. Seramikler için Pb ve Cd limitleri mevcuttur ve bilimsel veriler mevcut limitlerin düşürülmesi gerektiğini göstermiştir (Beldi vd., 2016b). Diğer elementler için buna karşılık gelen düzenlemeler yoktur ve bu ağır metallerin migrasyonu hakkında çok az çalışma yapılmıştır. Bu ağır metallerin migrasyonu nadiren rapor edilmiştir. Bununla birlikte, bu metallerin insan vücuduna farklı derecelerde zararlı olabileceği bilinmektedir. Diğer yandan Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu ve Zn ilişkin yasal sınırlamalar bulunmamakta olup, bu gibi diğer metallerin salınımına ilişkin yeni çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda Avrupa Konseyi, gıda ile temas eden malzeme ve eşyalarda kullanılan Metal ve Alaşımlardaki bileşenler için spesifik salım seviyelerini "spesifik salım limiti" (SRL), listelemiştir (CE, 2013). SRL, belirli bir metal iyonu veya metaloid iyonunun (mg cinsinden) belirli bir yüzey alanına sahip bir malzeme veya eşyadan gıdaya (kg cinsinden) veya gıda simülanı salındığında izin verilen maksimum miktarını tanımlar. Buna göre ilgili direktifte Al 5 (5000 ppb), Cr 0.250 (250 ppb), Mn 1.8 (1800 ppb), Fe 40 (40,000 ppb), Co 0.02 (20 ppb), Ni 0.14 (140 ppb), Cu 4 (4000 ppb), ve Zn 5 mg/kg (5000 ppb) SRL değerleri verilmiştir.

Çalışmamızda inek, koyun ve manda yoğurtlarında migrasyon düzeyleri % 4' lük asetik asitle gerçekleştirilen migrasyon düzeyleri ile karşılaştırıldığında, Al %4 asetik asit çözeltisi deneyinde 24 saat sonra bildirilen SRL değerinin üzerine çıkmıştır. İnek, koyun ve manda yoğurtlarında ise çalışmanın 10. Günü alınan örneklerde SRL değerinin üzerinde Al değerleri gözlenmiştir. Cr, Mn, Co, Ni, Cu ve Fe değeri bütün gruplarda ve alınan tüm numune zamanlarında belirtilen SRL limitinin altındadır. Zn ise koyun yoğurdunda çalışmanın 4,6,8 ve 10. günlerinde ve Manda yoğurtlarında 8. Ve 10. gününde belirtilen SRL düzeyinin üzerinde çıkmıştır. Koyun ve Manda sütlerinin Zn düzeyinin yüksek olduğu için yoğurtlarda da yüksek seviyede Zn düzeylerinin gerçekleştiği düşünülmektedir.

Yapılan bir çok çalışmada sadece Pb ve Cd gibi iki toksik etkili ağır metal üzerine odaklanmıştır. Gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada gözlemlendiği gibi, diğer ağır metallerin migrasyonu da mümkündür. Mevcut mevzuatta bu konuda eksiklikler

