

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KEFİRLERDE METAL VARLIĞININ ARAŞTIRILMASI

Pelin YÜKSEL

GIDA GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2025**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KEFİRLERDE METAL VARLIĞININ ARAŞTIRILMASI

Pelin YÜKSEL

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Güvenliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ayhan FİLAZİ

Bu çalışmada, Ankara, Türkiye'den ticari olarak temin edilebilen inek sütü kefirinde (beş marka ve üretim partisini temsil eden 30 örnek) mikrodalga digesyonunu takiben ICP-OES kullanılarak on metal (Al, Cr, Ni, Pb, Se, Co, Cu, Fe, Zn, Cd) ölçülmüştür. Alüminyum, kadmiyum, kurşun ve bakır konsantrasyonları tüm örneklerde tespit limitlerinin altında kalmıştır. Bu yüksek riskli toksik elementlerin yokluğu, belirlenen tolere edilebilir günlük alım sınırlarının altındaki nikel seviyeleri ile birlikte, test edilen kefirler için olumlu bir gıda güvenliği profiline işaret etmektedir. Nikel, demir, çinko ve selenyum konsantrasyonları için markalar arası istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($P<0.05$) gözlenmiştir. Tavsiye edilen süt ürünleri porsiyonları (günde 2-4) dahilinde kefir tüketiminden hesaplanan temel eser element (demir, çinko, kobalt, krom) alımları toksik eşiklerin altında kalmıştır. Bu bulgular, kefirin zengin probiyotik mikrobiyotasının biyodetoksifikasyon mekanizmaları yoluyla potansiyel olarak toksik elementlerin biyoyararlanımını azaltabileceğini öne süren literatürle uyumludur. Sonuç olarak, kefir sadece besleyici bir probiyotik süt ürünü olarak değil, aynı zamanda çevresel toksinlere karşı koruma sağlayan fonksiyonel bir gıda olarak da potansiyel göstermektedir. Bununla birlikte, inek sütü kefirindeki probiyotik suşlar ve metaller arasındaki spesifik etkileşim mekanizmalarını aydınlatmak için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Ayrıca, mevcut kurşun yönetmeliklerinin ötesinde, süt ve süt ürünlerindeki diğer potansiyel toksik metaller için maksimum kalıntı limitlerinin belirlenmesi kritik öneme sahiptir.

Temmuz 2025, 68 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kefir, metal, süt, ICP-OES

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF METAL PRESENCE IN KEFIRS

Pelin YÜKSEL

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Safety

Supervisor: Prof. Dr. Ayhan FİLAZİ

This study quantified ten metals (Al, Cr, Ni, Pb, Se, Co, Cu, Fe, Zn, Cd) in commercially available cow's milk kefir (30 samples representing five brands and production batches) from Ankara, Turkey, using ICP-OES following microwave digestion. Aluminum, cadmium, lead, and copper concentrations were below detection limits in all samples. The absence of these high-risk toxic elements, combined with nickel levels below established tolerable daily intake limits, indicates a favorable food safety profile for the tested kefir. Statistically significant inter-brand variations ($P < 0.05$) were observed for nickel, iron, zinc, and selenium concentrations. Calculated intakes of essential trace elements (iron, zinc, cobalt, chromium) from consuming kefir within recommended dairy servings (2-4 daily) remained below toxic thresholds. These findings align with literature suggesting kefir's rich probiotic microbiota may reduce the bioavailability of potentially toxic elements through bio-detoxification mechanisms. Consequently, kefir demonstrates potential not only as a nutritious probiotic dairy product but also as a functional food offering protection against environmental toxins. However, further research is necessary to elucidate the specific interaction mechanisms between probiotic strains and metals in cow's milk kefir. Additionally, establishing maximum residue limits for other potentially toxic metals in milk and dairy products, beyond existing lead regulations, is critically important.

July 2025, 68 pages

KeyWords: Kefir, metal, milk, ICP-OES

TEŞEKKÜR

Tez alıŐmam boyunca bilgi ve deneyimlerini bana aktaran, grüşlerini ve desteklerini hiç esirgemeyen çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ayhan FİLAZİ'ye (Ankara Üniversitesi Veteriner Fakóltesi Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı, Gıda Güvenliği Enstitüsü Müdür Yardımcısı) teŐekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen canım annem Gülfıdan YÜKSEL, canım babam Ali YÜKSEL ve her daim yanımda olan biricik kardeŐim Selin YÜKSEL'e en kalbi duygularımla teşekkür ederim.

Pelin YÜKSEL
Ankara, Temmuz 2025

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
2.1 Metaller	6
2.1.1 Metaller ve metal kaynakları	6
2.2 Metallerin Sınıflandırılması	7
2.2.1 Esansiyel metaller	8
2.2.2 Olası faydalı etkileri olan metaller	8
2.2.3 Non-Esansiyel Metaller	8
2.2.4 Toksik ve Karsinojenik Metaller	9
2.3 Metaller ve Bulaş Yolları.....	10
2.4 Metaller ve Sağlık	11
2.5 Bazı Toksikite İlişkili Metaller	11
2.5.1 Alüminyum (Al)	11
2.5.2 Çinko (Zn).....	13
2.5.3 Demir (Fe).....	14
2.5.4 Bakır (Cu).....	15
2.5.5 Kadmiyum (Cd)	16
2.5.6 Kurşun (Pb)	17
2.5.7 Krom	19
2.5.8 Kobalt (Co)	20
2.5.9 Nikel (Ni).....	21
2.5.10 Selenyum (Se)	22
2.6 Süt ve Süt Ürünlerinde Toksik Metaller	24
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	26
3.1 Materyal.....	26
3.1.1 Kefir örnekleri.....	26
3.1.2 Kullanılan araç-gereçler ve kimyasallar	26
3.2 Yöntem	27
3.2.1 Numune hazırlama.....	27
3.2.2 Mikrodalga fırın yakma	27
3.2.3 Numune süzme işlemi	28
3.2.4 ICP-OES Cihazı ile okuma ve değerlendirme	29
3.2.5 Yöntemin validasyonu	35
3.2.6 İstatistik	36
4. BULGULAR.....	37
5. TARTIŞMA.....	42
6. SONUÇ	56
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ.....	68

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrat
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
Ag	Gümüş
Al	Alüminyum
As	Arsenik
ATSDR	ABD Zehirli Maddeler ve Hastalık Kayıt Ajansı
Ba	Baryum
Be	Berilyum
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
CDC	ABD Hastalık Kontrol ve Korunma Merkezi
CO	Karbon monoksit
Cr	Krom
Cu	Bakır
DL	Tespit Limiti
DV	Günlük Değer
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
EPA/USEPA	ABD Çevre Koruma Ajansı
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	ABD Gıda ve İlaç Dairesi
Fe	Demir
g	Gram
g/kg	Gram/kilogram
g/cm ³	Gram/santimetreküp
GTF	Glukoz Tolerans Faktör
HDL	Yüksek yoğunluklu lipoprotein
Hg	Civa
HNO ₃	Nitrik asit
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
I	İyot
ICP-AES	Endüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi
ICP-MS	Endüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi
ICP-OES	Endüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi
ICP-SFMS	Endüktif Eşleşmiş Plazma – Sektör Alanlı Kütle Spektrometrisi
IOM	ABD Tıp Enstitüsü
IUPAC	Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği
JECFA	Gıda Katkı Maddeleri Ortak FAO/WHO Uzman Komitesi
K	Potasyum
kg	Kilogram
L/dk	Litre/dakika
LD50	Ortalama Öldürücü Doz-50
M.Ö.	Milattan Önce

Mg	Magnezyum
mg	Miligram
mg/kg	Miligram/kilogram
mg/L	Miligram/litre
ml	Mililitre
ml/L	Mililitre/litre
µg	Mikrogram
µg/kg	Mikrogram/kilogram
µg/g	Mikrogram/gram
µg/l	Mikrogram/litre
mm	Milimetre
Mn	Manganez/Mangan
Mo	Molibden
MRL	Maksimum Kalıntı Limiti
Na	Sodyum
Ni	Nikel
nm	Nanometre
P	Fosfor
Pb	Kurşun
ppb	Milyarda bir birim
ppm	Milyonda bir birim
PTWI	Geçici tolere edilebilir haftalık alım düzeyi
rpm	Dakikadaki devir sayısı
RDA/DRI	Tavsiye edilen günlük alım düzeyi
s	Saniye
Sb	Antimon
Sn	Kalay
Sr	Stronsiyum
TBSA-2019	Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması- 2019
TDI	Tolere edilebilir günlük alım düzeyi
TGK	Türk Gıda Kodeksi
THQ	Hedef Tehlike Katsayısı
Tl	Talyum
TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TÜBER-2022	Türkiye Beslenme Rehberi -2022
TWI	Tolere edilebilir haftalık alım düzeyi
USDA	ABD Tarım Bakanlığı /Dairesi
U	Uranyum
UL	Tolere edilebilir üst alım düzeyi
W	Güç
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
Zn	Çinko

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 + 4°C buzdolabında 24 saat çözdürme işlemi.....	27
Şekil 3.2 Mikrodalga fırın.....	28
Şekil 3.3 Numune süzme işlemi.....	28
Şekil 3.4 Agilent 5100 ICP-OES.....	29
Şekil 3.5 Alüminyum doğrusallık grafiği.....	30
Şekil 3.6 Çinko doğrusallık grafiği.....	31
Şekil 3.7 Demir doğrusallık grafiği.....	31
Şekil 3.8 Bakır doğrusallık grafiği.....	32
Şekil 3.9 Kadmiyum doğrusallık grafiği.....	32
Şekil 3.10 Kurşun doğrusallık grafiği.....	33
Şekil 3.11 Kobalt doğrusallık grafiği.....	33
Şekil 3.12 Nikel doğrusallık grafiği.....	34
Şekil 3.13 Selenyum doğrusallık grafiği.....	34
Şekil 3.14 Krom doğrusallık grafiği.....	35
Şekil 4.1 Kefir örneklerindeki kobalt elementinin firma bazında dağılımı.....	38
Şekil 4.2 Kefir örneklerindeki krom elementinin firma bazında dağılımı.....	39
Şekil 4.3 Kefir örneklerindeki nikel elementinin firma bazında dağılımı.....	39
Şekil 4.4 Kefir örneklerindeki selenyum elementinin firma bazında dağılımı.....	40
Şekil 4.5 Kefir örneklerindeki demir elementinin firma bazında dağılımı.....	40
Şekil 4.6 Kefir örneklerindeki çinko elementinin firma bazında dağılımı	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Sağlık etkilerine göre metallerin sınıflandırılması.....	7
Çizelge 2.2 İnsanlarda alüminyum maruziyetinin bazı kaynakları.....	12
Çizelge 2.3 Çinko için referans ve günlük alım değerleri.....	14
Çizelge 2.4 Yaş gruplarına göre demir günlük güvenli demir alım düzeyleri.....	15
Çizelge 2.5 Sık tüketilen bazı besinlerin 100 gramlarındaki bakır miktarı.....	15
Çizelge 2.6 Çeşitli bakır kaynakları ve insan sağlığı üzerine akut ve kronik etkileri...	16
Çizelge 2.7 Kadmiyum kaynakları ve kullanıldığı alanlar.....	17
Çizelge 2.8 Kurşun kaynakları ve kullanım alanları.....	18
Çizelge 2.9 Farklı yaşlarda ve farklı düzeylerde kan kurşun seviyelerinde ortaya çıkan problemler.....	19
Çizelge 2.10 Kromun güncel referans günlük alım değerleri.....	20
Çizelge 2.11 Krom kaynakları ve insan sağlığı üzerine akut ve kronik etkileri.....	20
Çizelge 2.12 Nikel içeren gıdalar ve eşyalar.....	22
Çizelge 2.13 Bazı besinlerin selenyum içerikleri.....	23
Çizelge 3.1 Kefir örneklerinin dekompozisyonu için kullanılan mikrodalga fırın sıcaklık programı.....	28
Çizelge 3.2 Agilent 5100 ICP-OES çalışma parametreleri.....	30
Çizelge 4.1 ICP-OES'de kullanılan dalga boyları, korelasyon katsayıları ve hesaplanan tespit limitleri.....	37
Çizelge 4.2 Değişik firmalardan alınan kefir örneklerinde tespit edilen elementlerin ortalaması.....	37

1. GİRİŞ

Süt, yazılı tarihe göre M.Ö. 4000’li yıllardan beri bilinen bir besin kaynağıdır (Abdul-Aziz vd. 2021). Süt ve süt ürünleri temel besin gruplarından olup insan sağlığı için önemli biyoaktif bileşenleri içerir (Beikzadeh vd. 2019). Süt, özellikle insan beslenmesinde yüksek besin değerine sahip olduğundan tam gıda kategorisindedir ve kaliteli proteinler, vitaminler (B2 vitamini, D vitamini), mineraller (kalsiyum, magnezyum, potasyum, çinko ve fosfor) ve yağ asitleri gibi önemli besin bileşenlerini içerir (Górska-Warsewicz vd. 2019, Abidin vd. 2021, Demirgöl ve Sağdıç 2018). Süt içerdiği yüksek düzeydeki (%80-90) suya ek olarak, meme bezi hücrelerinde sentezlenen ve kandan dokularla direkt geçen moleküllerin karmaşık formudur. Sütte yüz bini aşkın çeşitli moleküllerin olduğu bildirilmiştir. Sütün bileşiminde başlıca emülsiyon şeklinde yağ globülleri, koloidal biçimde dağılmış proteinler ile çözelti olarak laktoz ve çözünür proteinler mevcuttur. Bunlara ek olarak mineraller, vitaminler, enzimler, organik bileşikler ve erimiş gazlar da sütün içeriğine dahildir. Mineraller sütün sadece %0,75’lik bölümünü kapsar. Mineral madde yönünden süt, en değerli kalsiyum ve fosfor kaynağıdır. Bir lt süt günlük ihtiyacımız olan kalsiyumun %150, fosforun %120, potasyumun %75’i, çinko ve klorun %30’u iyot ve magnezyumun da %5’ini sağlamaktadır. Sütün içerdiği mineral maddelerin yoğunluğu hayvanın ırkına ve türüne, laktasyon dönemine, sağlık parametrelerine, beslenme düzenine ve mevsime göre değişebilmektedir (Özturan ve Atasever 2018).

Süt ve süt ürünleri bireylerin beslenme ihtiyacını karşılamasının yanında obezite, kemik erimesi, diş çürükleri, sindirim sistemi problemleri, kardiyolojik problemler, hipertansiyon ve kolon kanser gibi çeşitli hastalıkların önlenmesindeki etkileri sebebiyle de tüketilmekte olup bağışıklık sistemini güçlendiren en değerli besinlerdendir (Demirgöl ve Sağdıç 2018 ve Yüksel Çürük vd. 2024).

Fermente süt ürünleri dünya çapında yaygın olarak tüketilen gıdalardır. Özellikle probiyotik, prebiyotik ve fonksiyonel gıda grubundaki süt ürünlerine olan talep ve tüketimi artmaktadır (García-Burgos vd. 2020, Tomar vd. 2017). Fermente süt ürünlerinin bağırsak mikrobiyotası üzerine pozitif etkileriyle sağlıklı yaşamı desteklemesi ve

beklenen yaşam süresini uzatmasıyla fermente süt ürünlerine bireyler yoğun ilgi göstermektedir (García-Burgos vd. 2020)

Kefirin menşeinin Kafkas Dağları olduğu ve "Kefyr" kitabının Almanca'ya çevrilmesi ile Avrupa'ya da tanınmaya başladığı belirtilmiştir. Wiese, kefirin, Türkçe "keyif veren, sarhoş eden, coşturan, mest eden", "kef" kelimesinden köken aldığını söylemiştir. (Yüksekdağ ve Beyatlı 2003)

Geleneksel bir besin olan kefir, mayalar ve bakterilerden oluşan özgül ve karmaşık bir kombinasyon olan kefir danelerinden elde edilir ve ülkemizde önemli bir yeri olan yararlı birçok bakteri içeren fermente bir besindir (Bellikci Koyu ve Büyüktuncer Demirel 2018). TGK'ye göre kefir: Fermentasyonda, kefir tanesine özel mikroorganizmalardan *Lactobacillus kefiri*, *Lactobacilluskefiranoformans*, *Lactobacilluskefirgranum*'dan en az ikisini, laktoz fermentasyonu yapan mayalardan *Kluyveromycesmarxianus* ve fermente etmeyen mayalardan *Saccharomyces* spp.'yi mecburi olarak ihtiva eden bununla birlikte *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Acetobacter* ve benzeri bakteri cinslerine ait türlerle çeşitli maya türlerini de ihtiva eden kefir tanelerinin ya da starter kültürlerden faydalandığı fermente süt mamulü şeklinde ifade edilmektedir (Anonim 2022a).

Son dönemde gerçekleştirilen araştırmalar kefirin ve/veya kefirde ayrıştırılan bakterilerin insan sağlığına çeşitli faydaları olduğunu göstermektedir (Bellikci Koyu ve Büyüktuncer Demirel 2018). Klasik bir kefir %90 nem, %3 protein, %0,2 yağ, %6 şeker, %0,7 kül, %1 laktik asit, %0,48 alkol ve 201.7-277.0 ml/L karbondioksit ihtiva eder ve bu değerlerin hepsi kefir danesinin konsantrasyonuna göre değişebilir (Farag vd. 2020). Ayrıca iyi kalite bir kefir %0,6-0,9 laktik asit, %0,6-0,8 alkol ve %50 CO ile %0,6-0,8 etil alkol, çeşitli aldehytler ve aseton bulundurmaktadır (Yalçın ve Işık 2017). Üretildiği sütün içeriğine bağlı olarak birlikte fermentasyon, bazı vitaminlerin sentezi, protein ve laktozun hidrolizi ve biyoaktif bileşiklerin oluşmasıyla süttten kefir oluşum sürecinde besin değerinde artış görülmektedir. Kefir ve sağlık üzerine yürütülen araştırmalarda immünomodülatör, antitümör, antikarsinogenik, antidiyabetik, antiinflamatuar, antimikrobiyal, sakinleştirici, antihipertansif, osteoporoz karşıtı, düşük laktoz intolerans etkisi ve kolesterol düşürücü etkileri rapor edilmiştir (Yıldırım 2022).

Buna ek olarak kefir sütte var olmayan fermentasyon ürünlerini içerdiğinden laktoz intoleransına sahip bireylerde sıklıkla tercih edilebilmektedir (Yalçın ve Işık 2017).

Metallere; doğada sıklıkla sülfür, silikat, oksit ve karbonat formunda kararlı bileşik olarak veya silikatların içerisinde rastlanmaktadır. Metallerin doğa kaynaklı etkilerden öte, insanlığın eylemleriyle çevreye bulaş konusunda daha büyük etkiye sahip olduğu görülmüştür. Farklı şekillerde çevreye bulaşan metaller; tahıllar başta olmak üzere kontamine otları tüketen hayvanlardan bu hayvanların et ve sütlerine, kirlenmiş sulardan su ürünlerine ve yiyecek üretim sürecinde tüm materyallere bulaşabilmektedir. (Türközü ve Şanlıer 2012). Tarım arazilerinin lağım sularıyla sulanması, sanayi atıkları, toksik metallerin toprakta birikimi ve daha sonra zirai ürünlere ve dolayısıyla süte bulaş söz konusu olmaktadır (Güney ve Gökmen 2020). Potansiyel toksik metallerin besinlere bulaş riski zamanla artmakta olup ve besinlerde daha çok rastlanmaktadır (Türközü ve Şanlıer 2012).

“Ağır metal” terimi son yıllarda sıklıkla tercih edilmektedir. Güncel olarak ise ağır metal, yoğunluğuna, kimyasal bileşimine, atom ağırlığına veya toksisitesine göre birçok farklı şekilde tanımlanmaktadır (Özbolet ve Tuli 2016). Çoğu yasal düzenlemede ağır metal tanımı görülse de düzenlemeler birbirinden farklılık göstermekte ve hangi metallerin dahil edildiği bile belirtilmemektedir. Bu konuda yeterli açıklamalar da mevcut değildir. Bilimsel dayanağı olmayan sözde ağır metalleri sırf molekül ağırlıklarından dolayı bile ağır olarak nitelendirme durumu söz konusudur. Bu nedenle “ağır metal” terimi anlamını yitirmiş ve yanıltıcı bir kavram haline gelmiştir. Doğru metal ve toksisite düzeyi tanımlamak için periyodik tabloya dayalı bir sınıflandırmaya ihtiyaç vardır (Duffus 2002). Araştırmacılar tutarlı olmak için kabul görmüş tanımlamaları kullanmalıdırlar. Elementleri tanımlamanın en iyi yolu onları açıkça isimlendirmek veya onları bir grup olarak ele almaktır. Daha tutarlı bulunan ‘Potansiyel Toksik Element’ veya ‘Potansiyel Toksik Analit’ terimlerinin kullanımı önerilmektedir (Pourret ve Hursthouse 2019).

Potansiyel olarak toksik kabul edilen metaller; minimal yoğunlukta dahi olumsuz etkiye neden olabilen elementlerdir. Genel olarak bulaş ve potansiyel toksisite veya ekotoksisiteyle bağdaştırılan metaller ya da metalloidler şeklinde adlandırılırlar. Metaller

canlı vücuduna ağız, solunum ve cilt yoluyla maruziyeti söz konusudur ve bu metallerin büyük bir kısmı dışardan bir yardım olmaksızın vücudun detoks sistemleri (boşaltım sistemi , karaciğer, bağırsak, solunum, cilt) ile bertarafı mümkün değildir. Dolayısıyla potansiyel toksik metallerin çoğu canlı bünyesinde biyoakümüle olmaktadır. Canlıların bünyesinde bu birikim sonucu derişimi artan bu metaller, etkili dozlara yükseldiğinde, önemli sağlık problemlerine (kısırlık, nörolojik, tiroit ve otizm gibi) hatta ölümlerle sonuçlanabilmektedir (Özbolat ve Tuli 2016). Süt ve süt ürünlerini tüketen bireylerin çoğunluğu bebekler ve yaşlılar gibi hassas popülasyonu oluşturması sebebiyle metal maruziyet riski konusunda endişeleri daha ciddi boyuta taşımaktadır (Ismail vd. 2017).

Çeşitli süt ve süt ürünlerinde sayısız element tespit edilmiştir ve çoğunluğu en temel ve esansiyel elementlerden oluşmaktadır. Kontamine olmamış sütlerdeki metal miktarı bilinen düzeylerde ancak üretim ve paketleme sürecinde metal içerikleri önemli ölçüde değişebilmektedir. Ayrıca Pb, Cd, Ni, Cr ve Co vb. elementler farklı düzeylerde hayvanlar ve diğer çevresel etkenlerle sütü kontamine edebilir ve ciddi sağlık sorunlarına neden olabilirler (Ziarati vd. 2018).