bulunmakta olup, gelecekteki çalışmaların bu yönde gelişim göstermesi muhtemeldir. Bununla birlikte toprak kapların yapıldığı ham maddeler ve üretim proseslerinde kalite kontrol standartlarının uygulanmasıyla sağlanabilir. Yüksek seviyedeki metallerin insan sağlığı üzerindeki tehlikeleri konusunda toplumda farkındalık yaratılması büyük önem taşımaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Aaseth, J., and Norseth, T., (1986). Copper. In: Handbook On The Toxicology Of Metals. 2nd edn. Elsevier Publishers, Amsterdam, 70-71.
- ADAM. Medical Encyclopedia (2023). Johns Creek (GA): Ebix, Inc., A.D.A.M.; c1997-2020. Nail abnormalities. [4 p.]. <https://medlineplus.gov/ency/article/003247.htm>
- Aderemi, T. A., Adenuga, A. A., Oyekunle, J. A. O., Ogunfowokan, A. O. (2017). High level leaching of heavy metals from colorful ceramic foodwares: a potential risk to human. *Environmental Science and Pollution Research*, 24: 17116-17126.
- Adish, AA., Esrey, SA., Gyorkos, TW., Jean-Baptiste, J., Rojhani, A. (1999). Effect of consumption of food cooked in iron pots on iron status and growth of young children: a randomized trial. *Lancet* 353: 712–716.
- Ajmal, M., Khan, A., Nomani, A. A., Ahmed, S. (1997). Heavy metals leaching from glazed surfaces of tea mug. *Science of the total environment*, 207(1): 49-54.
- Akın, M.S., 1996, İnek ve Keçi Sütlerinden Üretilen ve 15 Gün Süre ile Depolanan Meyveli-Aromalı ve Sade Yoğurtların Nitelikleri Üzerinde Karşılaştırılmalı Bir Araştırma, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 150s, Adana.
- Akıncı, Ö. (1968). Seramik ve Kil Minerolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 71: 63-72.
- Al Juhaiman, L. A. (2010). Estimating Aluminum leaching from Aluminum cook wares in different meat extracts and milk. *Journal of Saudi Chemical Society*, 14(1): 131-137.
- Alabi, O. A., Adeoluwa, Y. M. (2020). Production usage, and potential public health effects of aluminum cookware: a review. *Annals of Science and Technology*, 5(1): 20-30.
- Aleksandra, D., Urszula, B. (2008). The impact of Nickel on human health. *Journal of Elementology*, 13(4): 685-696.
- Anderson, G.C., Garnick, L., Fung, M.S., Gaffney, S.H. (2017). A pilot study to assess lead exposure from routine consumption of coffee and tea from ceramic mugs: comparison to. *International Journal of Food Contamination*, (4): 2-11.
- Anonim (2001).Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği. Fermente Sütler Tebliği (Tebliğ No: 2001/21). *İlk Yayın, Resmi Gazete Tarih*, 3(09): 2001.
- Anonim 1984. CE (1984). ED 84/500/EEC, Council Directive of 15 Oct. 1984 on the approximation of the laws of the Member States relating to ceramic articles intended to come into contact with foodstuffs.

- Anonim, (2006). Yoğurt Standardı, TS-1330. Türk Standartları Enstitüsü, 11 s., Ankara.
- Anonim, 2012, Türk Gıda Kodeksi Gıda ile Temas Eden Seramik Malzemeler. Tarım ve Orman Bakanlığı 2012, Tebliğ no: 2012/30, Ankara.
- Anonim. 1984. On the approximation of the laws of the Member States relating to ceramic articles intended to come into contact with foodstuffs, (84/500/EEC). The Council Of The European Communities, Publication number: 277, Lüksemburg.
- Arcasoy, A. (1983). Seramik Teknolojisi. Marmara Üniversitesi. Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Anasanat Dalı Yayınları, Yayın No 2. İstanbul. https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/cpeksen/135943/seramik_teknolojisi.pdf.
- Arora, M., Kiran, B., Rani, S., Rani, A., Kaur, B., Mittal, N. (2008). Heavy metal accumulation in vegetables irrigated with water from different sources. *Food Chemistry*, 111(4): 811-815
- Atasever, S., Erdem, H. (2008). Manda yetiştiriciliği ve Türkiye'deki geleceği. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(1): 59-64.
- ATSDR (2005). Toxicological profile for zinc. US Department of Health & Human Services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp60.pdf>.
- ATSDR (2007). Toxicological Profile for Lead. Atlanta, Georgia, USA: ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf>.
- Aydın, B., Güneşer, O. (2021). Manda sütünden üretilen bazı ürünlerin duyuşal özellikleri. *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(1) :110-123.
- Aziza, A. E., Adams, B. A. J., Odedede, O. (2021). Determination Of Heavy Metals Of Food From Cooking Utensils. *BW Academic Journal*, 9(2): 52-57.
- Balali-Mood, M., Naseri, K., Tahergorabi, Z., Khazdair, M. R., Sadeghi, M. (2021). Toxic mechanisms of five heavy metals: mercury, lead, chromium, cadmium, and arsenic. *Frontiers in pharmacology*, 227:1-19.
- Barceloux, D. G. (1999). Nickel. *Clinical Toxicology*, 37(2): 239-258.
- Beldi, G., Jakubowska, N., Simoneau, C. (2016a). Precision criteria of methods for the quantification of metals migrated from food contact materials pre-validation data derived from ILCs on elements representative for plastics and ceramics. Luxembourg: Publication Office of European Union. <https://doi.org/10.2788/592775>

- Beldi, G., Jakubowska, N., Peltzer, M. A., Simoneau, C. (2016b). Testing approaches for the release of metals from ceramic articles. In Support of the revision of the Ceramic Directive 84/500/EEC. <https://doi.org/10.2788/402683>
- Belgaied, J. E. (2003). Release of heavy metals from Tunisian traditional earthenware. *Food and Chemical Toxicology*, 41: 95–98.
- Beliles, R.P. (1994). The metals. In: Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Fourth edition, Vol 2, Part C. Edited by Clayton, G.D., and Clayton, F.E. John Wiley Sons, Inc.
- Bernhoft, R. A. (2012). Mercury toxicity and treatment: a review of the literature. *Journal of Environmental and Public Health*. doi:10.1155/2012/460508.
- Boisa, N., Bekee, D. (2017). Leaching of potentially toxic metals (PTMs) from two Nigerian clays and related clay pottery used locally as foodwares. *Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 4(4): 2380-2391.
- Bolger, P. M., Yess, N. J., Gunderson, E. L., Troxell, T. C., Carrington, C. D. (1996). Identification and reduction of sources of dietary lead in the United States, *Food Additives Contaminants*, 13(1): 53-60.
- Bolle, F., Brian, W., Petit, D., Boutakhrit, K., Feraille, G., Van Loco, J. (2011). Tea brewed in traditional metallic teapots as a significant source of lead, nickel and other chemical elements. *Food Addit. Contam.* 28(9):1287–1293.
- Bolle, F., Fekete, V., Demont, M., Boutakhrit, K., Petit, D., Brian, W., Feraille, G., Loco, J.V. (2012). Lead migration from ceramicware in contact with foodstuff: Effect of glaze, temperature, pH and food simulant. *Journal of Food Science and Engineering*, (2): 301-313.
- Boularbah, A., Bitton, G., Morel, J. L. (1999). Assessment of metal content and toxicity of leachates from teapots. *Science of the total environment*, 227(1): 69-72.
- Bulut, R., 2020, Seramik Kaplardan Geçiş Yapan Kurşun ve Kadmiyumun Saptanması, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 91s, Bursa.
- CAC (2013). Procedural Manual, Codex Alimentarius Commission. Joint FAO/WHO Food Standards Programme Food and Agriculture Organization of the United Nations Viale delle Terme di Caracalla 00153 Rome, Italy. <http://www.fao.org/3/a-i3243e.pdf>.
- Cakste, I., Kuka, M., Kuka, P. (2017). Migration of iron, aluminium, calcium, magnesium and silicon from ceramic materials into food simulant. In *11th Baltic*

Conference on Food Science and Technology" Food Science and Technology in a Changing World" FOODBALT . 160-163.