Çiğ süt örnekleri ile yürütölen bir çalışmada alüminyum, arsenik, civa, kadmiyum ve kurşun düzeyleri incelenmiştir. Araştırma neticesine göre numunelerin metal seviyeleri Türk Gıda Kodeksi'ndeki limitlerinden düşük saptanırken, JECFA' nın sınır değerleri bakımından değerlendirildiğinde yalnızca alüminyum düzeyinin yüksek olduğu belirtilmiştir (Şahin ve Çanakçı Adıgöznel 2022).

Sivas ilinde bulunan 5 süt fabrikasından alınan 50 adet süt numunesinde Cd, Cu, Cr ve Pb metallerinin incelendiği bir çalışmada; numunelerde kadmiyum, bakır ve kromun sırasıyla ortalama değerlerin 8,896, 33,69 ve 31,81 µg/kg varolduğu belirtilmiştir. TGK'de besinlerde varlığına müsaade edilen en yüksek değeri aşmadığı için potansiyel toksik metaller bakımından sütlerin güvenilir olduğu saptanmıştır. Numunelerin %92'sinde kurşun düzeyinin tespit limitinin aşağısında bulunduğu ve yalnızca %8'inde (dört numune) TGK'ye göre işlenmemiş sütte bulunmasına izin verilen en yüksek değerin (0,02 mg/kg) üzerinde varlığı saptanmıştır (Beykaya vd. 2019).

Ayran ve yoğurtlar üzerine yürütülen bir çalışmada yoğurt ve ayran numunelerinde kobalt ve kadmiyuma rastlanmamıştır. Bunun yanısıra farklı düzeylerde kurşun, çinko, bakır, nikel, demir, krom ve alüminyum miktarları belirlenmiştir. Potansiyel toksik element düzeylerine bakıldığında genel olarak TGK’nde verilen sınırlar içinde kaldığı görülmüştür. Saptanan değerler açısından yoğurt ve ayran numunelerin sağlık bakımından olası bir risk barındırmadığı ya da sağlığı yerinde olan bir bireyin tolere edebileceği düzeylerde olduğu tespit edilmiştir (Gördes Baş 2020).

WHO/FAO Codex Alimentarius Uluslararası Gıda Standartları Gıda ve Yemlerdeki Bulaşan ve Toksin Genel Standardı’na göre süt ve ikincil süt mamulleri için MRL değeri kurşun için 0,02 olarak belirlenmiştir (Anonymus 2023). TGK Bulaşanlar Yönetmeliği’nde ise işlenmemiş süt, ısıtılmış süt ve süt temelli mamullerin imalatında tercih edilen süt için MRL yalnızca Pb metali için 0,02 µg/kg şeklinde belirtilmiş olup diğer potansiyel toksik metallerle ilişkili herhangi bir bilgi bulunmamaktadır (Anonim 2023).

Süt ürünlerinden probiyotik bakteri olarak öne çıkan lactobasillus suşu başta olmak üzere metal bağlama ve detoksifikasyonunda kullanılabileceği bilinmektedir. Ayrıca probiyotikler ve potansiyel toksik elementler arasındaki çift taraflı etkileşim ile günümüzde probiyotikler metal detoks sürecinde destekleyici yeni bir jenerasyon olarak umut vaatmektedir (Abdel-Megeed 2020 ve Duan vd. 2020).

Dolayısıyla yapılan çalışmanın hipotezi probiyotik bir besin olan inek sütü kefirlerinde metal varlığının düşük düzeyde bulunabileceği yönünde kurulmuştur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

İnsanlar yeryüzünde var olduğundan beri günümüze kadar çevreyle sürekli etkileşimde bulunmuştur ve bu etkileşimde çoğu kez olumsuz etkilenen yine bireylerin kendisi olduğu belirlenmiştir. Metallerin dünya üzerinde kullanımıyla metallerle ilişkili sağlık problemlerinin görülmeye başladığı belirtilmiştir (Bakar ve Baba 2009).

Gıda güvenliği, evrensel olarak önemli bir sorun olup gıda tüketimi, bireylerin belli çevresel kirleticilere maruziyetinin temel yolu olarak tanımlanmıştır. Beslenme ile maruz kalma solunumsal veya dermal maruz kalma yollarına kıyasla kirleticilerin alımının %90'dan çoğunu oluşturduğu belirtilmiştir. Beslenmeyle alınan toksik metallerin yüksek düzeyde alımının bir sonucu olarak bazı ciddi sağlık sorunlarına neden olabileceği belirtilmiştir (Arıcan 2021).

Toksik metaller su, toprak ve atmosferde farklı seviyelerde bulunan doğal bileşenlerdir (Başoğlu ve Ayaz 2021). Su, toprak ve tarımsal ürünler toksik metallerle kontamine olabilmektedir. Bu metaller sütleri, süt işlemede kullanılan alet ve ekipman ve dağıtım yoluyla kirletebilmektedir. Bunun sonucunda çiğ süte nazaran işlenmiş sütün daha yüksek toksik metal konsantrasyonlarına sahip olduğu bildirilmiştir (Pirhadi vd. 2021).

Dünya Sağlık Örgütü, gıda kontaminasyonunu çeşitli belge ve raporlarında küresel bir sorun olarak kabul etmiştir (Hussain 2016). Bireylerin güvenli ve sağlıklı gıdaya ulaşım hakkı olduğu belirtilmiştir (Bağcı Bosi ve Aydın 2022).

2.1 Metaller

2.1.1 Metaller ve metal kaynakları

Metallerin biyosferde toplanması hem doğal hem de insan faaliyetleriyle (antropojenik) gerçekleşebilmektedir. Kayaların ayrışması metal bulaşımının başlıca doğal kaynağıdır ve antropojenik kaynaklar arasında madencilik, eritme işlemleri ve tarımsal faaliyetler ve

diğer doğal kaynaklar arasında volkanik patlama ve orman yangınları yer almaktadır (Goyal vd. 2020 ve Gautam vd. 2016).

Doğal kaynaklar, aşınmış kayalar ve diğer doğal kaynaklar olarak iki gruba ayrılmaktadır. Kaya materyallerinden ayrılan metaller litojenik bir komponent özelliği göstermektedir. Esas metal kirleticileri ana kayanın içeriğini yansıtmaktadır (Co, Cr, Fe, Mn, Ni ve Zn). Kayalar dışında volkanlar, rüzgarla taşınan topraklar ve fırtınalar, doğal yangınlar, deniz serpintileri ve aerosoller, jeotermal kaynaklar, önemli düzeyde artış gösteren atmosferik toksik atıklar ve bulaşıcılar süreci etkilerler (Goyal 2020).

2.2 Metallerin Sınıflandırılması

Doğadaki tüm elementler çeşitli kriterlere dayanarak metaller ve non-metaller olarak sınıflandırılabilir. Birçok tanım metallerin farklı özelliklerini belirtmiştir. Büyük bir madde grubu olan metaller fiziksel faydalarına dayanarak opak, alaşım yapan, ısı ve elektriği ileten ve işlenebilir özellikleri ile genel olarak tanımlanmaktadır ve bu tanıma uyan 80-125 arası sayıda element bulunmaktadır. ‘Ağır metal’ terimi bazen kirlilik ve toksik etkiler için kullanıma durumu söz konusuydu ve yüksek yoğunluklu oldukları belirtilmekte ve ancak diğer metaller içinde bu kelime sık tercih edilmekteydi. IUPAC Teknik Raporu’nda bu terim uygunsuz bulunduğundan kullanımından kaçınılmıştır (Duffus 2022). Bu nedenle metaller bu akademik çalışmada esansiyel, faydalı etkileri olan non-esansiyel, faydalı etkileri olmayan non-esansiyel olarak gruplandırılacaktır. Çizelge 2.1’de sağlık etkilerine göre metallerin sınıflandırılması gösterilmektedir.

Çizelge 2.1 Sağlık etkilerine göre metallerin sınıflandırılması (Goyer 2004)

Esansiyel Metaller	Olası Faydalı Etkileri Olan Metaller	Non-esansiyel Metaller
Kobalt Krom III Bakır Mangan Molibden Selenyum Çinko	Bor Nikel Silikon Vanadyum	Alüminyum Antimon Arsenik Baryum Berilyum Kadmiyum Kurşun Civa Gümüş Stronsiyum Talyum

2.2.1 Esansiyel metalller

Genel olarak esansiyel kategorisinde değerlendirilen elementler; kobalt, krom (III), bakır, demir, selenyum, mangan, molibden ve çinkodur. Mangan esansiyel olarak bilinmesine rağmen insan dışındaki memelilerdeki kanıtlar yetersizdir. Buna rağmen manganez insanlarda bulunan birçok enzimin aktivasyonunda görevli ve bileşeni olduğu için insan beslenmesinde önemli olduğu kabul edilmektedir (Goyer 2004).

2.2.2 Olası faydalı etkileri olan metalller

İnsan sağlığı için esansiyel olmayan ancak dşuk dozlarda sağlığa faydaları olan çok az sayıda metal bulunmaktadır. Bunlar; silikon, nikel, bor ve vanadyumdur ve yüksek düzeyde alındığında toksik etkileri görülmektedir (Goyer 2004).

Bir çalışmada silikonun tırnakların, saın ve derinin yapısal bütünlüğünde, kolajen sentezi ve kemik sağlığında etkili olduğu ve Alzheimer durumunda metal birikimini azalttığı, bağışıklık sistemi sağlığı desteklediği ve atesklerez riskini azalttığı ne sürülmüştür (Martin 2013). Bazı vanadyum bileşiklerinin normal düzeyde alımının insan sağlığı üzerine terapötik etkilerine dair çalışmalar mevcuttur ve özellikle anti-kanserojen ve anti-diyabetik etkileri üzerine çalışmalar yapılmaktadır ancak daha çok fazla çalışmaya ihtiyaç vardır ve yüksek düzeylerde yine toksik etkileri görülebilmektedir (şcibior vd. 2020).

2.2.3 Non-Esansiyel metalller

Arsenik, kadmiyum, kurşun, civa ve diğer inorganik bileşenler çevremizdeki olası en yüksek düzeyde kirletici toksik metallerdir. İnsan sağlığı üzerine hiçbir besinsel veya faydalı etkileri bilinmemektedir. Bu metalller hava, su ve toprakta yani doğada her yerde vardır. Bu nedenle maruziyet kolayca önlenemez ve belirli seviyelerde maruziyet söz konusudur. ABD evre Koruma Ajansı (EPA)'nın endişe duyduğu diğer metalller; Al, Sb, Ba, Be, Ag, Sr ve Tl olarak belirtilmektedir. Bu metalller endüstriyel birçok alanda kullanılmaktadır ve insanların maruz kalma ihtimali de gitgide artmaktadır. Endüstriyel

faaliyetler metallerin içindeki metal bileşenlerini farklı ortamlarda daha çözünebilir hale getirebilmekte ve bu nedenle toksisite riskini arttırmaktadır (Goyer 2004).

Biyolojik anlamda değere sahip olmayan bu non-esansiyel metalleri iki gruba ayırabiliriz:

- 1) Nadiren rastlanan ve erişilebilirliği nedeniyle sağlıklı yaşam için gerekli olmayanlar
- 2) Maruziyet sonrası zararlı etki gösterenler (Peana vd. 2021).

Her non-esansiyel metal tolerans limitini aşarsa, toksik etki ortaya çıkmakta ve bununla birlikte maruziyet kritik seviyeyi aşarsa hem esansiyel hem de non-esansiyel metaller de toksik etki görülmektedir (Peana vd. 2021).

2.2.4 Toksik ve Karsinojenik Metaller

Metal kirliliğinin havaya, suya, toprağa ve çevreye bulaş problemi ne yazık ki saanayileşmenin en negatif sonuçlarından birisidir (Bhargava 2017). Tarımda farklı gübre ve pestisitlerin yoğun kullanımı çevrede metallerin konsantrasyonunun artmasıyla sonuçlanmaktadır (Scutaraşu ve Trinca 2023). Kirliliğin artması, değişen yaşam tarzı ve bozulan sirkadiyen döngüler sağlık sorunlarını artmasına neden olmaktadır. Pb, Cd, As, Hg, Mn, Ni, Zn, Cr, Co, Cu, Mo ve Sb gibi toksik olabilecek metallerle kirlenmiş hava, su ve toprağa yoğun çevresel maruziyet ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. 1995 yılı ABD JEOLJİK ARAŞTIRMA GENELGESİ 1133'e göre ağır (toksik) metaller; toksik olmayan, düşük düzey toksik metaller, orta düzey toksik metaller ve yüksek düzey toksik metaller gibi çeşitli kategorilerde sınıflandırılmıştır (Bhargava 2017). Başka bir çalışmada da en sık rastlanan ve bilinen Hg, Mn, Pb, Ag Fe, Cu, Zn, Cd, As, Sn, Se, Co ve Ni potansiyel toksik element (metal) olarak belirtilmiştir (Özbolat ve Tuli 2016).

Kanser, dünyada mortalite, morbidite ve prematüre ölümlerinin çeşitli en önde gelen sebeplerinden biri olarak gösterilmiştir (Ingole vd. 2021). Toksik metaller insan sağlığı ve kanser üzerine önemli etkilere sahiptir ve ciddi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir (Al-Mzaien 2021). Karsinojen olarak kabul edilen metallerden bazıları; arsenik,

kadmiyum, civa krom VI, berilyum, nikel, kurşun, titanyum ve radyum elementleri tek form, diğer yollar ve partiküler yollar ile bulaşabilmektedir (Al-Mzaien 2021, Goyer 2004) ve bu metaller kansere sebep olan tümörleri ve çeşitli hastalıkları tetiklediği bilinmektedir (Ingole vd. 2021).

2.3 Metaller ve Bulaş Yolları

Arsenik, alüminyum, civa, kurşun, nikel ve kadmiyum; insan sağlığını en çok etkileyen toksik metaller olarak sıralanabilmektedir. Toksik olmalarına rağmen insan popülasyonunun bu elementlere maruziyetinin de gün geçtikçe arttığı belirtilmektedir. İnsan vücuduna metal bulaş yolları:

- Sindirim: Su veya besinler yoluyla alınabilir ve dolaşım ile çeşitli organlara geçiş yapar (pankreas ve karaciğer vb. emilim yoluyla) (öz; arsenik, kurşun, civa ve kadmiyum).
- Solunum: Hava, duman ve aerosollerini soluyarak toksik metaller solunum yoluna giriş yapar ve akciğerlere ardından da dolaşıma karışır (öz; kurşun, civa ve alüminyum).
- Dermal: Cilt dokusundan emilim ile bulaş olabilir (öz. arsenik) (Filipoiu 2022).

Metallerin belirli hedef organlar (ör. karaciğer, böbrek ve kemikler) üzerine artan affinitesi gün geçtikçe daha fazla kabul görmektedir. Metallerin toksik etkileri ve birikimi /yığılımı konsantrasyon/doz, kimyasal formu, cinsiyet, yaş ve maruziyet süresi gibi birçok faktöre de bağlanmaktadır (Filipoiu 2022).

2.4 Metaller ve Sağlık

Toksik metaller, biyolojik sistemlere sülfidril grupları ile bağlanarak reaktif oksijen türlerini arttırmakta ve toksisiteyi tetiklemektedir. Yaşamsal bu makromoleküllerin inaktivasyonu glutasyon azalması ve oksidatif stresin artışına neden olmaktadır (Balali-Mood vd. 2021). Buna ek olarak potansiyel toksik metallerin diğer minerallerin emilimini engelleyebileceği ve dolaylı yoldan mineral eksikliklerine de yol açabilecekleri bildirilmiştir (Şimşek vd. 2024). Toksik metaller bu etkileriyle insanlar ve hayvanlarda birçok sağlık sorununa yol açmaktadır: doğumsal hastalıklar, merkezi sinir sistemi işlevlerinde bozulmalar, kanserler, nörolojik problemler, böbrek işlevlerinde aksaklıklar, endokrin bozukluklar, spesifik organ fonksiyon bozuklukları ve immün sistemin zayıflaması gibi problemlere sebep olduğu için önemli bir sağlık sorunu haline gelmiştir (Balali-Mood vd. 2021, Basoglu ve Ayaz 2021).

2.5 Toksikite ile İlişkili Bazı Metaller

2.5.1 Alüminyum (Al)

Al, litosferde doğal olarak en yaygın rastlanan üçüncü metaldir ve yerkabuğu kütlelerinin %8'ini oluşturmaktadır. İnşaat, lojistik, elektronik ve paketleme sektörlerinde alüminyumun yaygın kullanımı, bu metal bileşiklerinin hava, su ve toprağa bulaşına sebep olmaktadır (Bonfiglio vd. 2023, Dordevic vd. 2019). Bu denli yoğun alüminyum kullanımı sebebiyle bu yüzyıla 'alüminyum çağı' da denmektedir (Niu 2018). Çevresel, gıdalar ve kişisel bakım ürünleri, alüminyum ve ilaçlar da dahil çok çeşitli alanlarda bu metal iyonunun yaygın kullanımı, alüminyum maruziyetinden kaçınmayı olanaksız hale getirmektedir. Al'un birincil fizyolojik alım kaynağı bu nedenle gıdalardır ve gıdalarda alüminyum bulunma prevalansı 5 mg/kg altında olarak belirtilmiştir (Crispino vd. 2013, Dordevic vd. 2019). Gıdalardaki alüminyum içeriği; orijinal içeriğe, depolama sırasındaki materyal ile temasına ve yemek pişirme sürecine bağlı olarak son derece değişkenlik gösterir. Örneğin; cam şişede bulunan bir içeceğe kıyasla alüminyum tenekede bulunan içecek 5-7 kat daha fazla alüminyum içermektedir. Bitkisel besinlerin çoğu 25 µg/g kuru ağırlığın altında az miktarda alüminyum içerirler. Domateste çok

düşük seviye alümyum içeriği (0.2 ile 1.1 µg/g arası) söz konusuyken, mercanköşk ve kekikte (500 ile 1000 µg/g) ise yüksek alüminyum içeriğe rastlanabildiği bildirilmiştir. Soya bazlı bebek sütü formülasyonlarında da yüksek alüminyum bulunabileceği belirtilmiştir (Crisponi vd. 2013). Başka bir çalışmada da ön planda işlenmiş peynirler olmak üzere, süt ve süt ürünleri, tahıl grubu besinler, un, kabartma tozu, gıda boyaları, unlu mamuller ve muhtelif içecekler yüksek oranda alüminyum içeren besinler olarak belirtilmiştir (Nizamlioğlu ve Nizamlioğlu 2023). Doğal kaynaklar, su ve gıdalar başta olmak üzere insanların en çok maruz kaldığı alüminyum kaynakları ve ortalama miktarlar Çizelge 2.2'de gösterilmektedir (Crisponi vd. 2013).

Çizelge 2.2 İnsanlarda alüminyum maruziyetinin bazı kaynakları (Crisponi vd. 2013)

Kaynak	Miktar
Tabii kaynaklar	2–5mg/gün
Yaprak çay	%0.1–1
Kahve (Alüminyum moka pot ile hazırlanmış)	0.8–1.2mg/fincan
İçme suları	0.07mg/l
Al tenekedeki içecekler	0.04–1.0 mg/l
Pişirilmiş ıspanak	25 ppm
İşlem görmemiş gıda	0.1–7 ppm
Gıda katkı maddeleri	10–20 mg/gün
Al tencere/tavada hazırlanan yemekler/içecekler	0.2–125 ppm
Soya temelli bebek mamaları	6–11 ppm
Antasitler	35–200 mg/doz
Aspirin (tamponlu)	9–50 mg/doz
İshal engelleyici ilaçlar	36–1450 mg/doz
Ter önleyici ürünler	50–75 mg (günde)
Aşılar	0.15–0.85 mg/doz
Yetişkinlere özel parenteral nutrisyon çözeltileri	40–135 µg/l
Bebeklere özel parenteral nutrisyon çözeltileri	10–270 µg/l

Al'nin TWI değeri 1 ppm vücut ağırlığı belirlenmiş ve bu alımın da %50'sinin besinlerden kaynaklı olduğu EFSA (European Food Safety Authority) tarafından bildirilmiştir (Guntupalli vd. 2023). Alüminyumun akut toksisitesinin düşük olduğu bilinmektedir (Nizamoğlu ve Nizamoğlu 2023). Fakat düşük yoğunluklu uzun süreli Al maruziyeti, kemik ağrısı, halsizlik, anoreksiya, meme kanseri, solunum sistemi rahatsızlıkları, nörolojik hastalıklar ve gastrointestinal bazı problemler ile ilişkilendirilmektedir (Nizamoğlu ve Nizamoğlu 2023, Guntupalli vd. 2023, Bobuş Alkaya vd. 2022, Niu 2018).

2.5.2 Çinko (Zn)

Çinko yeryüzünde en çok bulunan elementlerdendir. Atom numarası 30, atom kütlesi 65,4'tür ve litosferin ortalama %0,02'si çinkodan meydana gelmektedir (Akdeniz vd. 2016). İnsan vücudunda Zn, çok sayıda fizyolojik süreçte hayati öneme sahip bir eser elementtir. 300'den fazla enzimatik reaksiyona, metabolik fonksiyonlara, gen ekspresyonunun düzenlenmesine, apoptoz ve immün modülasyona katkısı ile insan sağlığı için esansiyel bir rol oynamaktadır (Schoofs 2024). Genellikle et ve et mamulleri, tavuk, balık, deniz ürünleri, bütün hububat ve süt mamulleri gibi gıdalarda daha yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu bildirilmiştir (Akdeniz vd. 2016).

Çinko, periyodik tabloda iki toksik element olan Cd ve Hg ile birlikte IIb grubundadır ve çinkonun insanlar için nispeten toksik olmadığı düşünülmektedir. ABD Ulusal Tıp Kütüphanesi Toxnet veritabanına göre çinkonun LD50 (öldürücü doz-50) değeri 3 g/kg vücut ağırlığı olarak belirlenmiştir ve bu miktar kadmiyumdan 10 kat ve civadan da 50 kat yüksektir (Plum vd. 2010).

Çinko toksisitesi oral, dermal ve istemsiz soluma durumuyla üç şekilde gerçekleşebilir ve genelde biyolojik olarak kullanılabilen çinkonun aşırı tüketimi veya endüstriyel kimyasallara maruziyet ile oluşabilir. Uzman kontrolünde olmadan aşırı çinko takviyesi kullanımı, yüksek çinko içeren dental ürünler, madeni paralar, çinko içeren metallerin patolojik tüketimi (pika) ve çinko bulaşı olan yiyecek ve içecek tüketimi de bu toksisiteye neden olabilmektedir (Wolf vd. 2022). Geri dönüşü olan bir durum olmasına rağmen sindirim, solunum ve sinir sistemini etkileyebilmektedir. Sanayide çinko dumanının solunması ve akut maruziyette metal dumanı ateşlenmesi ile beraber diyare, halsizlik, mide bulantısı, toraks ağrısı, solunum güçlüğü ve öksürüğe neden olabilir (Hussain vd. 2022). Çinko eksikliği birçok sağlık sorunu ile ilişkilendirilirken, fazla alımı da çeşitli zararlı etkilere yol açabileceği bilinmektedir (Schoofs vd. 2024). Beslenme kılavuzlarında önerilen tavsiyelere uyulduğunda çinko toksisite riski olası değildir (Wolf vd. 2022). Tavsiye edilen günlük alım (Recommended Dietary Allowance -RDA/Dietary Reference Intakes-DRI) ve tolere edilebilir üst alım düzeyi (Tolerable Upper Intake Level-UL) düzeyleri Çizelge 2.3'te detaylarıyla belirtilmiştir (Doğan 2020).