- CE (2002). Guideline for chromium, Council of Europe's policy statements concerning materials and articles intended to come into contact with foodstuffs. Policy Statement concerning materials and alloys. Technical Document. Guidelines on metals and alloys used as food contact materials. https://www.nichro.dk/pdf/cr6_erklaering_uk.pdf.
- Ceylan, Z., Biberoğlu, Ö. (2013). Geleneksel olarak üretilen yoğurtların bazı kimyasal özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 8(1): 43-51.
- Chagas, M. P., Teixeira, L. S., Santana, R. C., Trindade, A. S., Barbosa, I. D. S., Dantas, A. F., Almeida, J. S. (2020). Determination and evaluation of lead migration for foods prepared in clay pots. *Food Analytical Methods*, 13:268-274.
- Conor, R. (2006). Pollutants in food metals and metalloids-mineral components in foods. *Chemical Functional Properties of Food Components*, 363-88.
- Çağlaırmak, N., Hepçimen, Z.A. (2010). Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi. *Akademik Gıda*, 8(2) :31-35.
- Çiftçi, T. D., Henden, E. (2016). Leaching of arsenic from glazed and nonglazed potteries into foods. *Science of the Total Environment*, 569: 1530-1535.
- Çinibulak, P., 2010, Gıda ambalajlarında migrasyon, Namık Kemal Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 94s, Tekirdağ.
- Dabonne, S., Koffi, B.P.K., Kouadio, E.J.P., Koffi, A.G., Due, E.A. and Kouame, L.P. (2010). Traditional Utensils: Potential Sources of Poisoning by Heavy Metals. *British Journal of Pharmacology and Toxicology* 1(2): 90-92.
- Demont, M., Boutakhrit K., Fekete, V., Bolle, F., Van Loco J. (2012). Migration of 18 trace elements from ceramic food contact material: Influence of pigment, pH, nature of acid and temperature. *Food and Chemical Toxicology*, (50):734–743.
- De-Yu L, Zuan-Guang C, Huan-Qiang L, Mei-Qiong L, Rui L, Lan-Xin L. (1990). Investigation of the amount of dissolved iron in food cooked in Chinese iron pots and estimation of daily iron intake. *Biomed Environ Sci* 3:276-280.
- Dong, Z., Lu, L., Liu, Z., (2013) Migration of Lead, Cobalt, Nickel and Zinc from Ceramic Food Packaging Materials into Acidic Food Simulants. *Food Science* 34(15) :38-42.
- Dong, Z., Lu, L., Liu, Z., Tang, Y., Wang, J. (2014). Migration of toxic metals from ceramic food packaging materials into acid food simulants. *Mathematical problems in engineering*. 1-7. <https://doi.org/10.1155/2014/759018>.

- Duruibe, J., Ogwuegbu, M., Egwurugwu, J. (2007). Heavy metal pollution and human biotoxiceffects. *International Journal of Physical Sciences*, 2(5): 112-118.
- EFSA (2014). Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of chromium in food and drinking water. European Food Safety Authority. *EFSA Journal*;12(3):3595 [261 pp.].
- Eid, R., Arab, N. T., Greenwood, M. T. (2017). Iron mediated toxicity and programmed cell death: A review and a re-examination of existing paradigms. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research*, 1864(2): 399-430.
- Elinder CG, (1986) Zinc. In: Handbook on the Toxicology of Metals, Editors: Friberg L, Nordberg GF, Vouk VB. 2nd Ed. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Elinder, C.-G., Friberg, L. (1986). Cobalt. In: Handbook on the Toxicology of Metals, Editors: Friberg L, Nordberg GF, Vouk VB. 2nd Ed. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- El-Zahar, K., Chobert, J.M., Sitohy, M., Dalgarrondo M, Haertle T. (2003). Proteolytic degradation of ewe milk proteins during fermentation of yoghurts and storage. *Food/Nahrung*, 47 (3): 199-206.
- Erkaya, T., Şengül, M. (2008). Yoğurtta aroma bileşenleri. *Hasad Gıda*, 24(278): 32-37.
- Erkaya, T., Şengül, M. (2012). A comparative study on some quality properties and mineral contents of yoghurts produced from different type of milks. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* ,18 (2): 323-329.
- Erman, D. O. (2012) Türk Seramik Sanatının Gelişimi: Toprağın Ateşle Dansı. *Çevrimiçi Tematik Türkoloji Dergisi*, 4(1): 18-33.
- Fatunsin, O., Adeyeye, O. F., Olayinka, K., Oluseyi, T. (2022). Effect of pH on the Leaching of Potentially Toxic Metals from Different Types of Used Cooking Pots. *Journal of the Nigerian Society of Physical Sciences*, 712-712.
- Fishbein, L. (1981). Sources, transport and alterations of metal compounds: an overview. I. Arsenic, beryllium, cadmium, chromium, and nickel. *Environmental Health Perspectives*, 40-43.
- Gad, S. C. (2014). Aluminum . *Encyclopedia of Toxicology: Third Edition*, 161-163.
- Giray, H., Soysal, A. (2007). Türkiye'de gıda güvenliği ve mevzuatı. *TSK koruyucu hekimlik bülteni*, 6(6): 485-490.
- Goyer, R. (2004). Issue paper on the human health effects of metals. U.S. Environmental Protection Agency Risk Assessment Forum 1200 Pennsylvania Avenue, NW Washington. https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-11/documents/human_health_effects.pdf.

- Gördes Baş, H., 2020, Tüketime Sunulan Yoğurt ve Ayranlarda Ağır Metal Varlığının Araştırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72s, Afyonkarahisar.
- Gray, D. E. (2002). Ten years on: A longitudinal study of families of children with autism. *Journal of Intellectual and Developmental Disability*, 27(3): 215-222.
- Gupta C.R. (2017) Reproductive and Developmental Toxicology. (Second Edition). In S.J.S. Flora, S. Agrawal (Eds.), Academic Press, England, pp. 537-566. eBook ISBN: 9780128042403.
- Halefoğlu, Y. Z., Evliya, H., Kılınç, N. (2006). Heavy Metals Leaching From Low Temperature Glazed Turkish Traditional Ceramic Wares. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(1): 165-170.
- Henden, E., Cataloglu, R., Aksuner, N., (2011). Determination of arsenic leaching from glazed and non-glazed Turkish earthenware. *Science of the Total Environment*, 409 (15): 2993–2996.
- Hışıl, Y. (1989). Metalik Kontaminasyon ve Minerel Madde Korunumu Yönünden Çift Tabanlı Çelik Tencerelerin Diğer Tencerelerle Karşılaştırılması. *Gıda*, 14 (6) :363-369.
- IARC. (1990) Chromium, nickel and welding. Lyons, France: International Agency for Research on Cancer, World Health Organization; *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. 49:256.
- Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British medical bulletin*, 68(1): 167-182.
- Karabulut, Y.,2016, Afyonkarahisar'da Satılan Seramik Bardaklarda Kurşun ve Kadmiyum Migrasyonunun Belirlenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 73s, Afyonkarahisar.
- Kartal, G., Kahvecioğlu Ö., Güven A., Timur S. (2004). “Metallerin Çevresel Etkileri-II”. *Metallurji Dergisi*, 137: 46-51.
- Kızılaslan, N., Solak, İ. (2016). Yoğurt ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, (12): 52-59.
- Köse, Ş. (2018). Kış yoğurdu. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(2): 115-121.
- Kröger-Ohlsen, M. V., Trugvason, T., Skibsted, L. H., Michaelsen, K. F. (2002). Release of iron into foods cooked in an iron pot: effect of pH, salt, and organic acids. *Journal of food science*, 67(9): 3301-3303.

- Kurmann, J. A. (1986). Yogurt made from ewe's and goat's milk. *Bulletin-International Dairy Federation (Belgium). Federation Internationale de Laiterie*. 202 : 153-66
- Langaard, S., Norseth, T. (1986). Chromium. In: Friberg, L., Nordberg, G.F., Vouk, V.B. Handbook on the toxicology of metals. Second edition. Elsevier, Amsterdam, New York, Oxford.
- Li, J.; Cao, D.; Huang, Y.; Chen, B.; Chen, Z.; Wang, R.; Dong, Q.; Wei, Q.; Liu, L. (2022) Zinc intakes and health outcomes: An umbrella review. *Front Nutr.* 8-9, DOI: 10.3389/fnut.2022.798078
- Li, Y., (2020a). Migration of metals from ceramic food contact materials. 1: Effects of pH, temperature, food simulant, contact duration and repeated-use, *Food Packaging and Shelf Life*, 24:100493.
- Li, Y., (2020b). Migration of metals from ceramic food contact materials. 2: Migration kinetics under various conditions and the influence of conventional thermal heating and microwave heating on migration. *Food Packaging and Shelf Life*, 24:100494.
- Liangbo, Z., Hongfei, R., Zhuoran, W., Fenghua, W., Jianing, F., Kaili, L., and Xingquan, L. (2017). Migration law of lead and cadmium from Chinese pots during the cooking process, *International Journal of food properties*, 20(3): S3301-S3310.
- Lide, D. R. (2004). *CRC handbook of chemistry and physics* . CRC press.
- Lynch, R., Elledge, B., Peters, C. (2008). An assessment of lead leachability from lead-glazed ceramic cooking vessels. *Journal of Environmental Health*, 70(9): 36–40
- Matsha, T., Brink, L., van Rensburg, S., Hon, D., Lombard, C., Erasmus, R. (2006). Traditional home-brewed beer consumption and iron status in patients with esophageal cancer and healthy control subjects from Transkei, South Africa. *Nutrition and cancer*, 56(1): 67-73.
- Mazumdar, M., Bellinger, D. C., Gregas, M., Abanilla, K., Bacic, J., Needleman, H. L. (2011). Low-level environmental lead exposure in childhood and adult intellectual function: a follow-up study. *Environmental Health*, 10(1): 1-7.
- MEGEP (2011). Gıda Teknolojisi-Yoğurt 541GI0019. https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yo%C4%9Furt.pdf, 02.11.2023.
- Ménard, O., Ahmad, S., Rousseau, F., Briard-Bion, V., Gaucheron, F., Lopez, C. (2010). Buffalo vs. cow milk fat globules: Size distribution, zeta-potential, compositions in total fatty acids and in polar lipids from the milk fat globule membrane. *Food Chemistry*, 120(2): 544-551.