Çizelge 2.3 Çinko için referans ve günlük alım değerleri (Doğan 2022)

	RDA/DRI (mg/gün) 2001	UL (mg/gün)
0-6 ay	2	4
7-12 ay	3	5
1-3 yaş	3	7
4-8 yaş	5	12
ERKEK		
9-13 yaş	8	23
14-18 yaş	11	24
KADIN		
9-13 yaş	8	23
14-18 yaş	9	24
Hamilelik (<18 yaş)	12	34
Laktasyon (<18 yaş)	13	34

2.5.3 Demir (Fe)

Antik çağlardan itibaren demirin insan sağlığı ve hastalıklardaki rolü farkedilmiştir (Abbaspour ve Kelishadi 2014). İnsan ve hayvan beslenme sürecinde esansiyel mikro molekül Fe; oksijenin alyuvarlar vasıtasıyla taşınımı, stoklanma ve kullanımıyla redoks potansiyelleri gibi çok çeşitli biyolojik olaylara dahil olmaktadır. Ayrıca dünya nüfusunun %60'lık büyük bir kesiminde Fe eksikliği görülmekte ve eksiklik durumunda, anemi başta olmak üzere yorgunluk, bilişsel fonksiyonlarda azalma, yara iyileşmelerinde gecikme gibi birçok sağlık sorunu ile karşılaşılabilir. Fe⁺² (hayvansal kaynaklı hem demir) ve Fe⁺³ (bitkisel kaynaklı hem olmayan demir) olarak diyetel demir alımı iki yolla gerçekleşir. Fe⁺², yumurta, et ve et ürünleri, tavuk ve balıklarda mevcuttur. Hem olmayan demir ise bitkisel kaynaklarda görülmektedir (İnce ve Çağındı 2020). EFSA'ya göre yaş gruplarına göre günlük güvenli demir alım düzeyleri (Safe Levels of Intake) belirtilmiştir ve ancak demir minerali için herhangi bir UL değeri belirtilmemiştir (Çizelge 2.4) (Anonymous 2024).

Çizelge 2.4 Yaş gruplarına göre günlük güvenli demir alım düzeyleri (Anonymous 2024).

Birim	4-6 ay(a)	7-11 ay (b)	1-3 yaş	4-6 yaş	7-10 yaş	11-14 yaş	15-17 yaş	Yetişkin	Gebelik	Laktasyon
mg/gün	5(c)	5(c)	10	15	20	30	35	40	40	40

(a): Yaşamın 18. haftasından 26. haftasına kadar olan dönem

(b): Yaşamın ilk yılının ikinci yarısı (27. haftadan 52. haftaya kadar olan dönem)

(c): Bir yaşından küçük çocuklar için, güvenli ek demir alım düzeyleri verilmiştir ve bu düzeyler, demir takviyeleri ve güçlendirilmiş gıdalardan alınan demiri kapsar (bebek mamaları ve devam formülleri hariçtir).

Bireylerin doğal olduğunu düşündüğü (demir takviyeleri vb.) bu elementleri farkında olmadan kontrolsüz tüketimi sonucunda demir toksisitesi durumuna rastlanabilmektedir. Sıklıkla yetişkinlere reçete edilen bu besin takviyelerini çocukların şeker zannetmesi sebebiyle demir takviyesi tüketimi durumu ile demir intoksikasyonu da ortaya çıkar. Tek kullanımlık ısıtma pedleri, toprak, gübreler ve pestisitler dahi demir içermektedir (Albretsen 2006). Karın ağrısı ve yorgunluk demir toksisitesinin spesifik olmayan erken belirtilerindedir (Shander vd. 2009).

2.5.4 Bakır (Cu)

Bakır, insan karaciğerinde demir ve çinko metalinden sonra en yaygın rastlanan elementtir (Erbay ve Karatoprak 2023). Yetişkin bir insanın vücudunda 100 mg bakır bulunur ve bakır birçok hücrel enzim fonksiyonu için önemli ve sağlık için gerekli bir geçiş metalidir (Bost vd. 2016, Akbay vd. 2020). Sağlıklı ve dengeli bir beslenme düzeninde diyetle yeterli bakır alınmaktadır. Bazı besinlerin 100 g'ında içerdiği bakır miktarları Çizelge 2.5'te gösterilmektedir (Baysal 2011).

Çizelge 2.5 Sık tüketilen bazı besinlerin 100 gramlarındaki bakır miktarı (Baysal 2011)

Besin	Bakır (mg)	Besin	Bakır (mg)
Karaciğer	3.4	Kuru kayısı	0.35
Kırmızı et	0.8	Kuru üzüm	0.25
Peynir grubu	0.02	Taze üzüm	0.09
Hayvansal süt	0.03	Pekmez	1.42
Yumurta	0.10	Elma	0.07
Balık grubu	0.80	Şeftali	0.09
Ispanak	0.11	Ekmek	0.24
Lahana vb.	0.08	Makarna	0.11
Marul	0.09	Pirinç	0.20
Taze Fasulye	0.22	Zeytin	0.34
Patates	0.21	Kuru maya	4.98
Maydanoz	0.49	Bal	0.04

İnsan vücudu için esansiyel olan bakır, yüksek düzey maruziyette toksik etki gösterebilir ve vücutta bazı enzimlerin işlevini engelleyebilir (Araya vd. 2007, Baysal 2011). Günlük 30 mg ve üstü alımın siroza neden olduğu ve vücutta yüksek düzeyde bakır birikiminin Wilson hastalığına yol açtığı bilinmektedir (Baysal 2011). Çeşitli kaynaklara bağlı akut veya kronik bakır maruziyetine bağlı sağlık etkileri ve bu kaynaklarda izin verilen limitler Çizelge 2.6’da belirtilmiştir (Verma ve Sharma 2017).

Çizelge 2.6 Çeşitli bakır kaynakları ve insan sağlığı üzerine akut ve kronik etkileri (Verma ve Sharma 2017)

Metal	Maruziyet Kaynağı	Akut Etkiler	Kronik Etkiler	İzin verilen limit (mg/L)
Bakır	Metal rafinerisi, pestisitler, gübreler, döküm	Gastrointestinal irritasyon/kanama, hemoliz, mavi kusmuk, çoklu organ yetmezliği sendromu	Wilson hastalığı, siroz, mental bozukluklar, anemi , kistler, fibrozis, uykusuzluk, romatoid artrit, doğumsonrası psikoza, kalp rahatsızlıkları, bulantı, otizm, tansiyon, konuşma bozukluğu, karaciğer büyümesi, hiperaktivite, inflamasyon	0.1

2.5.5 Kadmiyum (Cd)

DSÖ’nün halk sağlığı bakımından kaygı yaratan 10 kimyasal arasında belirttiği potansiyel toksik elementlerden biri Cd, Zn cevheri içerisinde 12 farklı formda varolan yumuşak ve elektron verici metallere dendir (Metin ve Yavuz 2022). Kadmiyum, en toksik elementlerdendir; atomik kütlesi 112,40 g/mol, derişimi 8,64 g/cm³’tür (Güner ve Kavlak 2017).

Cd’un halk sağlığı açısından etkisi ilk kez Japonya’da “İtai-İtai” hastalığı olarak isimlendirilen epidemik vakayla farkedilmiştir. Hastalıkla karşılaşılan lokasyonda atık suların kullanımı kaynaklı ağır romatizmal ağrılarla tanımlanan hastalık olarak kaydedilmiştir (Metin ve Yavuz 2022). Kadmiyumun insanlar üzerinde majör maruziyeti kontamine olmuş su ve besinlerle gerçekleşmektedir Kadmiyum akut ve kronik intoksikasyonlara neden olabilmektedir. Kadmiyumun toksik etkileri özellikle gastrointestinal sistem üzerine görülmekte gastrik kanserlerin yanı sıra göğüs kanseri, akciğer kanseri ve boşaltım sistemi üzerine de toksik etkileri ile renal kanserler görülebilmektedir (Jyothi 2020). Kadmiyum kaynakları ve kullanıldığı alanlar Çizelge 2.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.7. Kadmiyum kaynakları ve kullanıldığı alanlar (Metin ve Yavuz 2022, Güner ve Kavlak 2017, Örün ve Yalçın 2011, Anonim 2009)

Kadmiyum Kaynakları	
Kaplama endüstrisi Pil ve akü üretimi (Nikel kadmiyum pilleri) Lehim yapımı (alüminyum) Kömür yanması Bakır mukavemetini artırma Plastik endüstrisi (sertleştirme) Elektrik endüstrisi Nükleer santraller Uçak sanayii İnsektisit , Pestisit ve Kimyasal Gübreler Boya ve cam sanayii Seramik sanayii Fotoğraf malzemeleri Deri sektörü	Havadaki kadmiyum tozları Atık sular Rafine edilmiş yiyecek maddeleri Meyveler, kök sebzeler, tahıllar, yağlı tohumlar Yabani mantarlar ve pirinç Kahve ve çay Kabuklu deniz ürünleri Hayvan sakatatları Tarım alanlarının lağım suları ile sulanması Sigara ve tütün ürünleri

Kadmiyum diğer metallere göre daha kolay suda çözünebilir özelliğindedir ve bu özelliği biyoakümüle olmasını kolaylaştırmaktadır (Jaishankar vd. 2014). Sigara içenlerin solunumla en yüksek düzeyde kadmiyum alan bireyler oldukları belirtilmektedir (Jyothi 2020). Sigara içen bireyler kadmiyuma daha duyarlı olurken sigara içmeyen bireyler gıdalar ve diğer kaynaklardan kadmiyuma maruz kalmaktadır (Jaishankar vd. 2014). Sigara kullanmayan ve mesleki maruziyeti olmayan yetişkin bir birey için FAO/WHO, kadmiyum alımını yaklaşık 0.4-0.5 mg/hafta (60-70 µg/gün) olarak belirtmiştir (Charkiewicz vd. 2023).

Hayvanlarda yapılan bir çalışmada kadmiyumun %50 sinin akciğerlerden ve daha azının sindirim sisteminden emildiği gösterilmiştir. Gebelik döneminde Cd maruziyetinin prematüre doğum ve düşüklerle bağlantısı olduğu belirtilmiştir (Jaishankar vd. 2014).

2.5.6 Kurşun (Pb)

Kurşun ve bileşikleri 8000 yıldan fazladır tabak, para, boru, oluk, boya, bazı eşyaların süslenmesi, mutfak malzemelerinin parlatılması ve kozmetik vb. çoğu sektörde tercih edilmiş, muhtelif besin mamullerine tatlandırmak için ilave edilmiştir. Çizelge 2.9'da

Kurşun kaynakları ve kullanım alanları gösterilmektedir. Periyodik cetvelde 4A grubunda en metal özelliğe sahip üyedir, atom numarası 82 ve atom kütlesi 207.2 dir. Mavi renk tonlarındadır ve doğada sıklıkla galen isimli kurşun sülfür yapısında ya da Fe, Cu, Zn, Sb ve Ag elementleriyle molekül şeklinde görülmektedir (Dündar ve Aslan 2005). Kurşun (Pb) doğada daha az sıklıkta, ama her yerde yaygın olarak bulunan, vücutta hiçbir görevi olmayan aşırı toksik bir metaldir. Madenlerden çıkartılıp kullanımı ile atmosfere yayılmış ve sanayileşme ile insanların maruziyeti de artmıştır. Toplumdan topluma kurşun kaynakları değiştiği için toplumların çevresel kurşun etkilenimi değişiklikler göstermektedir (Çamurdan 2007).

Çizelge 2.8 Kurşun kaynakları ve kullanım alanları (Çamurdan 2007, Anonim 2009, Jyothi 2020, Jaishankar 2014, Debnath vd. 2019)

Kurşun Kaynakları	
<p>İçme suyu ve besinler (balık, deniz ürünleri, sakatatlar (öz. böbrek ve karaciğer) ve bitkiler) Seramik kaplarda saklanan asidik besinler (domates, portakal ve diğer meyve suları, şarap sirke vb. saklanması çok riskli) Toprak ve hava Gübreler Oyuncaklar Olta kurşunu Kurşun lehimli konserveler Poligonda atış yapmak Geleneksel tıp tedavileri: Latin Amerika (gaz sancısı), Güney Asya (döküntü ve ateş) Kozmetik (Hindistanda krem, göz kalemleri) Bazı takılar Alkol fiçileri Kurşun sırlı bardaklar Sigara ve tütün ürünleri</p>	<p>Endüstride kullanımı; Boru, musluklar, levha, çatı malzemeleri, tel ve kablolar, mermi ve av saçmaları, çeşitli kimyasallara özgü kaplar, X ve radyoaktif ışıklardan koruyucu levhaların yapımı Akümülatör levhaları, metal dizgi harfleri lehimler, boya maddeleri, seramikçilikte sır boya, insektisitler, lastik sanayi, resim boya, batarya endüstrisi atıkları, lastik ürün yapımı ve motor benzini</p>

İnsan vücudunda kurşun toksisitesi hücrelerde oksidatif stres oluşumuyla gerçekleşir. Artmış serbest radikal üretimi ve oksidatif stres ve dolaylı yıkım sonucunda antioksidan mekanizma üzerine yıkıcı bir etki söz konusudur (Debnath vd 2019). Kurşun, böbreklerde

tümör oluşumunu tetikleyebilir, çocuklarda zeka gelişimini etkileyebilir ve yetişkin bireylerde hipertansiyona neden olabilir (Kucukosmanoglu ve Filazi 2020).

Kurşun için güvenilir bir alt limit belirlenmemiştir. Vücutta hiçbir biyolojik etkisi olmadığından CDC tarafından güvenli bir serum düzeyi olmadığı belirtilmiştir ve en düşük düzeyleri dahi toksiktir. Kandaki kurşun düzeylerine göre yetişkin bireylerde ve çocuklarda farklı istenmeyen durumlarla karşılaşmaktadır (Çizelge 2.9) (Basoglu ve Ayaz, 2021 & Anonymous 2020a).

Çizelge 2.9 Farklı yaşlarda ve farklı düzeylerde kan kurşun seviyelerinde ortaya çıkan problemler (Anonymous 2020a)

Kan Kurşun Düzeyi	Etkileri /Sonuçları
5 µg /dl ve üstü	Çocuk: Okul başarısında, IQ skorlarında ve belirli bilişsel ölçütlerde azalma. Dikkat ilişkili ve problem davranışlarda artış. Yetişkin: Böbrek fonksiyonlarında azalma. Maternal kan kurşun düzeyi ile fetal gelişimde yavaşlama.
10 µg/dl ve üstü	Çocuk: İşitmede azalma. Büyüme geriliği. Ergenlikte gecikme. Yetişkin: Titremede artış. Kan basıncında artış (hipertansiyon) Erkeklerde: Sperm sayısında azalma

Kurşun metali sinir sistemi dışında, kalp-damar, boşaltım, dolaşım, iskelet kas ve sindirim sistemi üzerine de toksik etkiler gösterebilir (Debnath 2019).

2.5.7 Krom

Krom, yer kabuğunda en bol bulunan mineraldir ve Cr, periyodik tabloda 24 atom numarasına ve 51.996 bağıl atom kütleline sahiptir (Chatterjee 2015). Glikoz tolerans faktör (GTF) olarak adlandırılan Cr; glikoz metabolizması üzerine etki gösterir ve insülinle beraber hareket ederek glikozun hücre içine girişine imkan verir (Değirmencioğlu ve Eseceli 2006). Deniz suyunda bulunmakta ve endüstriyel proseslerde doğal olarak oluşmakta olup düşük seviyelerde esansiyel bir element olan krom insanlar için yüksek düzey maruziyette bazı enzimatik reaksiyonlarını inhibe ederek, hem karsinogenik hem de mutajenik olan yaygın toksik bir metaldir (Wu vd. 2017, Balali-Mood 2021, Pokhrel 2022). Krom kaynakları ve bireylerde sağlık üzerine etkileri Çizelge 2.11'de ifade edilmiştir.

Kromun -2 ile +6 aralığında birden fazla oksidasyon durumu vardır ve bu formlardan üç değerli ve altı değerli formları en yaygın bulunan kararlı formları olarak belirtilmiştir. Cr (VI) bir dizi patolojik durum ve hastalıkla ilişkiliyken Cr (VI) doğal lipid ve protein metabolizmasının birikimi ve de insülin etkisi için bir kofaktör olarak eser miktarda gerekli olduğu bildirilmiştir. Buna ilişkin Cr güncel referans günlük alım değerleri Çizelge 2.10'da sunulmuştur (Verma ve Sharma, 2017).

Çizelge 2.10 Kromun güncel referans günlük alım değerleri (Wong vd. 2022)

Cr ⁺³	1,5 ppm/gün 0,3 ppm/gün	EPA (1999) EFSA (2014)
Cr ⁺⁴	0,003 ppm/gün 0,0009 ppm/gün	EPA (1998) ATSDR (2012)

Çizelge 2.11 Krom kaynakları ve insan sağlığı üzerine akut ve kronik etkileri (Verma ve Sharma 2017).

Metal	Maruziyet kaynağı	Etkiler		İzin verilen limit (mg/L)
		Akut	Kronik	
Krom	Çelik endüstrisi, dericilik, uçucu küller	Akut böbrek yetmezliği, gastrointestinal kanama, hemoliz	Akciğer kanseri, pulmoner fibrozis	0.05

2.5.8 Kobalt (Co)

Kobalt (Co), atom nosu 27 olan, yer kabuğunda, suda, bitki örtüsünde ve hayvanlarda bulunan esansiyel bir iz elementtir (Aydın 2023). Mavimsi beyaz renkte bir d-blok geçiş metalidir. Periyodik tablonun ilk uzun periyodunda demir ve nikel arasında bulunmaktadır (Pourret ve Faucon 2016).

Kobalamin, B12 vitamininin önemli bir bileşeni olduğundan farklı biyolojik reaksiyonlarda etki gösterir ve insan sağlığına faydalıdır. Fakat kobalt metaline uzun süreli aşırı maruziyet sonucunda insan ve hayvanlarda çeşitli hastalıklar oluşabilmektedir.

Kobaltın eksikliğinde ve fazlalığında çeşitli sağlık sorunları oluşabilmektedir. Bu durumlardan dolayı hem toksik metal hem de esansiyel bir element gibi iki farklı etkisi bulunmaktadır (Aydın 2023, Arıdaşır 2018). Günlük yaşamda muhtelif Co moleküllerine canlıların sık sık maruziyeti söz konusudur. Maruziyet başta ortam havasının solunması ve Co moleküllerini ihtiva eden yiyecek ve içme suyunun tüketimi durumunda ortaya çıkmaktadır. Esas maruziyet ise tıbbi, çevre ve besinler yoluyla olmaktadır (Yarım 2023).

Gıdalar değişken konsantrasyonlarda Co içermektedir. Yumurta, peynir, süt, et, balık, kümes hayvanları ve deniz ürünleri gibi hayvansal gıdalarda kobalamin (B12 vitamini) şeklinde ve bitkilerde inorganik yapıda Co bulunmaktadır. Diyetin Co içeriği bireyin beslenme alışkanlıklarına göre değişkenlik gösterebilir. Çevresel olarak sıklıkla fabrikaların olduğu lokasyonlarda ve ağır sanayileşmiş bölgelerde yaşayan insanların hava, su ve toprak kaynaklı kobalt maruziyeti ile karşılaşmaktadır (Yarım 2023). Sınır değerler net olarak belirtilmemiştir ancak kobalt toksisitesi ilgili istenmeyen etkilerin genel olarak 7 µg/L veya daha yüksek düzeylerde gerçekleştiği düşünülmektedir. Birçok çalışmada kobalta yüksek düzey maruziyetin insan vücudunda tüm sistemler üzerine olumsuz etkiler gösterdiği belirtilmiştir (Aydın 2023).

2.5.9 Nikel (Ni)

Nikel (Ni), dünyada en yüksek düzeyde yer alan 24. Elementtir ve atom numarası 28, atom ağırlığı 58.6934'tür (Cempel ve Nikel 2006, Genchi vd. 2020). Nikel, yer kabuğu kompozisyonunun neredeyse %3'üne tekabül etmektedir. Periyodik tabloda VIII B grubunda bulunan bir geçiş metalidir. Nikel ve Ni molekülleri çoğu sanayi ve ticari alanlarda tercih edilmektedir. Nikel alaşımları yüksek korozyon ve sıcaklık direnci özelliği ile özellikle paslanmaz çelik imalatında istifade edilmektedir. Ni ve nikel alaşımları metalurji, gıda ve kimya sanayisinde yaygın olarak tercih edilmektedir (Cempel ve Nikel 2006). Çizelge 2.12'de Nikel içeren gıdalar ve eşyalar gösterilmektedir.

Çizelge 2.12 Nikel içeren gıdalar ve eşyalar (Genchi vd. 2020)

Nikel İçeren Yiyecekler	Fındık, kakao ve bitter çikolata, meyveler (badem, hurma, incir, ananas, erik, ahududu), tahıllar (kepek, karabuğday, darı, tam tahıllı ekmekek, yulaf, esmer pirinç, susam, ayçiçeği çekirdeği), deniz ürünleri (karides, midye, istiridye, yengeç, somon), sebzeler (fasulye, pırasa, marul, mercimek, bezelye, ıspanak, lahana), içecek makinelerinden alınan çay, soya ve soya ürünleri, yer fıstığı, meyan kökü ve kabartma tozu
Nikel İçeren Eşyalar	Ucuz takılar, kozmetikler, anahtarlar, cep telefonları, gözlük çerçeveleri, ataçlar; ortodontik teller, paslanmaz çelik ürünler, nikel kaplı ürünler, giysi bağlantı elemanları (fermuarlar, çitçitler, kemer tokaları), elektrikli ekipmanlar, silahlar, alaşım; metalurji ve gıda işleme endüstrileri, pigmentler ve katalizörler

Nikel; bazı mikroorganizmalar, bitkiler ve hayvanlar için temel bir metal olarak kabul görse de insanlar için besinsel bir değeri olduğuna dair herhangi bir kanıt bulunmamaktadır (Genchi vd. 2020).

Herhangi bir bileşiğin toksisitesi, bileşiğin fizikokimyasal özellikleri, maruz kalma şekli ve konsantrasyonuna göre belirlenir. Akut, subkronik ve kronik nikel maruziyetinin insan ve ratlarda çeşitli sağlık problemlerini (solunum yolu, böbrek, kardiyovasküler, genotoksik ve kanser vb.) beraberinde getirebileceği bilinmektedir (Begum vd. 2022).

2.5.10 Selenyum (Se)

Doğal olarak bulunan Se elementi, kimyasal ve fiziksel özellikleri ile metaller ve non-metaller arasında değerlendirilir ve periyodik tablonun VIA grubunda bulunmaktadır (Fordyce 2012). Selenyum yer kabuğunda nadir bulunan elementlerdendir ve sık görülen elementler arasında 59. sırada yer almaktadır (Türkoğlu ve Türkoğlu 2024).

Selenyum insan vücudunda büyüme faktörü, translasyon, tümör inhibisyonu, kalıtsal sinyal iletimi, hücre devinimi, kontrollü hücre ölümü, damarların gelişimi, hücre iskeleti bileşimi ve DNA tamiri gibi süreçlere dahil olmaktadır. Dengeli bir beslenme ile normal düzeyde alımında toksik bir etki bildirilmemiştir ve yeterli selenyumun alımı da gözlenmiştir. Selenyumun günlük alımında yaş ile ilişkili değişkenlik de söz konusudur (Kocatepe vd. 2021). Elemental Se pek toksik bir bileşen değildir ve sağlıklı beslenmede önemli bir eser elementtir. Bununla birlikte hidrojen selenid ve diğer selenyum bileşikleri

son derece toksiktir ve reaksiyonlar üzerine fizyolojik etkileri ile arsenik elementine benzer özellikler gösterirler (Mukhopadhyay ve Banerjee 2012).

İnsanlar aşırı düzeyde selenyuma farklı şekillerde maruz kalabilir. Gıda, su veya yüksek konsantrasyonlarda selenyum bulunduran toprak veya hava ile temas yoluyla maruziyet söz konusu olabilmektedir. Beslenme yoluyla selenyum alımı; Se bakımından zengin gübreler tarım arazilerine uygulanması, tehlikeli atık sahalarından ve tarım arazilerinden yeraltı veya yüzey sularını kirlenmesi ile yüksek düzeyde olabilmektedir (Fordyce 2012). USDA verilerine göre çeşitli gıdaların 100 gramlarındaki Se miktarları Çizelge 2.13'de verilmiştir (Kangalgil ve Yardımcı 2017). Metal endüstrisinde çalışan kişiler, selenyum geri dönüşüm endüstrileri ve boya endüstrileri de mesleki maruziyet yaşayabilirler (Fordyce 2012).

Çizelge 2.13 Bazı gıdaların Se içerikleri (Kangalgil ve Yardımcı 2017)

Besinler	Selenyum (mg)
Brezilya cevizi (Se takviyesi yapılmış)	1,92
Midye (buharda pişmiş)	0,064
Karides (buharda pişmiş)	0,049
Somon (kuru ısıda pişmiş)	0,047
Yengeç (buharda pişmiş)	0,044
Yağsız sığır eti (ızgarada pişmiş)	0,036
Tavuk eti (fırında pişmiş)	0,03
Pişmiş esmer pirinç (uzun taneli)	0,01
Kuru ayçiçek çekirdeği	0,053
Beyaz ekmek	0,029
Yağsız süt	16,3

WHO'ya göre, insanlara özgü önerilen doz 55 µg/gün değeriyle toksisite (> 400 µg/gün) aralığı çok geniştir. Yüksek düzeyde Se alımında insanlar çeşitli hastalıklarla karşılaşabilmektedir. Sarımsak kokan nefes, dermatit, saç dökülmesi, tırnaklarda kırılma, akut solunum problemi, kalp krizi ve böbrek yetmezliği gibi durumlar insanlarda aşırı selenyum alımı belirtilerinden bazılarıdır (Kireççi 2023).

2.6 Süt ve Süt Ürünlerinde Toksik Metaller

Süt ve süt mamullerinde; sağım yapılan hayvanların maruziyeti bulaşıyla ilişkili olarak girdi ürününden ve/veya imalat ve stoklama aşamasından süt ürünleriyle temas eden makine ve araç gereç ilişkili metal kontaminasyonundan kaynaklanabilmektedir. Bakır, çinko, kalay, kurşun, arsenik, kadmiyum ve demir teknolojik süreçler esnasında ve/veya süt ve süt mamullerinin saklanması metal kaplardan veya işletme suyundan kaynaklanan metalik maruziyetteki temel potansiyel toksik metaller olduğu belirtilmiştir. Süt ve peynir benzeri asidik besinlerin üretim esnasında tercih edilen kapların yapısındaki metallerin ürüne bulaşma ihtimalinin diğer gıdalara kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Temurci ve Güner 2006).

Ankara'da satılan süt ve beyaz peynirlerle yapılan bir araştırmada toksik metal kontaminasyonuna bakılmış olup süt örneklerinde ortalama alüminyum, kadmiyum, krom, bakır, demir ve nikel değerleri süt numunelerinde sırası ile 6, 0.114, 1.016, 4.3, 52.149 ve 2.754 mg/l ve beyaz peynirlerde ise 23.276, 0.073, 2.597, 5.338, 62.567, 2.371 ppm olarak saptanmıştır. Araştırmada süt ve peynir numunelerinde Pb bulunmamış ve süt numunelerinin üçünde, peynir numunelerinin beşinde Cd tespit edilmemiştir. Peynir ve süt numuneleri kontamine metal miktarı bakımından karşılaştırma yapıldığında peynir numunelerinde Al, Cr, Cu ve Fe miktarları süt numunelerine göre daha yüksek bulunmuştur (Temurci ve Güner 2006).

Erzurum'da imal edilen süt ve süt mamullerinin mevsimlere göre metal içeriğine bakılan bir çalışmada, inek sütü örneklerinde Cu 0.079 ± 0.103 ppm, Fe 0.64 ± 3.45 mg/kg, Zn 1.406 ± 0.751 ppm, Pb 0.031 ± 0.048 ppm, Ni 0.034 ± 0.273 ppm ve Mn 0.022 ± 0.11 ppm tespit edilmiştir. Bu inek sütleri ulusal ve uluslararası değerlerle kıyaslandığında ise potansiyel toksik metal bulaşı bakımından yüksek seviyede bir kontaminasyon olmadığı tespit edilmiştir (Özturan ve Atasever 2020).

Ankara'da satılan süt ve süt ürünlerindeki metal kirliliğini inceleyen bir çalışmada büyük marketlerde satılan ambalajlı süt ve süt ürünleriyle pazarlarından ve sokak satıcılarından alınmış açıkta satışı olan süt ve süt ürünlerindeki metal varlığı incelenmiştir. Bu

çalışmada ambalajlı sütte ortalama baryum, kadmiyum, civa, antimon, selenyum, arsenik sırasıyla 8.3, 0, 1.3, 0, 0.2, 0 ve açıkta satılan sütte ortalama baryum, kadmiyum, civa, antimon, selenyum, arsenik sırasıyla 1.7, 0, 0.7, 0, 0.4, 0.5 µg/g olarak tespit edilmiştir. Ambalajlı beyaz peynirde ise ortalama baryum, kadmiyum, civa, antimon, selenyum, arsenik sırasıyla 0, 0, 1.4, 0.3, 0.2, 0 ve açıkta satılan beyaz peynirde ortalama baryum, kadmiyum, civa, antimon, selenyum, arsenik sırasıyla 2.7, 0, 8.2, 0, 0.4, 0.3 µg/g olarak tespit edilmiştir. Ambalajlı kaşarda ise ortalama Ba, Cd, Hg, Sb, Se, As sırasıyla 6.4, 0, 2.4, 0.1, 0.3, 0 ve açıkta satılan kaşarda ortalama 3.7, 0, 0.2, 0, 0.5, 0.3 µg/g olarak tespit edilmiştir. Meyveli yoğurtta ise ortalama baryum, kadmiyum, civa, antimon, selenyum ve arsenik sırasıyla 33.4, 0, 0.6, 0.1, 0.1, 0 µg/g olarak tespit edilmiştir (İstanbulluoğlu vd. 2012).

Okul öncesi ve okul çağındaki çocuklar için geliştirilerek Türkiye'de satılan bazı süt ve süt ürünlerinin Se düzeyinin araştırıldığı bir çalışmada süt, kefir, yoğurt ve süt keki numunelerinin ortalama selenyum seviyeleri sıralı şekilde 17,8±4,54; 10,7±8,77; 28,7±6,19 ve 44,9±2,97 µg/kg şeklinde tespit edilmiştir. THQ (hedef tehlike katsayısı) < 1 olduğundan süt ve süt mamulleri ilişkili selenyum bulaşı bakımından potansiyel bir sağlık riski olmadığı belirtilmiştir (Başaran 2022).

Şanlıurfa'da üretilen Urfa peynirlerinde yapılan bir çalışmada peynir numunelerindeki Ni seviyeleri minimum 0.059, maksimum 0.401, ortalama ise 0.204 ppm seviyesinde tespit edilmiştir. WHO bireyler için tolere edilebilir günlük alım dozunun kg başına 5 µg olduğunu bildirmiş olup bu miktar baz alındığında, bu çalışmada analizi yapılan peynir numunelerinin Ni seviyelerinin günlük tolere edilebilir limitini aşmadığı saptanmıştır (Kılıç Altun ve Paksoy 2020).

Zanzibar Adası'nın farklı bölgelerinden toplanan çiğ inek sütlerinde Cd, Pb ve Co seviyelerine bakılan bir çalışmada tüm bölgelerdeki ortalama Co konsantrasyonu 0.020 ±0.003 mg/L, Pb konsantrasyonu 0.263 ± 0.031 mg/L ve Cd konsantrasyonu sadece tek bir bölgede belirlenmiş olup konsantrasyonu 0.001 mg/L olarak belirlenmiştir (Ali vd. 2023).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Kefir örnekleri

Mevcut araştırmada kullanılacak inek sütünün kefir örnekleri, Ankara ilindeki marketlerde satılan farklı tipte işlem görmüş ve ambalajlı kefirlerden seçildi. Bunun için her grupta 6 numune (farklı serilerden olacak şekilde) olmak üzere 5 farklı firmanın kefirleri toplandı. Ambalajlı toplam 30 kefir numunesinin ilk önce paketleri kontrol edilerek sağlamlığı teyit edildi ve sonra satın alındı. Kefirlerin raf ömürlerine dikkat edildi. Örnekler 50 ml'lik falkon tüplerine alınarak marka bilgilerinin korunmasına dikkat edilerek kodlama sistemi ile sayılar verildi ve analizden 1 gün öncesine kadar -21 °C'de muhafaza edildi. Kefir numuneleri toplandıktan sonra bir hafta içinde analizleri tamamlandı. Ambalajlı kefir numunelerinin metal analizleri ICP-OES cihazı kullanılarak Selçuk Üniversitesi Toprak ve Bitki Beslenme Bölümü Laboratuvarında yapılmıştır.

3.1.2 Kullanılan malzemeler ve kimyasallar

- Nitrik asit (HNO₃, %65 Emsure, Merck, Münih, Almanya)
- Hidrojen peroksit (H₂O₂, %30 extrapure, Merck, Münih, Almanya)
- Steril cam pipetler
- Cam laboratuvar kabı
- Falkon tüpler
- Filtrasyon kağıtları (Whatman No. 42, 125 mm gözenekli)
- Mikrodalga yakma fırın kapları
- Distile su
- Hassas terazi
- Sertifikalı referans ürün (TomatoLeaves, NIST SRM1573a, Merck, Münih, Almanya)
- Mikrodalga Fırın (CEM Mars Xpress 5 230/60, Kaliforniya, ABD)
- İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) (Agilent 5110, Santa Klara, ABD)

3.2 Yöntem

3.2.1 Numune hazırlama

Kullanılacak malzemeler analizden önceki 1 gün süresince %65'lik HNO₃ solüsyonunda beklemeye bırakılarak olası kontaminasyon ihtimalini bertaraf etmek amacıyla kullanıma uygun şekle getirildi. Solüsyondan çıkarılan malzemeler distile suyla yıkandı (en az üç kez) ve asitten arındırıldı. Analize uygun hale getirilen örnekler firma adı olmadan sayılar verildi. Mikrodalga fırın teflon tüplerine sayılarına göre örnekler eklendi ve gün boyunca işlenen örnekler her gün bu sırayla not edildi. Analiz öncesi çözündürme için 50 ml'lik falkon tüplere alınan kefir numuneleri son 24 saat + 4°C buzdolabına alındı. Şekil 3.1 'de + 4°C buzdolabında 24 saat çözündürme işlemi gösterilmektedir.



Şekil 3.1 + 4°C buzdolabında 24 saat çözündürme işlemi

Tüm falkon tüpler numune alımı öncesi çalkalandı. Steril cam pipetlerle falkon tüplerden hassas terazi yardımıyla yaklaşık 0.5 g kefir alınarak, kefir grubuna göre teflon kaplar numaralandırıldı.

3.2.2 Mikrodalga fırın yakma

Mikrodalga yönergelerine göre yakma işlemi öncesi teflon kaplara alınan her bir kefir örneğine 5 ml %65'lik HNO₃ ve 2 ml %30'luk H₂O₂ olacak şekilde ilave yapıldı. Mikrodalga'nın (Şekil 3.2) kefir örneklerinin yakılması için uygulanan program Çizelge 3.1'de sunulmuştur.



Şekil 3.2 Mikrodalga fırın

Çizelge 3.1 Kefir numunelerin dekompozisyonu için kullanılan mikrodalga fırın programı

Aşama	Sıcaklık (°C)	Güç (W)	Süre (dakika)
1.	150	%65	10
2.	180	%75	10
3.	180	%50	10

3.2.3 Numune süzme işlemi

Mikrodalga yakma prosesinden sonra numunelerin oda ısısına gelmesi beklendi ve filtre kâğıtları yardımıyla süzüldü. Süzülmüş madde distile su ile 20 ml'ye üzerine tamamlanarak eklendi. Aynı günde çalışılmış numunelere özel, içinde kefir örneği var olmayan bir tane blank (kör) (1 ml deiyonize su+6 ml HNO₃ +3 ml H₂O₂) hazır edildi ve birebir aynı işlemler kör örneğe de yapıldı (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Numune süzme işlemi

3.2.4 ICP-OES Cihazı ile okuma ve değerlendirme

Analizler ABD evre Koruma rgütü'nün tavsiye ettiği tekniğe uygun gerçekleştirilmiştir (Anonymous 1998). Bunun için Selçuk Üniversitesi Toprak ve Bitki Beslenme Bölümü Laboratuvarı'ndaki Agilent 5110 ICP-OES cihazı (şekil 3.4) ile çalışılmıştır.

Analizlerden evvel doğru çalışma parametreleri ortaya konmuş ve daha öncesinde düzenlenmiş kalibrasyon standart serileri ile kalibrasyonlar gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon uygulanırken blank örnek ilk olarak cihaza okutuldu ve ardından minimum konsantrasyondan başlandı ve sıralı olarak maksimum konsantrasyona doğru standartlar okutuldu ve o konsantrasyona denk gelen emisyon şiddeti çerçevesinde kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Mikrodalga prosesi sonrası örnekler otomatik örnekleyiciye konuldu ve tüm enjeksiyonların ardından yıkama zeltisiyle kendi kendine temizlemesi ayarlandı ve bir önceki örnekten ya da standarttan kontaminasyon riskine karşı önlem alındı.

Her on okumanın ardından kalibrasyon performansı değerlendirilmiştir. Erişilen rnek konsantrasyonları, cihaz vasıtasıyla örnek emisyonlarından blank emisyonları dşlp kalibrasyon eğrisi bazında incelenip, seyreltme faktörü ile çarpılarak hesaplanmıştır. Cihaz alışma parametreleri izelge 3.2'de verilmiştir.

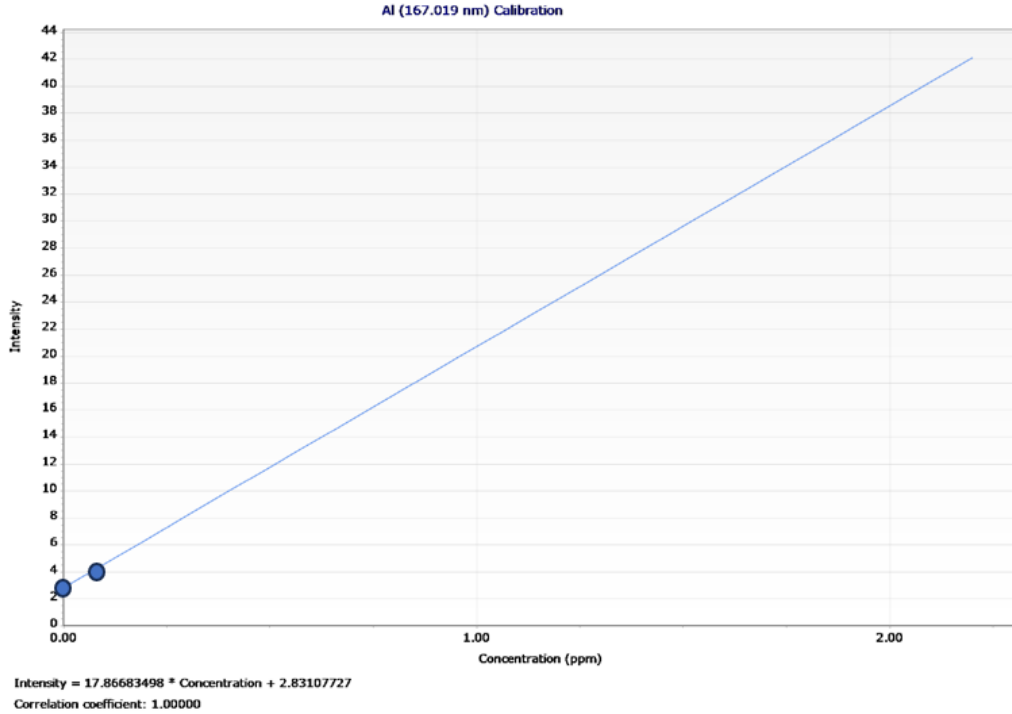


şekil 3.4 Agilent 5110 ICP-OES

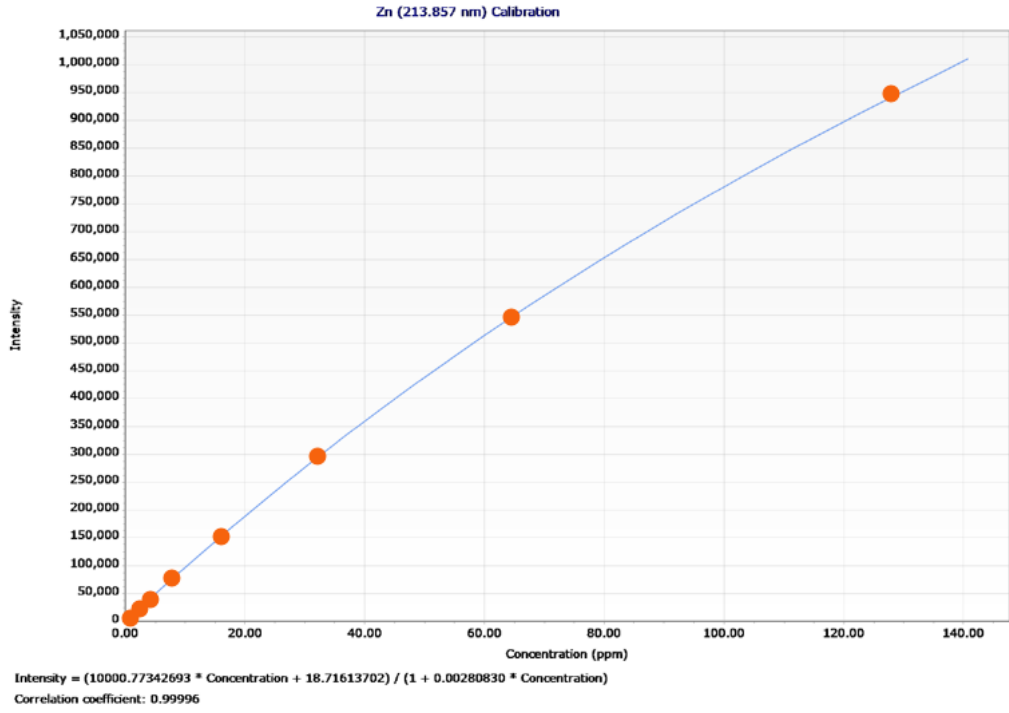
Çizelge 3.2 Agilent 5100 ICP-OES çalışma parametreleri

Parametre	Ayarlar
RF gücü (kW)	1,20
Yardımcı gaz akışı (L/dk)	1,00
Plazma gaz akışı (L/dk)	12,0
Nebulizatör akışı (L/dk)	0,70
Ar/O ₂ eklemesi	Yok
Pompa hızı (rpm)	12
Numune alım gecikmesi (sn)	25 (Hızlı pompa açıkken)
Durulama süresi (sn)	30 (Hızlı pompa açıkken)
Stabilizasyon süresi (sn)	15
Okuma süresi (sn)	20
Tekrar sayısı	3
Görüntüleme modu	Aksiyel
Numune pompası tüpü	Siyah/Siyah
Atık pompası tüpü	Mavi/Mavi
Arka plan düzeltmesi	Uygulandı (Fitted)

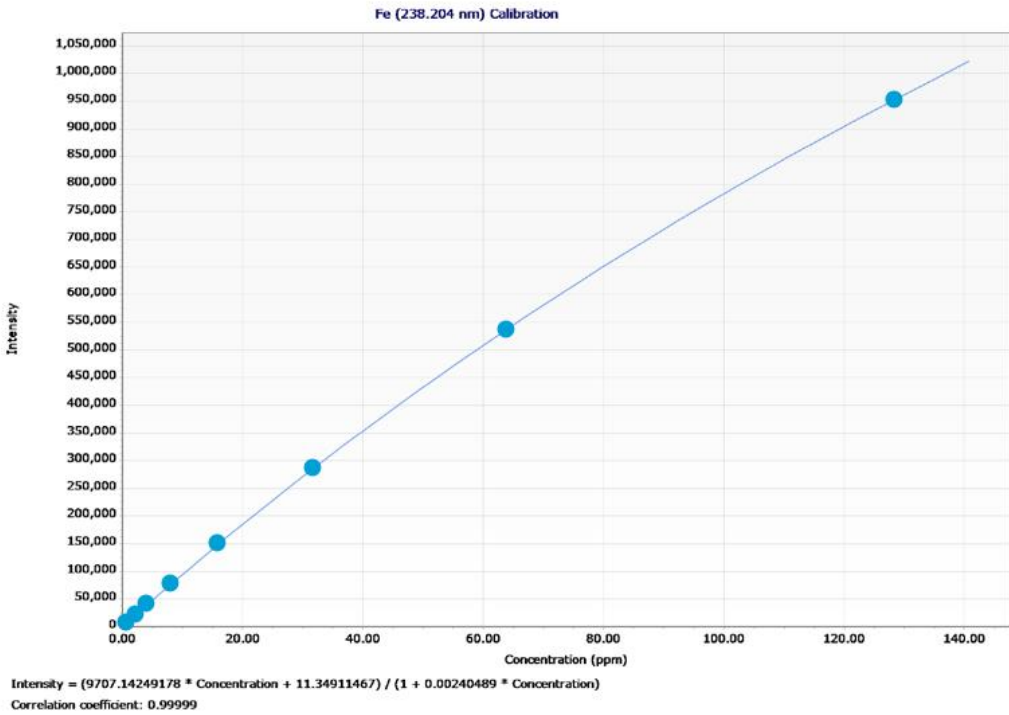
Toplanan kefir örneklerinde, potansiyel toksik element analizleri ile düzeyleri ICP-OES (Agilent Technologies – 5110) yardımıyla saptanmıştır. Çıktılar ppm cinsinden yorumlanmıştır. Her bir elemente ait doğrusallık (linearity) için çizilen grafikler Şekil 3.5- Şekil 3.14'te gösterilmiştir.