- Metwally, F., Mazhar, M. S. (2007). Effect of aluminium on the levels of some essential elements in occupationally exposed workers. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 58(3): 305-311.
- Mohammed, A., Khan, A., Nomani, A.A., Ahmed, S., (1997). Heavy metals: leaching from glazed surfaces of tea mugs. *Sci. Total Environ.* 207: 49–54.
- Mohamed, N., Chin, Y. M., Pok, F. W. (1995). Leaching of lead from local ceramic tableware. *Food Chemistry*, 54(3): 245-249.
- Munir, N., Jahangeer, M., Bouyahya, A., El Omari, N., Ghchime, R., Balahbib, A., Aboulaghras, S., Mahmood, Z., Akram, M., Shah, S.M.A. (2021). Heavy metal contamination of natural foods is a serious health issue. *Sustainability*, 14(1): 161.
- Nersesyan, A., Kundi, M., Waldherr, M., Setayesh, T., Mišík, M., Wultscha, G., Filipic, M., Barcelos, G.R.M., Knasmueller S. (2016). Results of micronucleus assays with individuals who are occupationally and environmentally exposed to mercury, lead, and cadmium. *Mutation Research*, 770: 119–139.
- Niemiec, M., Wisniowska-Kielian, B. (2015). Accumulation of manganese in selected links of food chains in aquatic ecosystems. *Journal of Elementology*, 20(4).
- Nsengimana, H., Munyentwali, A., Muhayimana, P., Muhizi, T. (2012). Assessment of heavy metals leachability from traditional clay pots “inkono” and “ibibindi” used as food contact materials. *Rwanda Journal*, 25: 52-65.
- Ogidi, M., Sridhar, M. K. C., and Coker, A. O. (2017). A Follow-Up Study Health Risk Assessment of Heavy Metal Leachability from Household Cookwares. *Journal of Food Science and Toxicology*, 1(1): 3.
- Ojezele, O. J., Ojezele, M. O., Adeosun, A. M. (2016). Cooking utensils as probable source of heavy metal toxicity. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 24(7): 2216-2220.
- Omar, N. A., Praveena, S. M., Aris, A. Z., Hashim, Z. J. F. C. (2015). Health Risk Assessment using in vitro digestion model in assessing bioavailability of heavy metal in rice: A preliminary study. *Food chemistry*, 188: 46-50.
- Omolaoye, J., Uzairu, A., Gimba, C. (2010). Heavy metal assessment of some ceramic products imported into Nigeria from China. *Archives of Applied Science Research*, 2(5): 120–125.
- Onyeka, E. U., Ibeawuchi, O. O. (2018). Metal concentrations of water and food cooked in various cooking pots. *International Journal of Innovative Research and Development*, 7(6): 182-195.