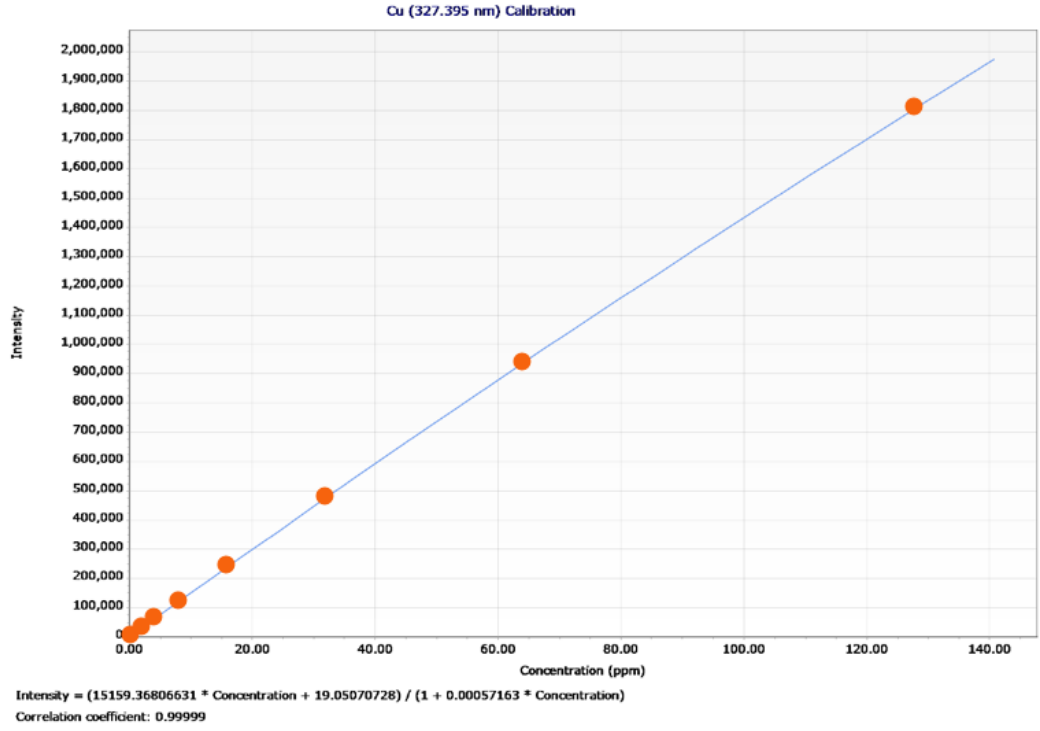
Şekil 3.5 Alüminyum doğrusallık grafiği



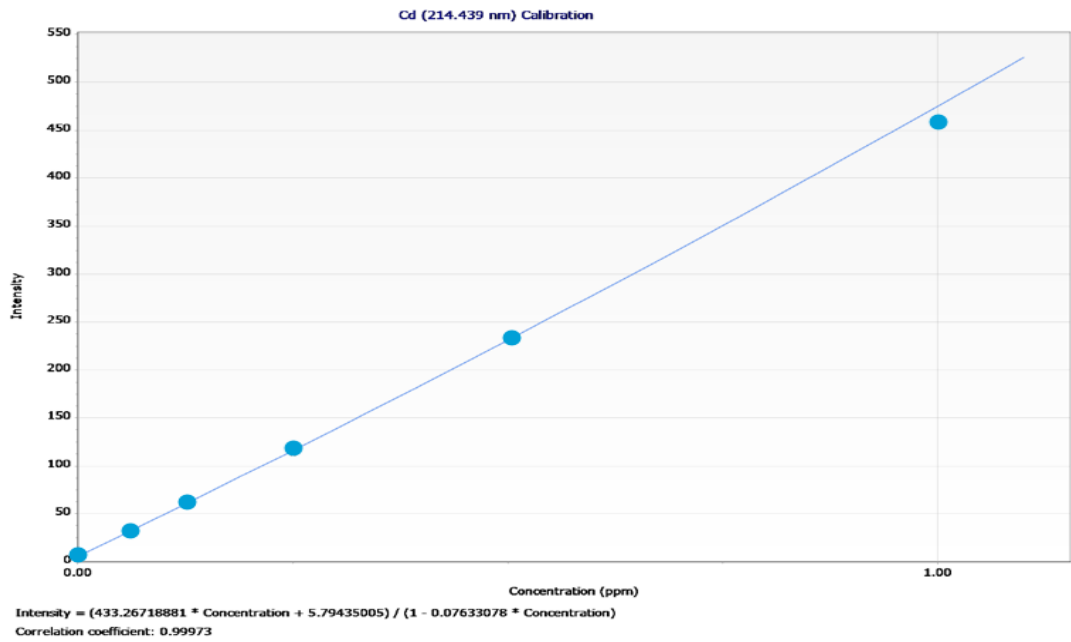
Şekil 3.6 Çinko doğrusallık grafiği



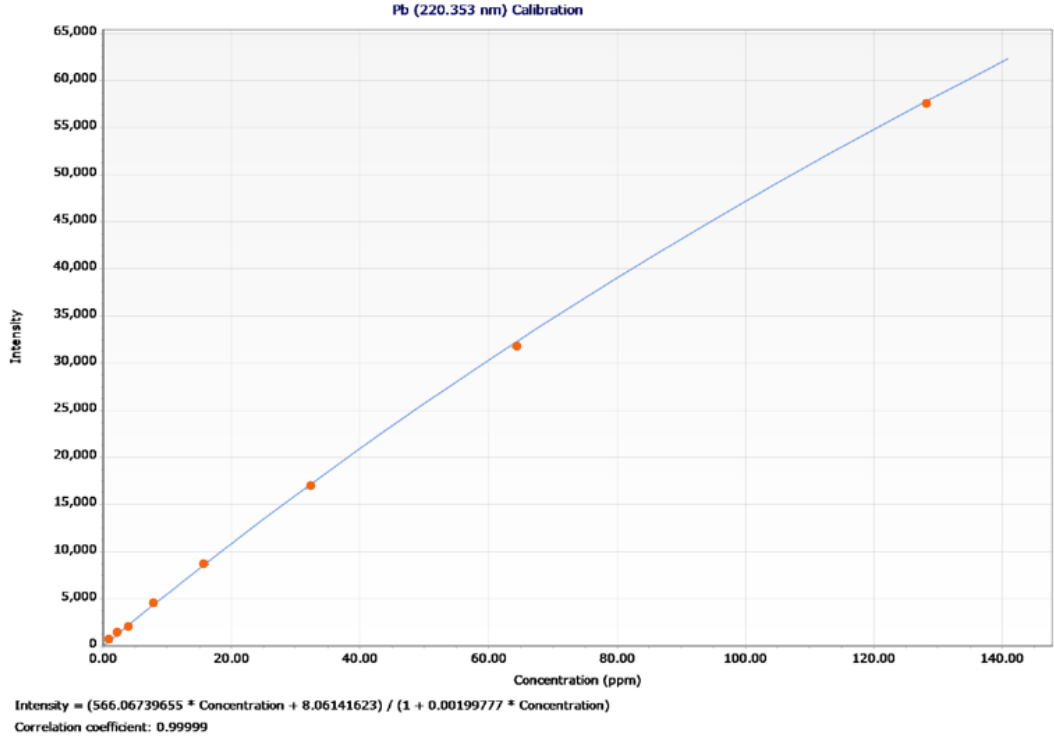
Şekil 3.7 Demir doğrusallık grafiği



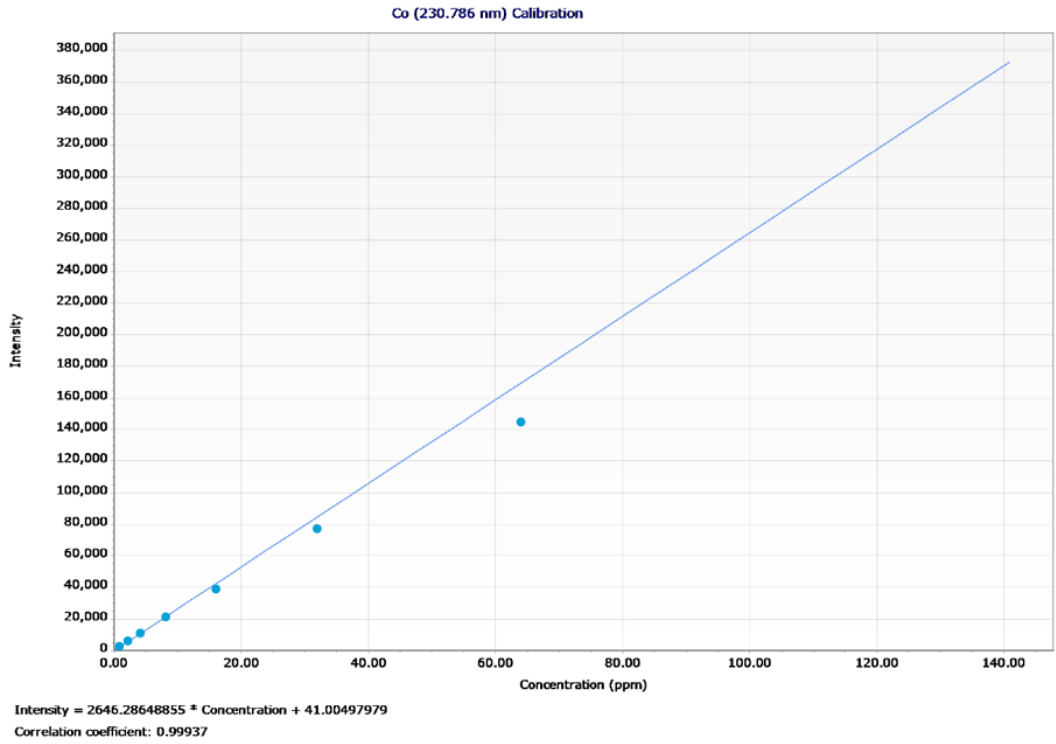
Şekil 3.8 Bakır doğrusallık grafiği



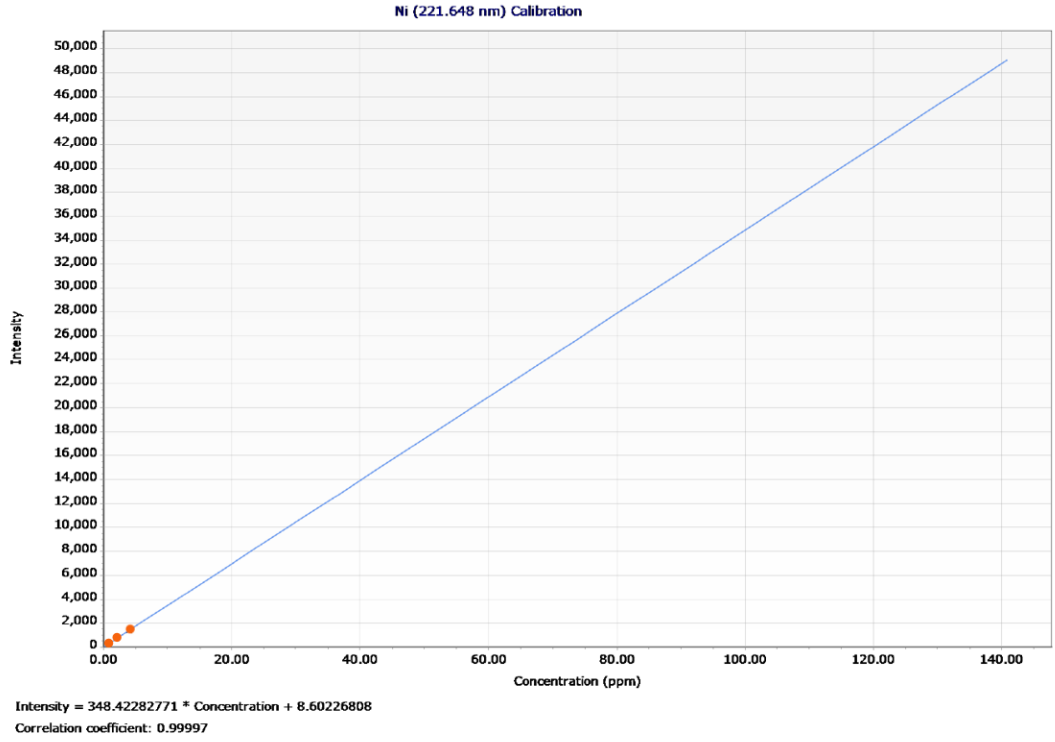
Şekil 3.9 Kadmiyum doğrusallık grafiği



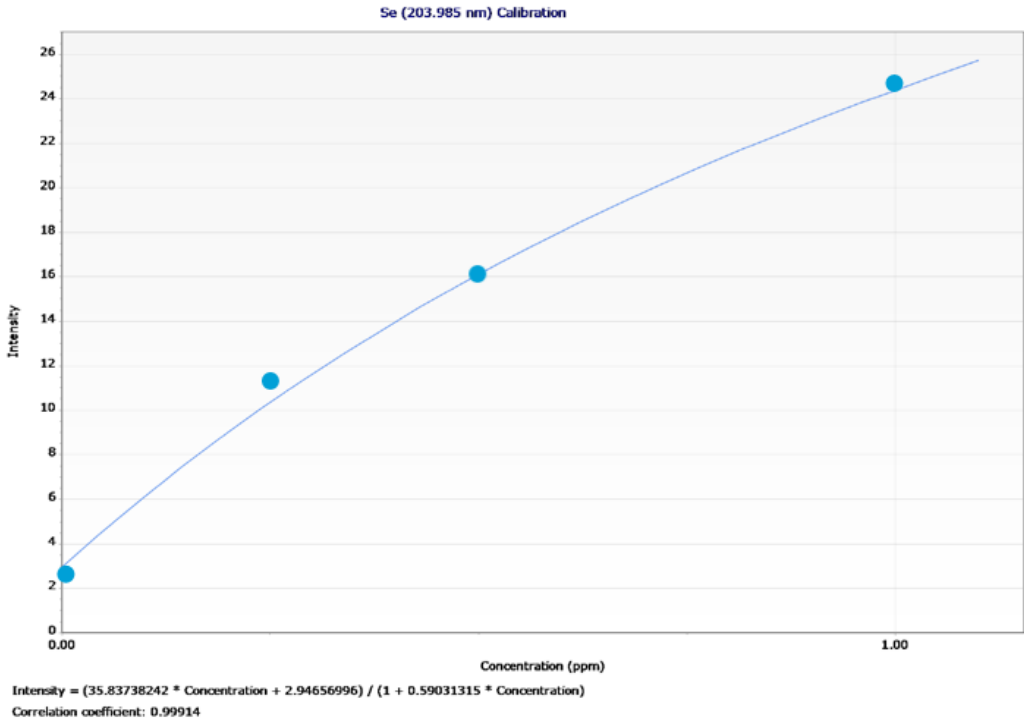
Şekil 3.10 Kurşun doğrusallık grafiği



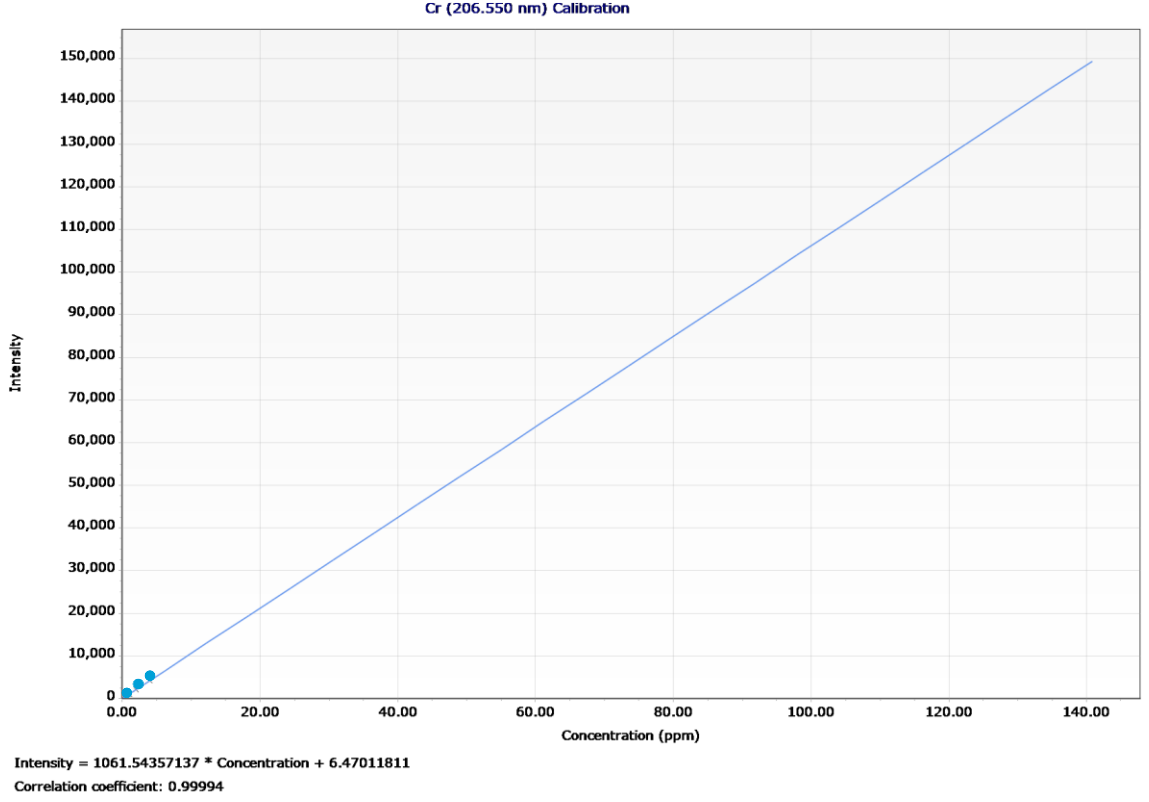
Şekil 3.11 Kobalt doğrusallık grafiği



Şekil 3.12 Nikel doğrusallık grafiği



Şekil 3.13 Selenyum doğrusallık grafiği



Şekil 3.14 Krom doğrusallık grafiği

3.2.5 Yöntemin validasyonu

Alüminyum, kadmiyum, kobalt, krom, nikel, kurşun, selenyum, bakır, demir ve çinko için yöntemin doğruluğu teyit etmek amacıyla sertifikalı referans materyal (Tomato Leaves, NIST SRM1573a) kullanıldı. Bu materyal mikrodalga yakma yöntemi kullanılarak 3 kez analizi gerçekleştirildi.

Bütün ölçümlerde kapsamlı kantitatif mod analizi kullanıldı. Bütün kalibrasyon eğrilerinin korelasyon katsayısı saptanmıştır. Bunun yanısıra bütün metallerin standart çalışma çözeltileriyle çizilmiş kalibrasyon eğrilerinden tüm elementlerin tespit limiti (detection limit-DL) tanımlanmıştır. Tespit limiti Al, Cd, Co ve Cr için 2.3 ppb, Ni için 1.9 ppb, Pb için 2.5 ppb, Se için 0.8 ppb, Cu için 4.3 ppb, Fe için 3.1 ppb ve Zn için 1.7 ppb şeklinde tespit edilmiştir.

3.2.6 İstatistik

Kefir örneklerinden erişilen datalar SPSS 22.0 paket programıyla istatistiksel açıdan değerlendirildi. Elde edilen çıktılar ortalama ve standart sapma olarak verildi. Farklılıkların eşitliğini yorumlamak amacıyla Levene testi yapıldı. Ardından, gruplar arasındaki farklılıkların tespiti için Student-t testi gerçekleştirildi. Tespit limitinin altında olan elementler için tespit limitinin yarısı ($0.5 \times DL$) değer şeklinde kullanıldı.

4. BULGULAR

ICP-OES'de kullanılan dalga boyları, korelasyon katsayıları ve hesaplanan tespit limitleri (DL) Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1 ICP-OES'de kullanılan dalga boyları, korelasyon katsayıları ve hesaplanan tespit limitleri

Element	Dalga boyu (nm)	Korelasyon katsayısı	Tespit Limiti ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Alüminyum	167.019	1.00000	2.3
Kadmiyum	214.439	0.99973	2.3
Kobalt	230.786	0.99973	2.3
Krom	206.550	0.99994	2.3
Nikel	221.648	0.99997	1.9
Kurşun	220.353	0.99999	2.5
Selenyum	203.985	0.99914	0.8
Bakır	327.395	0.99999	4.3
Demir	238.204	0.99999	3.1
Çinko	213.857	0.99996	1.7

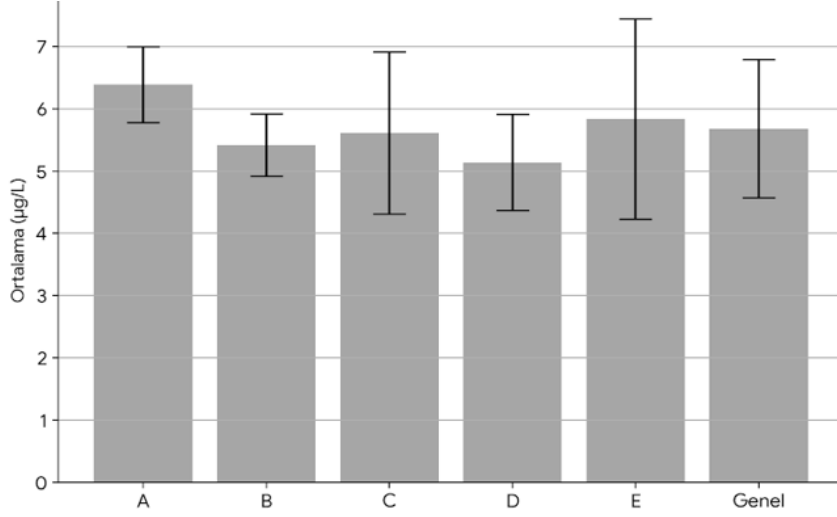
Beş farklı markaya ait kefir örneklerinde bazı metal ve elementlerin düzeyleri belirlenmiş olup, bu değerlere ilişkin sonuçlar Çizelge 4.2'de sunulmuştur. Alüminyum, kadmiyum, kurşun ve bakır elementlerinin tüm örneklerde tespit limitinin (DL) altında olduğu belirlenmiş, bu elementler için istatistiksel analiz yapılmamıştır. Çeşitli harflerle sunulan gruplar arasında $P < 0,05$ düzeyinde anlamlı farklılık varlığı saptanmıştır.

Çizelge 4.2 Değişik firmalardan alınan kefir örneklerinde tespit edilen elementlerin ortalaması ($\mu\text{g/L}$)

Element	A	B	C	D	E	Genel
Alüminyum	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL
Kadmiyum	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL
Kobalt	6.39±0.61	5.42±0.50	5.61±1.30	5.14±0.77	5.84±1.61	5.68±1.11
Krom	4.89±0.45	4.05±0.36	4.30±0.73	4.09±0.55	4.90±1.43	4.45±0.87
Nikel	2.79±0.44 ^a	2.85±0.44 ^a	1.97±0.68 ^b	1.99±0.69 ^b	2.48±1.13 ^a	2.43±0.80 ^a
Kurşun	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL
Selenyum	6.85±0.67 ^b	5.88±0.79 ^c	6.33±1.06 ^{bc}	6.59±0.69 ^b	7.78±2.24 ^a	6.69±1.37 ^b
Bakır	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL
Demir	14.09±4.51 ^c	20.93±4.96 ^b	19.95±10.72 ^b	26.04±7.85 ^a	15.31±10.43 ^c	19.26±9.03 ^b
Çinko	21.69±3.17 ^a	16.82±2.26 ^{bc}	17.62±4.10 ^b	15.83±3.82 ^c	18.62±3.78 ^b	18.11±3.96 ^b

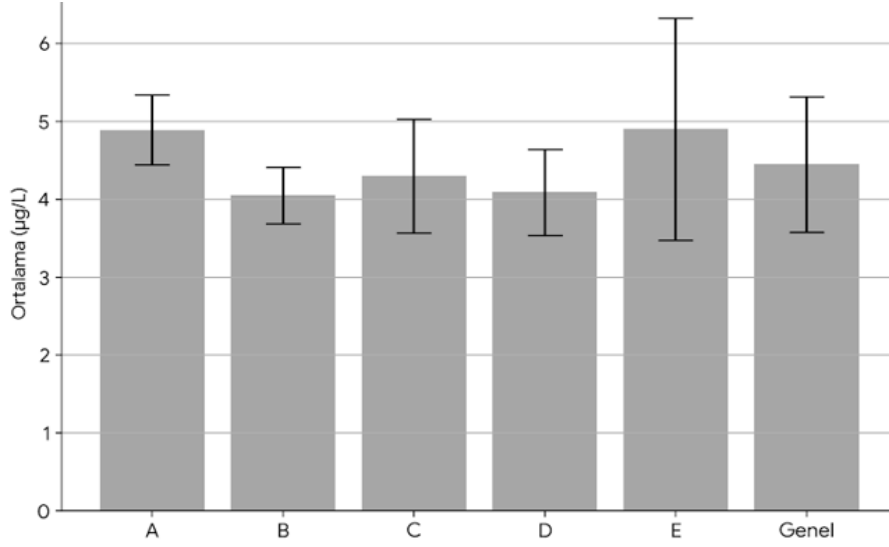
a,b,c; Aynı satırda farklı harfle belirtilen gruplar arasındaki fark anlamlıdır ($P < 0,05$).
<DL: Ölçüm sınırının altında.

Kobalt düzeyleri örnekler arasında benzer olup firmalar arasında istatistiksel bakımdan anlamlı bir fark tespit edilememiştir ($P>0.05$). Kobalt ortalaması tüm kefir örnekleri için $5.68 \pm 1.11 \mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiştir. Şekil 4.1'de Kefir örneklerindeki kobalt elementinin firma bazında dağılımı gösterilmektedir.



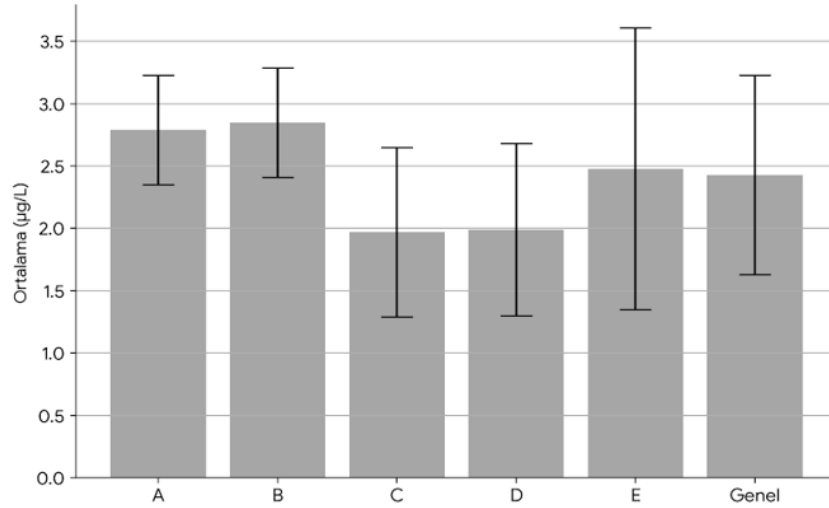
Şekil 4.1 Kefir örneklerindeki kobalt elementinin firma bazında dağılımı

Krom içerikleri incelendiğinde, değerlerin $4.05 \pm 0.36 \mu\text{g/L}$ ile $4.90 \pm 1.43 \mu\text{g/L}$ arasında değiştiği gözlemlenmektedir. Fakat markalar arasında istatistiksel bakımdan önemli bir fark bulunmamaktadır ($P>0.05$). Tüm örneklerdeki ortalama krom düzeyi $4.45 \pm 0.87 \mu\text{g/L}$ olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, farklı markalara ait kefirlerde krom içeriğinin benzer seviyelerde olduğunu göstermektedir (Şekil 4.2).



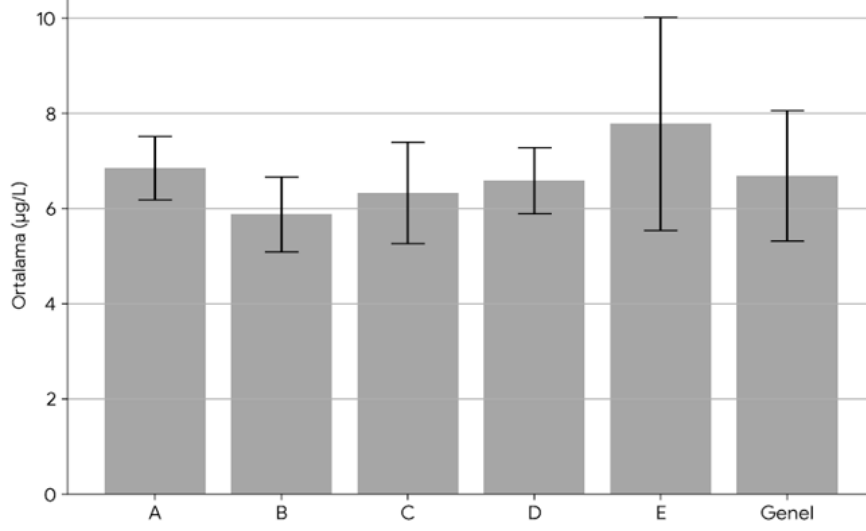
Şekil 4.2 Kefir örneklerindeki krom elementinin firma bazında dağılımı

Nikel düzeyleri açısından ise markalar arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar ortaya konmuştur ($P < 0.05$). A, B ile E markaları daha yüksek nikel değerlerine sahipken, C ve D markaları anlamlı şekilde daha düşük düzeylerde bulunmuştur. Ortalama nikel değeri $2.43 \pm 0.80 \mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 4.3).



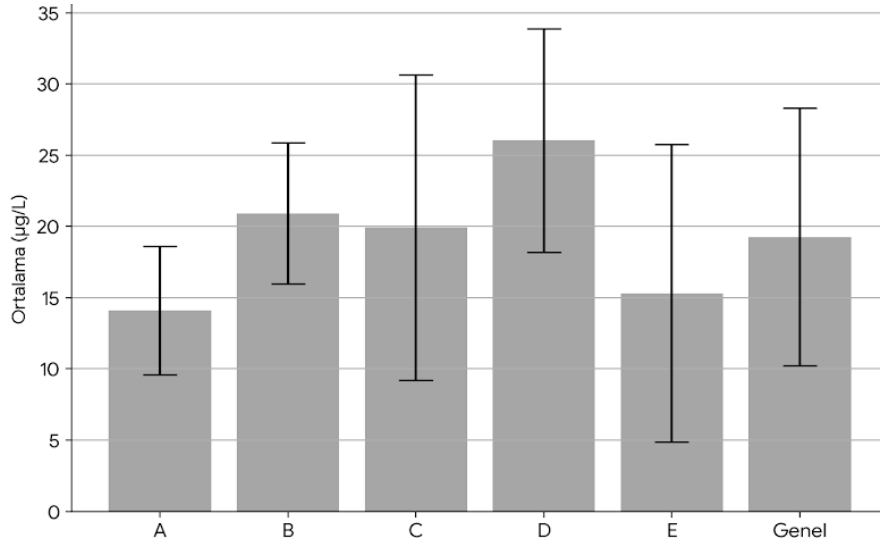
Şekil 4.3 Kefir örneklerindeki nikel elementinin firma bazında dağılımı

Selenyum içerikleri arasında da anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P < 0.05$). En yüksek selenyum düzeyi E markasında ($7.78 \pm 2.24 \mu\text{g/L}$) ve en düşük ise B markasında ($5.88 \pm 0.79 \mu\text{g/L}$) bulunmuştur (Şekil 4.4).



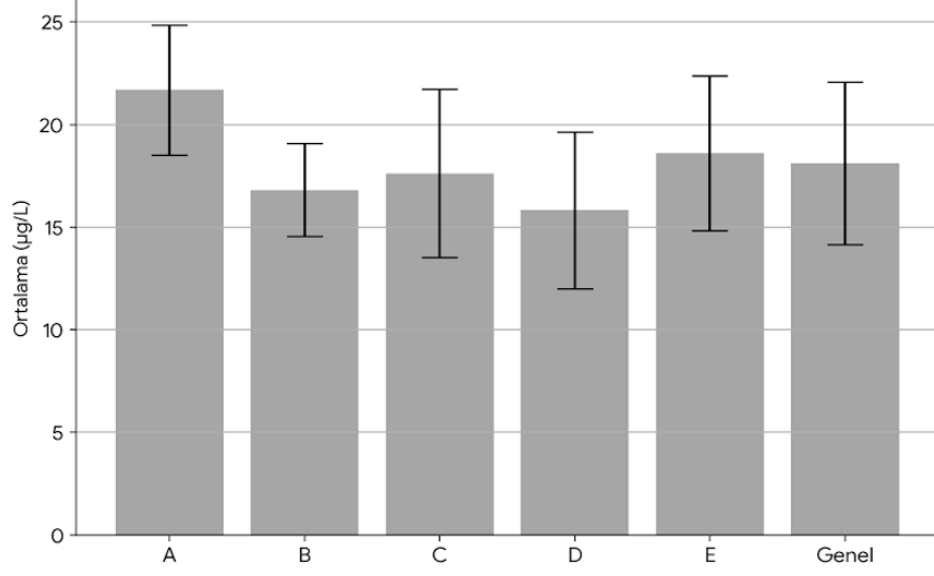
Şekil 4.4 Kefir örneklerindeki selenyum elementinin firma bazında dağılımı

Demir düzeyleri yönünden firmalar arasında anlamlı bir fark belirlenmiştir ($P<0.05$). Maksimum Fe miktarı D markasında ($26.04 \pm 7.85 \mu\text{g/L}$), minimum miktar ise A ve E markalarında bulunmuştur. Tüm örnekler için ortalama demir düzeyi $19.26 \pm 9.03 \mu\text{g/L}$ 'dir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Kefir örneklerindeki demir elementinin firma bazında dağılımı

Çinko düzeyleri de markalar arasında önemli bir fark saptanmıştır ($P<0.05$). A markası maksimum Zn düzeyine ($21.69 \pm 3.17 \mu\text{g/L}$), D markası ise en düşük değere ($15.83 \pm 3.82 \mu\text{g/L}$) sahiptir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Kefir örneklerindeki çinko elementinin firma bazında dağılımı

5. TARTIŞMA

Bu çalışma ile Ankara ilinde tüketime sunulan beş farklı kefir markasından alınan örneklerde alüminyum, bakır, demir, krom, kobalt, nikel, çinko, kadmiyum, kurşun ve selenyum metallerinin varlığının tespit edilmesi amacıyla potansiyel toksik element varlığı ICP-OES cihazı ile analiz edildi. Son dönemde yoğun ilgi gören ve tüketilen beş farklı firmaya ait kefirlerde bulunan metal varlıkları belirlendi ve karşılaştırıldı.

Araştırmada analizi gerçekleştirilen elementlerden Dünya Sağlık Örgütü'ne göre çinko, selenyum, bakır, demir, krom ve kobalt esansiyel, nikel olası esansiyel, kurşun, kadmiyum ve alüminyum ise bazı olası etkileriyle potansiyel toksik olabilecek elementler grubunda sınıflandırılmaktadır (Anonymous 1996).

Alüminyum insan ve hayvan organizmasında herhangi bir işlevi olmayan toksik bir metaldir. Al'un toksisitesi maruz kalma yoluna ve alüminyum bileşiklerinin çözünürlüğüne bağlıdır. Alüminyum vücutta beyin, iskelet, böbrek ve karaciğer gibi dokularda birikme eğilimindedir. Düşük seviye uzun süreli alüminyum maruziyeti toksik etkilere yol açabilmektedir. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından edinilen bilgilere göre Avrupa popülasyonunun alüminyum maruziyeti günde 28,6-214 µg/kg vücut ağırlığı olarak belirlenmiştir. Buna ek olarak farklı otoriteler de farklı limitler belirlemiştir. EFSA, Al için Tolere edilebilir haftalık alım miktarı (TWI)'nı vücut ağırlığının kg başına 1 mg olarak belirtmiştir. FAO/WHO Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi ise Al biyoyararlanımını değerlendirmiş ve Geçici tolere edilebilir haftalık alım miktarı (PTWI)'nı 2 mg/kg vücut ağırlığı yani EFSA'nın belirlediği değerin 2 katı olarak sonuca varmıştır (Harddison vd. 2017).

İnsanlar, başta gıdalar olmak üzere su, havadaki toz ve ilaçlardan alüminyuma sıklıkla maruz kalmaktadır. Mısır'da yürütülen bir çalışmada yerel marketlerden alınan bazı süt ve süt ürünlerinde alüminyum, kurşun, kadmiyum, nikel ve krom varlığı araştırılmıştır. Bu çalışmada alüminyumun çiğ inek sütü, çiğ manda sütü ve yoğunlaştırılmış süt örneklerinde tavsiye edilen izin verilen sınırı (0.5 ppm) aşmadığı ve sadece bebek mamasından bir örnek (%6,66) ve süt tozundan bir örnekte (%6,66) izin verilen sınırı (0,5

ppm) aşan varlığı tespit edilmiştir ve insanlar için alüminyumun ana kaynağının gıdalar olduğu bildirilmiştir (Saleh vd 2019).

Konya’da yürütülen süt ve süt mamullerinin potansiyel toksik element içeriklerinin belirlendiği bir araştırmada, 12 çeşit süt ve süt ürünü numunesinin her birinden 8 numune alınarak toplam 96 numunede alüminyum, arsenik, kurşun, selenyum ve kadmiyum gibi metal düzeyleri ICP-AES cihazı ile analizi yapılmıştır. Maksimum alüminyum düzeyi süzme yoğurtta ortalama olarak 8,78 mg/kg dondurmada ise minimum 2,85 mg/kg konsantrasyonda tespit edilmiştir. Peynir çeşitlerinde ise maksimum alüminyum içeriği tulum peynirinde, minimum alüminyum değeri ise lor ve beyaz peynirde belirlenmiştir. Sonuçlar istatistiksel bakımdan anlamlı olup ($P<0.01$) saptanan tüm alüminyum miktarları, Türk Gıda kodeksinde süt ve süt ürünlerinde belirlenen maksimum sınırların altında bulunmuştur (Ayar vd. 2007).

Bu çalışmada farklı firmalardan temin edilen kefir örneklerinde alüminyum düzeyleri ölçülmüş ancak tüm örneklerde tespit limitinin altında ($<DL$) bulunmuştur. Bu sonuç, alüminyumun kefir üretiminde kullanılan hammaddeler ve üretim sürecinden kaynaklı tespit edilemeyecek düzeyde düşük bir kontaminasyon varlığı ya da hiç kontaminasyon olmadığını düşündürmektedir.

EFSA, en önemli kadmiyum kaynaklarından biri olarak beslenmeyi belirlemiştir. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) ve FAO/WHO uzmanlar komitesi hem yetişkinler hem de çocuklar gibi duyarlılığı yüksek gruplar için kadmiyumun güvenli alımına yönelik standartlar ve kılavuzlar yayınlamıştır. Günlük Cd alımı 0.007 ila 3 mg arasında değişebilirken, bu elementin toksik dozu 3 ila 330 mg ve öldürücü dozu 1.5 ila 9 g arasında değişmektedir. FAO/WHO tavsiyelerine göre, bir yetişkin tarafından tolere edilebilir Cd tüketimi yaklaşık 0,4-0,5 mg/haftadır ve kabul edilebilir doz günde 60-70 µg'dır [33]. Ortalama bir insanda (yaklaşık 70 kg vücut ağırlığı) elementin tahmini toplam miktarı yaklaşık 50 mg'dır ve yaşla birlikte bu miktar artabilmektedir (Charkiewicz 2023).

İstanbul’da, süper marketlerde satışa sunulan 21 farklı süt örneğindeki eser ve toksik eser elementlerin belirlendiği bir çalışmada 19 elementin konsantrasyonları Li, Mn, Co, Bi,

Hg, As, Mo, Cd, Ni, Cu Sb, Ba, Pb, Be, Cr, Tl, Se, Sr ve U süt örneklerinde ICP-MS vasıtasıyla tespit edilmiştir. Tüm eser elementler referans alım seviyelerinin altında bulunmuştur. Örneklerdeki toksik element seviyeleri arasında geniş bir varyasyon bulunmasına rağmen, konsantrasyonlardan hiğbirinin sağlığı tehdit edici bir seviyeye ulaşmadığı bildirilmiştir (Sarıbal 2019).

Aydın il ve ilėelerinden alınan 203 adet süt rneğinde ICP-OES ile demir, kurşun, kadmiyum, bakır, çinko ve mangan analizleri gerçekleştirilmiş, maksimum çinko ortalaması 1468.39 µg/L ile Yenipazar'da, maksimum demir ortalaması 1704.80 µg/L değeriyle Bozdoğan'da, minimum mangan ortalaması 5.08 µg/L ile Aydın merkez ilėede bulunmuştur. Tüm bölgelerin süt numunelerinde, bakır, kadmiyum ve kurşun düzeyleri tespit edilebilir sınırların altında bulunmuştur. Erişilen sonuçlar, kaynak verileri ve FAO/WHO'nun tolere edilebilir limitleri ile değerlendirildiğinde Aydın merkez ve ilėelerde imal edilen sütlerde insan sağlığı bakımından risk teşkil eden toksik metal bulaşı olmadığı belirlenmiştir (İnci vd 2017).

Bu çalışmada farklı firmalardan temin edilen kefir örneklerinde kadmiyum düzeyleri ölçülmüş ancak tüm örneklerde tespit limitinin altında (<DL) bulunmuştur. Bu sonuç, kadmiyumun kefir üretiminde kullanılan hammaddeler ve üretim sürecinden kaynaklı tespit edilemeyecek düzeyde düşük bir kontaminasyon varlığı ya da hiç kontaminasyon olmadığını düşündürmektedir.

Sağlıklı beslenmede kobaltın kayda değer bir yeri vardır. Kobalt, B12 vitamininin merkez temel unsurudur ve kayda geçen en işlevsel biyolojik katalizördür. Günlük kobalt gereksinimi yaklaşık 5 µg'dır. Kobalt eksikliğinde bireylerin anemiyle karşılaşma riski artar (Boğa 2007). İz element özelliğinin yanında toksik etkiye de sahip olduğundan, yüksek düzeyde kobalt alımı ya da yığılımlı nedeniyle birçok organ sistemlerine tesir ederek sistemik toksisiteye neden olabilmektedir. Sınır düzeyleri tam anlamıyla netleşmemiş olsa da Co toksisitesiyle ilişkili yan etkilerin genel olarak 7 µg/L veya bu değerin üzerindeki miktarlarda gerçekleştiği düşünülmektedir (Aydın 2023).

ICP-OES analizi sonucu bu çalışmada ortalama Co elementi A marka kefirde 6.39 ± 0.61 $\mu\text{g/L}$, B marka kefirde 5.42 ± 0.50 $\mu\text{g/L}$, C marka kefirde 5.61 ± 1.30 $\mu\text{g/L}$, D marka kefirde 5.14 ± 0.77 $\mu\text{g/L}$ ve E marka kefirde ise 5.84 ± 1.61 $\mu\text{g/L}$ olarak bulunmuştur ve Co elementi ortalaması tüm kefir örnekleri için 5.68 ± 1.11 $\mu\text{g/L}$ olarak hesaplanmıştır. Kobalt düzeyleri örnekler arasında benzer değerler gösterse de gruplar içinde istatistiksel bakımdan kayda değer bir fark belirlenmemiştir ($P > 0.05$). TBSA-2019 verilerine göre 15 yaş ve üstü bireylerde kefirin de içinde değerlendirildiği probiyotik süt ve süt ürünlerini her gün tüketenlerin sıklığı % 0.7 olarak tespit edilmiştir (Anonim 2019). TÜBER- 2022' ye göre tüm yaş gruplarının süt ve süt ürünlerini her gün tüketmesi ve yetişkinler için günde 3 porsiyon (1 porsiyon ~ 240 ml); 2 yaş üzeri çocuklar ve adölesan dönem, gebelik, laktasyon ve menapoz sonrası dönem için ise günde 2-4 porsiyon süt ve süt ürünleri tüketimi önerileri göz önüne alınarak (Anonim 2022b) yetişkin bireylerde önerilen süt ve süt ürünleri önerilerinin tamamını kefir ile karşılayan bireylerde dahi Co ilişkili yan etkilerin görülebileceği 7 $\mu\text{g/L}$ dozu kefir kaynaklı aşmayacakları ancak günlük Co gereksinimine bu beş marka inek sütü kefirinin önemli bir katkıda bulunabilecek bir besin olduğu görülmektedir. Günlük 2-4 porsiyon süt ürünü tüketilmesi gereken yaş ve sağlık gruplarında kefir tüketimine dikkatli olunması gerekliliği vurgulanıp TBSA-2019 verilerine göre de tüm probiyotik süt ürünleri (kefir sadece bunların için bir seçenek olarak belirtilmiş) tüketim sıklığı göz önünde bulundurulduğunda bu tüketimle Co aşırı alımının bu beş marka kefirin dengeli tüketimi ile mümkün olmadığı tespit edilmiştir.