- Öney, D. (2020). Anadolu çömlekçiliğinde gelenek ve inanışlar. *Güzel Sanatlar Enstitüsü Dergisi*, 26(45): 620-629.
- Önür, Z. Y. (2015). Keçi ve koyun sütlerinin kimyasal bileşimleri. *Gıda*, 40(6): 363-371.
- Patil, Y. P., Pawar, S. H., Jadhav, S., Kadu, J. S. (2013). Biochemistry of metal absorption in human body: Reference to check impact of nano particles on human being. *Int J Sci Res Publ*, 3(4):1-5.
- Perrelli, M., Wu, R., Liu, D. J., Lucchini, R. G., Bosque-Plata, D., Vergare, M., Gragnoli, C. (2022). Heavy metals as risk factors for human diseases-a Bayesian network approach. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 26(24):9275-9310. doi: 10.26355/eurrev_202212_30681.
- Poonkothai, M., Vijayavathi, B. S. (2012). Nickel as an essential element and a toxicant. *International Journal of Environmental Sciences*, 1: 285-288.
- Power, M. L., Schulkin, J. (2013). Maternal regulation of offspring development in mammals is an ancient adaptation tied to lactation. *Applied Translational Genomics*, 2: 55-63.
- Quintaes, K. D., Amaya-Farfan, J., Tomazini, F. M., Morgano, M. A., de Almeyda Hajisa, N. M., Neto, J. T. (2007). Mineral migration and influence of meal preparation in iron cookware on the iron nutritional status of vegetarian students. *Ecology of food and nutrition*, 46(2): 125-141.
- Quintaes, K. D., Amaya-Farfan, J., Tomazini, F. M., Morgano, M. A., Mantovani, D. (2004). Migração de minerais de panelas brasileiras de aço inoxidável, ferro fundido e pedra-sabão (esteatito) para simulantes de alimentos. *Food Science and Technology*, 24: 397-402.
- Radwan, M. A., Salama, A. K. (2006). Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. *Food and chemical toxicology*, 44(8): 1273-1278.
- Raghunath, R., Nambi, K. S. V. (1998). Lead leaching from pressure cookers. *Science of the total environment*, 224(1-3): 143-148.
- Rajwanshi, P., Singh, V., Gupta, M.K., Dass, S. (1997). Leaching of aluminum from cookwares - a review. *Environ. Geochem. Health* 19:1-18.
- Ranau, R., Oehlenschläger, J., Steinhart, H. (2001). Aluminium levels of fish fillets baked and grilled in aluminium foil. *Food Chemistry*, 73(1): 1-6.
- Rasic, J. L., Kurmann, J. A. (1978). Yogurt technical dairy publishing house. *Copenhagen Denmark*, 55-68.

- Samlafo, V. B. (2017). Comparative analysis of leachable heavy metals in earthenware clay deposits in the Central and Volta regions of Ghana. *American Journal of Chemistry*, 7(4): 145-151.
- Scutarașu, E. C., Trincă, L. C. (2023). Heavy Metals in Foods and Beverages: Global Situation, Health Risks and Reduction Methods. *Foods*, 12(18): 33- 40.
- Sheets, R. W. (1997). Extraction of lead, cadmium and zinc from overglaze decorations on ceramic dinnerware by acidic and basic food substances. *Science of the total environment*, 197(1-3):167-175.
- Sheets, R. W. (1998). Release of heavy metals from European and Asian porcelain dinnerware. *Science of the total environment*, 212(2-3): 107-113.
- Simkiss, K., Mason, A. Z. (1983). Metal ions: metabolic and toxic effects. *The Mollusca*, 2:101-164.
- Skibieli, A. L., Downing, L. M., Orr, T. J., Hood, W. R. (2013). The evolution of the nutrient composition of mammalian milks. *Journal of Animal Ecology*, 1254-1264.
- Skibniewska, K. A., Smoczyński, S. S. (1996). Determination of the amount of aluminum migration from kitchen utensils into milk. *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*, 47(2): 239-245.
- Szynal, T., Rebeniak, M., Mania, M. (2016). Migration studies of nickel and chromium from ceramic and glass tableware into food simulants. *Rocz Panstw Zakl Hig*. 67(3): 247- 257.
- Tayfur, M., Ünlüoğlu, İ., Bener, Ö. (2002). Aluminum and health. *The Journal of Food*, 27(4): 305-309.
- Tesfaye, B. 2015, Metal Leaching from Traditional Cookware: Could it Be a Public Health Concern? Addis Ababa University College of Natural Sciences Center for Food Science and Nutrition (Doctoral dissertation), 96s, Etiyopya.
- Teyin, G. (2021). Pişirme Ekipmanı Kaynaklı Ağır Metallerin Tespit Edilmesi. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(3): 666-675.
- Teyin, G., Nizamlioğlu, H. F. (2020). Mutfaklardaki Ağır Metal Kontaminasyonları: Pişirme Ekipmanları (Heavy Metal Contaminations in Cuisine: Cooking Equipment). *Journal of Tourism Gastronomy Studies*, 8(2), 1578-1591.
- Torres-Sánchez, L., López-Carrillo, L., Ríos, C. (1999). Eliminación del plomo por curado casero. *Salud Publica Mexico*, 41 (2): 106-108.
- Türközü, D., Şanlıer, N. (2012). Gıdalardaki ağır metal kontaminasyonları: Güncel bakış. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 26(4): 73-80.