Bağırsak mikrobiyotasının insan sağlığı ve çeşitli hastalıkların etiyolojisindeki önemli rolü göz önüne alındığında, kefirde bulunan biyoaktif bileşiklerin bağırsak mikrobiyotası üzerindeki düzenleyici etkisini ve optimal sağlığı destekleme potansiyelini aydınlatmayı amaçlayan, deneysel hayvan modellerini içeren toplam 33 araştırmayı kapsayan kapsamlı bir sentez gerçekleştiren bir derlemede sırasıyla ortalama bir kefirin içerdiği vitaminler ve elementler belirtilmiştir ; Askorbik asit , retinol , filokinon , B1, B2, B5 ve B9 gibi yüksek konsantrasyonlarda temel vitaminler (>%20) içerir; valin, treonin, alanin, lizin, izolösin, metionin, serin, fenilalanin ve triptofan gibi temel protein yapıtaşları (70-376 mg/100 g); potasyum (%1,65), kalsiyum (%0,86), fosfor (%1,45) ve magnezyum

(%0,30); ve sırasıyla çinko (92,7 ppm), bakır (7,32 ppm), demir (20,3 ppm), manganez (13 ppm), kobalt (0,16 ppm) ve molibden (0,33 ppm) (Apalowo vd. 2024).

Tanzanya’da yapılan bir çalışmada Zanzibar Adası'nın farklı bölgelerinden toplanan çiğ inek sütlerindeki kadmiyum (Cd), kobalt (Co) ve kurşun (Pb) seviyeleri matristeki metallerin kantitatif tayini için Termo Scientific-Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre ile analiz edilmiştir. Bu çalışmada Co konsantrasyonu Mwanakwerekwe'de (MK1 ve MK2) ND Mshelishelini (MS5) ve Fuoni (F5) bölgelerinde maksimum 0,004 mg/L'ye kadar değişmekte olup tüm sahalar için ortalama konsantrasyon $0,020 \pm 0,003$ mg/L'dir. Pb konsantrasyonu Fuoni (F7) ve Mwanakwerekwe (MK1) bölgelerinde sırasıyla 0,05-0,51 mg/L arasında değişmekte olup tüm bölgeler için ortalama konsantrasyon $0,263 \pm 0,031$ mg/L olarak belirtilmiştir. Ancak, Cd sadece Fuoni'de (F3) toplanan bir numunede 0,001 mg/L konsantrasyonda tespit edilmiştir. Aynı çalışmada M/kwerekwe'deki çiğ inek sütü örneğinde Co'nun ortalama konsantrasyon değeri $0,015 \pm 0,007$ mg/L ve konsantrasyon aralığı ND - 0,02 mg/L iken, Magogoni için ortalama miktar $0,015 \pm 0,006$ mg/L ve miktar aralığı (0,0009 - 0,02) mg/L olarak belirtilmiştir. Ayrıca, Kwamchina'nın ortalama konsantrasyon değeri $0,020 \pm 0,010$ mg/L olup konsantrasyon aralığı 0,01 – 0,03 mg/L'dir. Mshelishelini'nin konsantrasyonu 0,01 - 0,04 mg/L aralığında olup ortalaması $0,022 \pm 0,013$ mg/L iken Fuoni'deki ortalama konsantrasyon $0,029 \pm 0,007$ mg/L olup aralık 0,02 - 0,04 mg/L olduğu bulunmuş ve bu çalışmada tespit edilen tüm Co seviyeleri, önerilen maksimum sınır olan 0,1 mg/L'nin altında olduğu belirtilmiştir. Bu da örneklenen bölgelerde bulunan sütün tüketiciler için güvenli olduğunu göstermektedir. Fuoni'deki Co konsantrasyonu diğer bölgelere kıyasla nispeten daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sahalar arasındaki karşılaştırma, bulgular ortalama Kobalt konsantrasyonunun Fuoni'de ($P < 0,05$) diğer sahalarla önemli düzeyde farklı olduğunu göstermektedir. Bu durum, bu bölgedeki ineklerin kapalı alanlarda, diğerlerinin ise çöplüklerin yakınında rastgele beslenmesinden kaynaklanıyor olabileceği şeklinde bu çalışmada bildirilmiştir. Sonuçlar inek sütünün toksik metallere, özellikle de WHO'nün izin verdiği maksimum seviye olan 0.02 mg/L'yi aşan Pb ile kontamine olduğunu ortaya koymuştur (Ali vd 2023).

Bir çalışmada toplam sekiz örnek (4 sade yoğurt ve 4 meyveli yoğurt) doğrudan Mart-Eylül 2019 tarihleri arasında Trablus-Libya'daki bakkal-süpermarketten toplanmış ve kurşun, demir, manganez, çinko, kadmiyum, kobalt, krom ve nikel element analizleri ICP-MS ile gerçekleştirilmiştir. A'dan H'ye kadar kodlanan örnekler arasında en yüksek Pb seviyeleri C tipinde 0,0225 ppm basit yoğurdunda ve G tipi meyveli yoğurtta 0,0175 ppm olarak belirlenmiş ve Cd değeri 0,008 ila 0,0183 ppm, Cr değeri 0,028 ila 0,045 ppm, Co değeri 0,038 ila 0,080 ppm ve Ni değeri 0,028 ila 0,048 ppm aralığında değişen değerler olarak bu toksik metallerin varlığı gösterilmiştir. Analiz edilen ürünlerdeki Fe, Mn ve Zn konsantrasyon seviyeleri sırasıyla 0,025 ila 0,045 ppm, 0,033 ila 0,80 ppm ve 0,055 ila 0,265 ppm gibi geniş aralıklarda belirlenmiştir ve örnekler arasında tüm analiz edilen metallerde önemli düzeyde farklılık saptanmıştır (Abobaker vd 2022).

Kefirlerin krom içerikleri incelendiğinde, ortalama Cr miktarları A marka kefirde 4.89 ± 0.45 , B marka kefirde 4.05 ± 0.36 $\mu\text{g/L}$, C marka kefirde 4.30 ± 0.73 $\mu\text{g/L}$, D marka kefirde 4.09 ± 0.55 $\mu\text{g/L}$ ve E marka kefirde 4.90 ± 1.43 $\mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiştir. Bu sonuç, farklı markalara ait kefirlerde krom içeriğinin benzer seviyelerde olduğunu göstermektedir. Fakat gruplar içerisinde istatistiksel anlamda kayda değer bir farklılık tespit edilememiştir ($P > 0.05$). Bozulmuş glikoz toleransı, diyabet, polikistik over sendromu, dislipidemi, vücut ağırlığı yönetiminde önemli etkileri olan kromun FDA (ABD Gıda ve İlaç Dairesi) tarafından 4 yaş ve üzeri bireyler için belirlenen günlük alım değeri (DV) 35 mikrogram olarak belirtilmiştir (Anonymous 2014a). EFSA uzmanları tarafından ise özellikle besinlerle alımı söz konusu olan Cr^{+3} ün günlük tolere edilebilir alım düzeyi 0.3 mg/kg olarak belirtilmiştir (Anonymous 2014b). Tüm marka kefirlerin yaklaşık değerlerde krom içeriği ile günlük krom alımına dengeli bir düzeyde katkıda bulunduğu görülmekte ve ayrıca günde 2-4 porsiyonu aşılmadığı sürece kefir kaynaklı tolere edilebilir krom alım düzeyini de aşmayacağı ve krom bakımından bu beş marka kefirin tüketiminin hem sağlığı desteklemede hem de koruma bakımından güvenli olabileceği görülmektedir.

Şanlıurfa'da yürütülen bir çalışmada o bölgede imal edilen Urfa peynirlerinde orta seviyede zehirli olan Ni metali içeriğinin belirlenmesi amaçlanmış ve Ni metali içeriği analizleri ICP-MS ile yapılmıştır. Urfa peyniri numunelerindeki Ni miktarları minimum

0.059, maksimum 0.401, orta değer ise 0.204 ppm seviyesinde belirlenmiştir ve bu peynir numunelerinin Ni değerlerinin günlük tolere edilebilir limiti aşmadığı bildirilmiştir (Kılıç Altun ve Paksoy 2020).

Çiğ inek sütündeki civa, arsenik, nikel ve kalay içeriğini değerlendirmek için İnan'ın Merkezi Eyaleti, Arak şehrindeki geleneksel ve endüstriyel alanlardan 8 farklı bölgeden 32 numune toplanmıştır ve atomik absorpsiyon spektrometresi ile Hg, As, Ni ve Sn metal düzeyleri analiz edilmiştir. Hg ve As kalıntı miktarları Codex Alimentarius tarafından önerilen izin verilen sınırdan daha düşük, ancak Ni ve Sn için sadece toplama alanlarından birinde daha yüksek olduğu belirlenmiş. Ortalama Hg konsantrasyonu geleneksel çiftliklerde endüstriyel çiftliklere karşılaştığında kayda değer düzeyde daha fazla bulunmuş ($P<0.05$). Ayrıca, Sn miktarı geleneksel çiftliklerde kayda değer seviyede yüksek ($P<0.05$) ve ayrıca endüstriyel çiftliklerde yüksek miktarda Ni tespit edilmiştir ($P<0.05$). Test edilen diğer metallerin hiçbiri izin verilen seviyeleri aşmadığı ve bazı süt örneklerinin yüksek Sn ve Ni içerikleri bu bölgedeki tüketiciler için potansiyel olarak tehlikeli olabileceği belirtilmiştir (Arianejad vd 2015).

Bu alışmada A, B ve E kefir markaları daha yüksek nikel değerlerine sahipken, C ve D markaları anlamlı şekilde daha düşük düzeylerde bulunmuştur. Ortalama nikel değeri 2.43 ± 0.80 $\mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiştir. Nikel düzeyleri açısından ise markalar arası değerlerde istatistiksel yönden anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($P<0.05$). EFSA tarafından 2020 yılında, nikelin tolere edilebilir günlük alım düzeyi vücut ağırlığı başına 13 mikrogram (olarak $\mu\text{g/kg}$) olarak belirtilmiştir (Anonymous 2022b). Buna ek olarak TBSA-2019 verilerine göre 15 yaş ve üstü bireylerde kefirin de içinde değerlendirildiği probiyotik süt ve süt ürünlerini her gün tüketenlerin sıklığı %0.7 olarak tespit edilmiştir (Anonim 2019). TÜBER- 2022' ye göre tüm yaş gruplarının süt ve süt ürünlerini her gün tknetmesi ve yetişkinler için günde 3 porsiyon (1 porsiyon ~ 240 ml) ; 2 yaş üzeri çocuklar ve adölesan dönem, gebelik, laktasyon ve menapoz sonrası dönem için ise günde 2-4 porsiyon süt ve süt ürünleri tknetimi nerileri göz önüne alınarak (Anonim 2022b) günlük kefir kaynaklı oluşabilecek nikel maruziyeti değerlendirildiğinde bireylerin çalışmadaki tüm markalardan günde 4 porsiyon inek sütü kefirini tknetse bile nikelin tolere edilebilir

günlük alım düzeyini aşmadığı belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan tüm kefirlerin nikel bakımından herhangi bir gıda güvenliği riski oluşturmadığı görülmektedir.

WHO/FAO Codex Alimentarius Uluslararası Gıda Standartları Gıda ve Yemlerdeki Bulaşan ve Toksin Genel Standardı'na göre süt ve ikincil süt mamulleri için MRL değeri kurşun için 0.02 olarak belirlenmiştir (Anonymus 2023). TGK Bulaşanlar Yönetmeliği'nde ise işlenmemiş süt, ısıtılmış süt ve süt temelli mamüllerin imalatında tercih edilen süt için en yüksek kalıntı limiti yalnızca Pb metali için 0.02 µg/kg şeklinde belirtilmiş diğer potansiyel toksik metallere ilişkin herhangi bir bilgi bulunmamaktadır (Anonim 2023).

İran, Arak bölgesinde yapılan bir araştırmada 5 farklı markaya ait süt, yoğurt, yoğurtlu içecek ve peynir dahil toplam 60 örnekte kurşun, kadmiyum, alüminyum, kalay, arsenik ve civa elementinin kontaminasyonu ICP-SFMS yöntemiyle değerlendirilmiştir. Süt ürünlerindeki Al, Sn, As, Cd, Hg ve Pb'nin toplam ortalama ve konsantrasyon aralığı açısından sırasıyla 168.25 ± 92.2 (30.6 - 356.5), 5.9 ± 4 (1.1 - 16), 3.2 ± 1.95 (0.4- 8.1), 4.55 ± 2.6 (0.6- 10.6), 23.15 ± 10.4 (6,8 - 50,2) ve $15,4 \pm 8,53$ (3,1- 40,2) µg/kg arasında pozitif korelasyon bulunmuştur. Süt ürünleri örneklerinin %28,3'ünde (60 örnekten 17'si) kurşun (Pb) Avrupa Birliği limitinden ve İran ulusal standardından (20 µg/kg) yüksek bulunmuştur. İstatistiksel analizlere göre pastörize süt ve peynirdeki As dışında metal içeriği açısından diğer ürünler arasında önemli bir fark olmadığı bildirilmiştir (Rezazei vd. 2014). Mevcut çalışmada farklı firmalardan temin edilen kefir örneklerinde kurşun düzeyleri ölçülmüş ancak tüm örneklerde tespit limitinin altında (<DL) bulunmuştur.

Temel bir eser element olan selenyum (Se), hücrel antioksidan sistemlerinin ayrılmaz bir parçasıdır ve Se eksikliği kardiyovasküler hastalıklar, koroner kalp hastalığı ve yüksek kanser riski başta olmak üzere birçok hastalık ile ilişkilendirilmektedir. Selenyum toksisitesi Se eksikliğinden daha az sıklıkta görülür. Toksikitenin oluşumu, alınan Se'un oksidatif durumuna ve Se'dan etkilenen kaynak, doz ve metabolik yola da bağlıdır. Yüksek Se'li topraklarda yetiştirilen tahıl ve diğer ürünleri tüketen bireyler aşırı Se ile suyun kirlenmesi sonucu selenoz riski ile karşı karşıya kalabilmektedir. Bununla birlikte,

dengeli ve çeşitli beslenme düzenine sahip bireylerde kapsamlı araştırmalar Se toksisitesi ihtimaline dair ikna edici kanıtlar bulamamışlardır (Cobo-Angel vd 2014).

Çocukların tüketimi için imal edilen bazı süt ve süt mamullerinin selenyum seviyeleri ve risk değerlendirilmesinin yapıldığı bir araştırmada Rize ilindeki marketlerden satın alınan çeşitli firmalara ait 60 tane süt, 24 tane kefir, 6 tane yoğurt ve 9 tane süt keki numunesinin Se düzeyleri ICP-MS ile analiz edilmiş olup süt, kefir, yoğurt ve süt keki numunelerinin ortalama selenyum değerleri sırasıyla $17,8 \pm 4,54$, $10,7 \pm 8,77$, $28,7 \pm 6,19$ ve $44,9 \pm 2,97$ ppb tespit edilmiştir. 3-6 yaş aralığındaki erkek ve kız çocukların ortalama selenyum maruziyeti ise $0,17 \pm 0,08$ ppb va (vücut ağırlığı) /gün, 7-11 yıl aralığındaki erkek ve kız çocukların ortalama selenyum maruziyet ise $0,10 \pm 0,05$ ppb va/gün şeklinde bulunmuştur. Süt ve süt mamulleri kullanımı ilişkili Se maruziyetinin yaş ilerledikçe azaldığı ve cinsiyet açısından önemli bir farklılık bulunamadığı bildirilmiştir ($p < 0,05$). THQ (hedef tehlike katsayısı) < 1 olması nedeniyle süt ve ürünleri kaynaklı selenyum maruziyeti açısından olası bir sağlık riski taşımadığı belirtilmiştir (Başaran 2022).

Bu çalışmada selenyum içerikleri arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P < 0,05$). En yüksek selenyum düzeyi E markasında ($7,78 \pm 2,24$ µg/L), en düşük ise B markasında ($5,88 \pm 0,79$ µg/L) bulunmuştur. Beş marka kefirdeki en düşük ve en yüksek değerler göz önüne alınırsa TÜBER önerisi ile günde 2-4 porsiyon süt ve süt ürünleri tüketim düzeninde WHO'nun önerdiği (Kireççi 2023) günlük doz 55 µg/kg Se alımına bu marka kefirlerin önemli bir katkı sunacağı görülmektedir. Ayrıca bu kefirlerin tüketiminin de yine WHO'nun belirttiği (Kireççi 2023) toksisite 400 µg/kg değerini aşmasının dengeli bir diyetle mümkün olmadığı ifade edilmiştir. Türkomp Ulusal Gıda Kompozisyon Veritabanı (Kefir, Ankara ve Kefir, Kars) ve USDA veritabanına (Kefir, Food Code:11115400) göre kefirlerde bulunan Se değerleri ile karşılaştırıldığında bu çalışmadaki 5 marka kefirin daha düşük düzeyde Se içerdiği belirlenmiş olsa da çalışmadaki kefirlerin birçok sağlığa faydası olan Se yönünden önerilen porsiyonlar aşılmadığı sürece güvenli olduğu öngörülmektedir.

Bakır, canlılar için hem elzem hem de zehirli bir elementtir ve genellikle 0.05 ile 2.0 ppm aralığındaki konsantrasyonlarda tüm gıdalarda bulunmaktadır. Sakatatlar, tam tahıllı mamuller ve çerezler başta olmak üzere besinler yüksek oranda Cu içerebilmektedir (Türküzü ve Şanlıer 2012). Fizyolojik ve nörolojik sağlık açısından çok önemli temel bir eser elementtir ancak bakırın yiyeceklerimizde, sıcak su borularında, besin eksikliklerinde reçete edilen takviyelerde ve doğum kontrol haplarında yaygın olarak bulunması bakır toksisitesi olasılığını arttırabilmektedir. Cu metalik haldeyken toksik değildir fakat bazı tuzları toksik etki göstermektedir (Ashish vd. 2013).

Bangladeş, Chittagong Şehir İdari Bölgesi'nde süt ve süt ürünlerinde bakır ve kurşun seviyesinin tespiti için toplam 30 süt ve süt ürünü numunesi analiz edilmiş, bunlardan 20 çiğ süt numunesi Chittagong sanayi bölgesindeki 20 mandıradan, 10 süt ürünü numunesi ise Chittagong marketten alınmıştır. Bakır ve kurşun seviyelerinin tespiti ve tahmini (Anatilik Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi) ZEE nit700P kullanılarak gerçekleştirilmiş olup süt örneklerinin çoğunda bakır ve kurşun içerdiği tespit edilmiştir. Tüm çiğ süt ve süt ürünlerinin çoğunda bakır miktarı 0.02 ppm ile 0.25 ppm arasında olduğu ve maksimum Cu seviyesi süt mamullerinde 0.244 ppm olarak bulunmuştur. Süt ve süt ürünlerindeki kurşun konsantrasyonu 0.007 ppm ile 0.02 ppm arasındadır. En yüksek kurşun konsantrasyonu çiğ sütte 0.019 ppm olarak bulunmuş olup kurşun konsantrasyonu hem çiğ sütte hem de süt ürünlerinde maksimum sınırdan gözlenmiştir (Shahriar vd 2014). Mevcut çalışmada da farklı firmalardan temin edilen kefir örneklerinde bakır düzeyleri ölçülmüş ancak tüm örneklerde tespit limitinin altında (<DL) bulunmuştur.

Süt demirden (0.2 mg/kg) fakir bir besindir ve sütün demir içeriği sağılan hayvana ve laktasyon zamanına göre değişebilmektedir. Demir eksikliği dünya üzerinde en çok karşılaşılan besinsel eksiklik durumudur ve dünya nüfusunun %20'si bu durumdan muzdariptir. Özellikle çocuklar ve kadınlar risk grubundadır (Ünal ve Akalın 2004). Demir eksikliği yorgunluk ve anemi başta olmak üzere birçok sağlık sorununa yol açabilmektedir. Kronik demir fazlalığı ise kanser ve kardiyovasküler hastalıklar gibi çeşitli ciddi sağlık durumları ile sonuçlanabilmektedir. Bir yetişkinin günlük demir kaybının üstesinden gelebilmesi için günde yaklaşık 10 mg demire ihtiyacı vardır.

Yetişkinlerde demir için tolere edilebilir üst alım seviyesi (UL) 45 ila 60 mg/gün arasında değişmektedir. Birleşik Krallık Vitamin ve Mineraller Uzman Grubu (EVM) raporu UL yerine 17'lik bir rehberlik seviyesi (GL) sunmuş ve Nordic Nutrition Recommendations (NNR) (2012) 60 mg/gün UL önermiş ancak çocuklar için net bir üst seviye önermemiştir. ABD Tıp Enstitüsü (IOM), gastrointestinal etkilere dayalı olarak en doğrulanmış tolere edilebilir üst alım seviyelerini, bebekler ve çocuklar için 40 mg/gün olarak vermektedir (Strand vd. 2018).

Türkiye'de 6 coğrafi bölgeden temin edilen süt numuneleriyle yürütülen bir çalışmada, sütün demir, kurşun, kadmiyum, bakır ve çinko düzeyleri belirlenmesi amacıyla analizler yapılmış olup kurşun bakımından numunelerin 10'unun (%8,3) en yüksek kalıntı limitlerini aştığı, fakat genel ortalamanın bu miktarın aşağısında kaldığı, kadmiyum, bakır, demir, ve çinko bakımından normal sınırlar aralığında tespit edildiği ve sağlık açısından risk yaratacak seviyede olmadığı rapor edilmiştir (Çakır ve Yarsan 2021).

Bu çalışmada en yüksek demir içeriği D markasında ($26.04 \pm 7.85 \mu\text{g/L}$), en düşük ise A ve E markalarında bulunmuştur. Tüm örnekler için ortalama demir düzeyi $19.26 \pm 9.03 \mu\text{g/L}$ 'dir ve demir seviyeleri yönünden firmalar arasında önemli fark ortaya konmuştur ($P < 0.05$). Firmalar arasında demir düzeyi yönünde farklılık anlamlı olsa da inek sütü kefirinin temel bir demir kaynağı olmadığı açıkça görülmektedir. Günde 2-4 porsiyon tüketilmesi halinde bile günlük Fe gereksiniminin çok düşük bir düzeyini bile karşılanamadığından bu çalışmadaki kefir örneklerinin demir toksisitesi yönünden herhangi sağlık riski oluşturmayacağı ve buradan çıkarımla üretim ve paketleme sürecinde de herhangi bir bulaş ihtimalinin de düşük olduğunu düşündürmektedir.