- Uysal, H.R., 1993, Vakum ve Ultrafiltrasyonla Koyulaştırılan Sütlerden Torba Yoğurdu Yapımı ve Klasik Yöntemle Karşılaştırılması Üzerine Araştırmalar, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 169s, İzmir.
- Valadez-Vega, C., Zúñiga-Pérez, C., Quintanar-Gómez, S., Morales-González, J. A., Madrigal-Santillán, E., Villagómez-Ibarra, J. R., García-Paredes, J. D. (2011). Lead, cadmium and cobalt (Pb, Cd, and Co) leaching of glass-clay containers by pH effect of food, *International Journal of Molecular Sciences*, 12(4): 2336-250.
- Veríssimo, M. I., Oliveira, J. A., Gomes, M. T. S. (2006). Leaching of aluminium from cooking pans and food containers. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 118(1-2): 192-197.
- Wallace, D. M., Kalman, D. A., Bird, T. D. (1985). Hazardous lead release from glazed dinnerware: A cautionary note. *Science of the total environment*, 44(3): 289-292.
- Wang, N., Zhang, N., Wang, M. (2006). Wireless sensors in agriculture and food industry Recent development and future perspective. *Computers and Electronics in Agriculture*, 50(1): 1-14.
- Wasserman, G. A., Liu, X., Parvez, F., Ahsan, H., Levy, D., Factor-Litvak, P., Graziano, J. H. (2006). Water manganese exposure and children's intellectual function in Araihasar, Bangladesh. *Environmental health perspectives*, 114(1):124-129.
- WHO (2011). Safety evaluation of certain contaminants in food. Seventy-second meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). World Health Organization, Geneva. ISSN 0300-0923
- Wilbur, S., Abadin, H., Fay, M., Yu, D., Tencza, B., Ingerman, L., Klotzbach, J, James, S. (2012). Health effects. In Toxicological Profile for Chromium. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US)*. PMID: 24049864.
- Wu, H., Hulbert, G. J., Mount, J. R. (2000). Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 1(3):211-218.
- Yoon, S.C., Krefft, G. B. and McLaren, M. G. (1976). Lead release from glazes and glasses in contact with acid solutions. *American Ceramic Society Bulletin*, 55(5) :508-512.
- Yüzbaşı, N., Sezgin, E. (2002). Süt ve Ürünlerindeki Metalik Kontaminantların Toksikolojik Etkileri. *Gıda*, 27 (2): 121-127.
- Zález de Mejia, E., Craigmill, AL. (1996). Transfer of lead from lead-glazed ceramics to food. *Arch. Environ. Contam. Toxicol*, 31:581-58.

- Zhanhg Hong, XING Hang, LIU Zai Mei, LI Qian Yun, CHEN Shao Hong, ZHU Lei (2022). Study of Migration and Safety Assessment of Manganese (Mn) from Food Contact Stainless-Steel Products in China[J]. *Biomedical and Environmental Sciences*, 35(4): 361-365.
- Zohar, D. (1980). Safety climate in industrial organizations: theoretical and applied implications. *Journal of applied psychology*, 65 (1) : 96.