Aşırı çinko tüketimi, ataksi (denge bozukluğu) ve letarji (uyuşukluk, halsizlik) gibi semptomlara neden olabilir. Çinko toksisitesi hem akut hem de kronik biçimde görülebilir. Yüksek miktarda çinko alımının akut olumsuz etkileri arasında mide bulantısı, istifra, iştah kaybı, diyare, baş ağrısı ve karın krampları yer alır. Günde 150–450 mg çinko alımı; düşük bakır seviyesi, bozulmuş demir işlevi, azalmış bağışıklık fonksiyonu ve yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) seviyelerinde azalma gibi kronik etkilere neden olabilmektedir (Deshpande 2013).

İzmir’de bir yıl süresince aylık toplanan akşam, sabah sütü, su ve yem örneklerindeki potansiyel toksik element (Pb, Cd, As, Hg, Cu ve Zn) seviyelerinin, lokasyona, mevsimsel ve sağım vakitlerine göre farkları, buna ek olarak sütlerin potansiyel toksik element seviyelerinin yem ve suların metal miktarları ile bağlantısının incelendiği bir araştırmada neticelere bakıldığında süt civa, arsenik, kurşun ve kadmiyum düzeyleri, su kurşun, civa, ve kadmiyum miktarları ile yem civa miktarları yöntem ölçüm sınırlarının aşagısında kaldığı belirlenmiştir. Ortalama sütte bakır $0,020 \pm 0,021$ ppm, çinko $4,05 \pm 0,91$ ppm tespit edilmiştir. Lokasyonlar arası fark süt örneklerinin bakır ve çinko seviyeleri için anlamlı saptanmamıştır ($p > 0,05$). Mevsimler arası fark süt ve su örneklerinin bakır ve çinko miktarları yönünden istatistiksel açıdan anlamlı belirlenmiştir ($p < 0,05$). Süt sağım vaktine bağlı olarak akşam ve sabah süt örneklerinin bakır ve çinko seviyeleri arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlı bir fark tanımlanmamıştır ($p > 0,05$) (Gövercin 2010).

Kefir metallerini analiz ettiğimiz bu çalışmada Zn düzeylerinde markalar arasında önemli farklılık saptanmıştır ($P < 0.05$). A markası en yüksek çinko düzeyine ($21.69 \pm 3.17 \mu\text{g/L}$), D markası ise en düşük değere ($15.83 \pm 3.82 \mu\text{g/L}$) sahiptir. Türkomp Ulusal Gıda Kompozisyon Veritabanı (Kefir, Ankara ve Kefir, Kars) ve USDA veritabanına (Kefir, Food Code:11115400) göre kefirlerde bulunması gereken Zn değerleri ile karşılaştırıldığında tüm kefirlerde olması gerekenin altında çinko düzeyi belirlenmiş olup bu nedenle de toksisite riski taşımadığı düşünülmektedir.

Süt ürünlerinden probiyotik bakteri anlamda öne çıkan lactobasillus suşu başta olmak üzere metal bağlama ve detoksifikasyonunda kullanılabileceği bilinmektedir. Günümüzde metal detoks sürecinde destekleyici yeni bir jenerasyon olarak umut vaatmektedir (Abdel-Megeed 2020).

Bangladeş’te ciddi bir sağlık sorunu olan metallerle kirlenmiş su ve gıdaların tüketimine karşın potansiyel toksik elementlerin çevreden ve insan bedeninden uzaklaştırılmasında büyük potansiyele sahip *Lactobasillus* türlerine odaklanılmıştır. Yoğurt örneklerinden izole edilen üç türü düşük pH ve safra tuzlarına ve 600 ppm krom, 400 ppm kurşun, 400 ppm bakır ve 400 ppm çinkoya karşı dayanıklı olduğu bulunmuştur. Buna ek olarak elde edilen *Lactobacillus* izolatları, çevre ve insan vücudundan potansiyel toksik elementlerin

güvenli ve pratik şekilde biyoremediasyonu (biyolojik arıtımı) için umut verici adaylar olduğu ancak bu bakterilerin metal arıtım kapasitesini ve mekanizmasını tam olarak ortaya koymak için doğal gastrointestinal (sindirim sistemi) koşullar altında daha ileri araştırmalar yapılmasının ve çevresel uygulamalar için ise en uygun parametreleri belirlemede bu izolatların fiziko-kimyasal koşullardaki metal arıtım kapasitesinin incelenmesinin gerektiği de vurgulanmıştır (Ahmed vd. 2017).

Su kefir tanelerinin metal iyonlarını absorbe etmek için kullanılabileceği hipotezini öne süren ve su kefiri tanelerinin bazı metal iyonlarının toksisitesine karşı koruyucu bir araç olarak bildiren bir çalışmada çeşitli koşullar altında fermantasyon süreci boyunca çeşitli su kefiri çözeltilerindeki metal iyonlarının konsantrasyonunu değerlendirilmiştir. İki su kefiri tanesi kolonisi (laktobasil mayası ile laktik asit bakterileri ve enterokok bakterileri) kullanılmıştır ve bu çalışmada, su kefir taneleri tarafından potansiyel toksik metalin azaltılması özellikle Cr ve Pb (%70 oranında) için etkilidir ve Cu, Ni ve Mn (%50 oranında) için ise iyi olarak değerlendirilmiştir (Volpi vd. 2019).

Bifidobakteri türlerinin gıda biyo dekontaminasyon kapasitesi üzerine yapılan bir derlemede toksinlere bağlı sağlık endişelerini azaltmak için bu bakteri türleri yeşil teknoloji gıda biyo dekontaminantı olarak belirtilmiştir. Biyolojik dekontaminasyon için direkt gıda uygulaması, kolay biyoaktivitesi, düşük maliyetli ve hızlı olması bifidobakteri suşları kullanım avantajları arasında gösterilmiştir. Farklı inkübasyon süreleri, sıcaklıklar, pH seviyeleri, inokulum boyutları ve kirletici konsantrasyonları biyolojik olarak bifidobakterilerin ne kadar dekontaminasyonu etkileyeceği belirtilmiştir. Hem biyo dekontaminasyon süreci mekanizması ve bifidobakterilerin metal toksisitesi üzerine etkileri üzerine in vitro çalışmaları destekleyecek in vivo çalışmalara da ihtiyaç olduğu bildirilmiştir (Massoud ve Zoghi 2023).

Mısır'da *Lactobacillus rhamnosus* fermantasyonu ile süttten bazı potansiyel toksik ve eser metallerin uzaklaştırma yetisinin incelendiği bir araştırmada süttün bu suş ile fermentasyonu sonucunda metallerdeki değişimler incelenmiş ve bakırda %6.8, çinkoda %79.65, kadmiyumda %21.62 ve kurşunda %22.58 azalma tespit edilmiştir. Metal kalıntılarındaki azalma, hem *Lactobacillus rhamnosus*' un sağlığa faydalarını ve Mısır

halkının süt ve süt ürünleri tüketimi kaynaklı potansiyel toksik elementlere maruz kalma riskinden koruduğu ifade edilmiştir. Bu probiyotik suşun süt ürünleri içeriğindeki toksik metal düzeyini düşürmede ve süt ürünleri tüketimi kaynaklı toksik metal maruziyetini azaltmada umut verici bir çözüm olabileceği rapor edilmiştir (Elsaid vd. 2023).

Toksinlerin ve potansiyel toksik metallerin LAB (laktik asit bakterileri) tarafından biyolojik olarak uzaklaştırılma mekanizması şimdiye dek tam olarak bilinmemekle beraber toksinlerin mikroorganizmaların hücre duvarı bileşenlerine yüksek oranda bağlı olduğu ve metabolik olarak parçalanmadığı ne sürülmektedir. Mayalar ve laktik asit bakterileri, toksinleri ve metal iyonlarını azaltmada yaygın olarak kullanılmakta ve hem canlı hem l hücreler toksinleri adsorbe edebildiğinden toksinlerin uzaklaştırılmasının mikroorganizmanın hücre duvarının komponentlerine kovalent bağlanma yoluyla olduğu düşünülmektedir. Fermente süt ürünlerinde bu starterların kullanımının toksinlerin ve ağır metallerin arındırılmasında yardımcı olabileceği bildirilmiştir (Mirmahdi vd. 2021).

6. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, Ankara’da farklı markalara ait inek sütü kefir örneklerinde çeşitli metallerin düzeyleri belirlenmiş ve bu değerler gıda güvenliği açısından değerlendirilmiştir. ICP-OES yöntemiyle yapılan analizler sonucunda, örneklerin tamamında çeşitli metallerin varlığı saptanmıştır.

Çalışmada alüminyum, kadmiyum, kurşun ve bakır metali düzeyleri tüm örneklerde tespit limitlerinin altında bulunmuş olup bu durum gıda güvenliği açısından olumlu bir göstergedir. Ayrıca TGK Bulaşanlar Yönetmeliği’nde ise işlenmemiş süt, ısıtılmış süt ve süt temelli mamüllerin imalatında tercih edilen süt için MRL yalnızca Pb metali için 0,02 µg/kg şeklinde belirlenmiş olduğundan diğer tespit edilen metaller uluslararası otoritelerce belirlenen referans alım düzeylerine göre değerlendirilmiştir. Araştırmada, kobalt, krom, nikel, demir, çinko ve selenyum elementlerinin bazı örneklerde daha yüksek düzeylerde bulunmuştur. Ayrıca nikel, demir, çinko ve selenyum düzeylerine bakıldığında gruplar arasında anlamlı düzeyde farklılık tespit edilmiştir ($P<0.05$). Metal düzeylerindeki bu farklılıklar üretim süreçlerinden ya da ham maddelerden kaynaklanabileceğini düşündürmektedir. Örnekler içerisinde tüm marka kefirlerin Se içerikleri diğer metallerle göre tavsiye edilen referans değerlere yakın olması sebebiyle günlük Se ihtiyacını destekleyici özelliği ile inek sütü kefirleri fonksiyonel bir besin olarak adlandırılabilir. Tüm süt markalarında tespit edilen nikel düzeyinin günde 2-4 porsiyon süt ürünü olarak kefir tercih edilse bile günlük tolere edilebilir alım düzeyini aşmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca sağlığımız için önemli etkileri olan demir, çinko, kobalt ve kromun da günlük 2-4 porsiyon süt ürünü tavsiyesi içinde tüketildiğinde kefir kaynaklı herhangi bir sağlık riski oluşturacak düzeye ulaşamayacağı gözlemlenmiştir.

İncelenen kefir numunelerinde elementlerin büyük çoğunluğu, Türk Gıda Kodeksi (TGK) ve diğer uluslararası standartlarla belirlenen sağlık riski oluşturabilecek sınırların altında kaldığı belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, kefirin içeriğinde düşük düzeyde metal kontaminasyonu olduğu hipotezini desteklemektedir. Özellikle başta laktobasillus ve bifidobakteri türleri olmak üzere probiyotik mikroorganizma zenginliği ile dikkat çeken kefirin, çeşitli metallerle kompleks oluşturma, biyolojik sistemlerde detoksifikasyonu

destekleme ve gastrointestinal sistemde absorpsiyonu azaltma gibi potansiyel toksik elementlerin biyokullanılabilirliğini azaltıcı etki gösterebileceği yönündeki literatür bilgileri ile analiz sonuçları tutarlılık göstermektedir. Bu yönüyle kefir, sadece besleyici bir probiyotik süt ürünü değil, aynı zamanda çevresel toksinlerin olası etkilerine karşı koruyucu bir gıda maddesi olma potansiyeli de taşımaktadır.

Çevresel kirlilik, üretim hijyeni, ambalaj materyali ve saklama koşulları gibi birçok dış faktörün süt ve süt ürünlerinde metal kontaminasyonuna sebep olduğu bilinmektedir. Bu nedenle kefir gibi fermente ürünlerde metal maruziyeti riskini en aza indirmek için hammaddenin kontrolü, üretim aşamalarındaki metal teması , hijyenik şartların sağlanması ve sağlığa birçok faydası sebebiyle tüketimi teşvik edilen kefirin gıda güvenliğinin sağlanabilmesi adına düzenli aralıklarla metal analizi yapılması hayati önem taşımaktadır. Ayrıca inek sütü kefirlerinde bulunan probiyotik suşlar ve metallerin etkileşim mekanizmasının netleştirilmesi amacıyla daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır ve buna ek olarak süt ve süt ürünleri ile ilişkili kurşun dışındaki potansiyel toksik metallerin de kalıntı limitlerinin belirlenmesi üzerine çalışmaların yürütülmesi büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, bu yüksek lisans tezi kapsamında yapılan metal analizleri ve literatür verileri birlikte değerlendirildiğinde, bu araştırmada incelenen inek sütü kefirlerinin potansiyel toksik elementler bakımından genel olarak güvenli olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Abbaspour, N., Hurrell, R. ve Kelishadi, R. 2014. Review on iron and its importance for human health. *Journal of Research in Medical Sciences*, 19, 164-174.
- Abobaker, M.M., Nasef, F.A., Sweesi, M.E. ve Ward, A.M. 2022. Tracing of heavy metals pollutants in selected yogurts using ICP-MS spectroscopy. *International Journal of All Research Education and Scientific Methods (IJARESM)*, 10 (4), 2806-2810.
- Abdel-Megeed, R.M. 2020. Probiotics: a Promising Generation of Heavy Metal Detoxification. *Biological Trace Element Research*, 199(6), 2406-2413.
- Abdul-Aziz, M.M., Algomati, A.A., Alhasi, T.S., El-Amari, M.S., Tarhuni, A.F., Sheikhi, A.R. ve Elmabsout, A.A. 2021. Nutritional and health benefit knowledge of milk and dairy products consumption among medical students at Benghazi university. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 12(01), 162-174.
- Abidin, N.A.Z., Kassim, N.S.A., Izaddin, S.A., Ghazali, S.M., Pungot, N.H. ve Kamni, S.S. 2021. Evaluation of Heavy Metals Concentration in Milk Products by using Atomic Absorption Spectroscopy. *Journal of Sciences and Data Analysis*, 2(2), 136-141.
- Ahmed, S., Islam, R., Ferdousi, J. ve Iqbal, T.S. 2017. Probiotic *Lactobacillus* sp. with bioremediation potential of toxic heavy metals. *Bangladesh J Microbiol*, 34(1), 43-46.
- Akdeniz, V., Kınık, Ö., Yerlikaya, O. ve Akan, E. 2016. İnsan Sağlığı ve Beslenme Fizyolojisi Açısından Çinkonun Önemi. *Akademik Gıda*, 14(3), 307-314.
- Al-Mzaïen, A.K. 2021. Heavy metals and carcinogenesis: a review. *Muthanna Medical Journal*, 8(1), 20-30.
- Albretsen, J. 2006. The toxicity of iron, an essential element. *Veterinary Medicine*, 82-90.
- Ali, H.R., Ame, M.M., Sheikh, M.A. ve Bakari, S.S. 2023. Levels of Lead (Pb), Cadmium (Cd) and Cobalt (Co) in Cow Milk from Selected Areas of Zanzibar Island, Tanzania. *American Journal of Analytical Chemistry*, 14, 287-304.
- Anonim. 2009. Mercury, Lead, Cadmium, Tin and Arsenic in Food. Food Safety Authority of Ireland Toxicology Factsheet Series, 1, 1-13.
- Anonim. 2019. Türkiye Sağlık ve Beslenme Araştırması. Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim. 2022a. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği. Tebliğ No: 2022/44. 30.11.2022 tarih ve 32029 sayılı Resmi Gazete.

- Anonim. 2022b. Türkiye Beslenme Rehberi. Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim. 2023. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. 05.11.2023 tarih ve 32360 sayılı Resmî Gazete.
- Anonymous.1996. Trace Elements in Human Nutrition and Health. WHO, Geneva, Switzerland.
- Anonymous. 1998. USEPA. "Method 6020A (SW-846): Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry," Revision 1.
- Anonymous.2014a. Web sitesi: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/metals-contaminants-food>. Erişim tarihi: 15.06.2025.
- Anonymous. 2014b. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for chromium, EFSA Journal, 12(10), 3845.
- Anonymous. 2016. Report on Carcinogens, Fourteenth Edition NTP (National Toxicology Program). Research Triangle Park, NC: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Anonymous. 2020a. Agency for Toxic Substances and Disease Registry NTP (Nutrition Toxicology Program), Toxicological Profile of Lead, Atlanta, Georgia.
- Anonymous. 2020b. Web sitesi: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/metals-contaminants-food>. Erişim tarihi: 15.06.2025.
- Anonymous. 2023. Codex Alimentarius International Food Standards. General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed CXS 193-1995.77.
- Anonymous. 2024. Overview on Tolerable Upper Intake Levels as derived by the Scientific Committee on Food (SCF) and the EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). European Food Safety Authority, Version 10.
- Apalowo, O.E., Adegoye, G.A., Mbogori, T. ve Obuotor, T.M. 2024. Nutritional Characteristics, Health Impact, and Applications of Kefir. Foods, 13 (1026), 1-33.
- Arıcan,Y.E. 2021. Gıdaların Ağır Metallerle Kontaminasyonu. Halk Sağlığı, 577-596.
- Arıdaşır, I. 2018. Su Örneklerinde Kurşun Ve Kobalt İyonlarının Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi İle Tayini İçin Yeni Bir Metot: Ultrason Emülsifikasyonu Destekli İkili Katılaştırılmış Yüzen Organik Damla Mikroekstraksiyonu. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Arianejad, M., Alizadeh, M., Bahrami, A. ve Arefhoseini, S.R. 2015. Levels of Some Heavy Metals in Raw Cow's Milk from Selected Milk Production Sites in Iran: Is There any Health Concern? Health Promotion Perspectives, 5(3), 176-182.

- Ashish, B., Neeti, K. ve Himanshu, K. 2013. Copper Toxicity: A Comprehensive Study. Research Journal of Recent Sciences, 2 (ISC-2012), 58-67
- Ayar, A., Sert, D. ve Akın, N. 2007. Konya'da Tüketime Sunulan Süt Ve Ürünlerinin Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21 (41), 58-64.
- Aydın, S. 2023. Kobalt, Toksikitesi Ve Metabolik Etkileri. Sağlık Bilimleri Alanında Uluslararası Akademik Çalışmalar Ve Teorik Bilgiler-1. İksad Yayınevi , 41 s, Ankara.
- Bakar, C. ve Baba, A. 2009. Metaller ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu. 1.Tıbbi Jeoloji Çalıştayı. 30 Ekim-1 Kasım 2009. Ürgüp Belediyesi Kültür Merkezi; Nevşehir.
- Bağcı Bosi, A.T. ve Aydın, B. 2022. Sağlığın Geliştirilmesinde Beslenme ve Diyetetik Yönünden Biyopsikososyal Yaklaşımlar. 1. Baskı, Gıda ve beslenme politikaları-Türkiye. Türkiye Klinikleri,1-8, Ankara.
- Balali-Mood, M., Naseri, K., Tahergorabi, Z., Khazdair, M.R. ve Sadeghi, M. 2021. Toxic Mechanisms of Five Heavy Metals: Mercury, Lead, Chromium, Cadmium, and Arsenic. Frontiers in Pharmacology, 12,643972.
- Başaran, B. 2022. Çocuklar için üretilen bazı süt ve süt ürünlerinin selenyum (Se) düzeyleri ve risk değerlendirmesi. Gıda ve Yem Bilim- Teknolojisi Dergisi, 27, 78-89.
- Başoğlu, K. ve Ayaz, A. 2021. Ağır metal maruziyetinde disbiyozis ve probiyotikler. Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 14(1),146-158.
- Baysal, A. 2011. Beslenme. Hatipoğlu Yayınları, No:93, 566s., Ankara.
- Begum, W., Rai, S., Banerjee, S., Bhattacharjee, S., Mondal, M.H., Bhattarai, A. ve Saha, B. 2022. A comprehensive review on the sources, essentiality and toxicological profile of nickel. Royal Society of Chemistry, 12, 9139-9153.
- Bhargava, P., Gupta, N., Vats, S. ve Goel, R. 2017. Health Issues and Heavy Metals. Austin Journal of Enviromental Toxicology, 3(1), 1-8.
- Beikzadeh, S., Ebrahimi, B., Mohammadi, R., Beikzadeh, M., Asghari-Jafarabadi, M. ve Foroumandi, E. 2019. Heavy Metal Contamination of Milk and Milk Products Consumed in Tabriz. Current Nutrition & Food Science, 15, 484-492.
- Bellikci Koyu, E. ve Büyüktuncer Demirel, Z. 2018. Fonksiyonel Bir Besin: Kefir. Beslenme ve Diyet Dergisi, 46(2),166-175.
- Beykaya, M., Yıldırım, Z., Özbey, A. ve Yıldırım, M. 2019. Sivas İlindeki Bazı Süt İşletmelerine Gelen Sütlerin Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi. Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7(1),105-109.

- Bobuş Alkaya, G., Demirci, Ç. ve Şevik, H. 2022. Aluminum in food and potential role on Alzheimer's disease of aluminum. *Turkish Journal of Engineering*, 6(2), 118-127.
- Boğa, A. 2007. Ağır Metallerin Özellikleri ve Etki Yolları. *ARŞİV*, 16 (218), 218-234.
- Bonfiglio, R., Scimeca, M. ve Mauriello, A. 2023. The impact of aluminum exposure on human health. *Archives of Toxicology*, 97, 2997-2998.
- Bost, M., Houdart, S., Oberli, M., Kalonji, E., Huneau, J.F. ve Margaritis, I. 2016. Dietary copper and human health: Current evidence and unresolved issues. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 35, 107-115.
- Cempel, M. ve Nickel, G. 2006. Nickel: A Review of Its Sources and Environmental Toxicology. *Polish J. of Environ. Stud*, 15(3), 375-382.
- Charkiewicz, A.E., Omeljaniuk, W.J., Nowak, K., Garley, M. ve Nikliński, Jacek. 2023. Cadmium Toxicity and Health Effects—A Brief Summary. *Molecules*, 28, 6620.
- Chatterjee S. 2016. Chromium Toxicity and its Health Hazards. *International Journal of Advanced Research*, 3(7), 167-172.
- Cobo-Angel, C., Wichtel, J. ve Ceballos-Márquez, A. 2014. Selenium in milk and human health. *Animal*, 4(2), 38-43.
- Crisponi, G., Fanni, D., Gerosa, C., Nemolato, S., Nurchi, V. M., Crespo-Alonso, M., Lachowicz, J. I. ve Faa, G. 2013. The meaning of aluminium exposure on human health and aluminium-related diseases. *Biomolecular Concepts*, 4(1), 77-87.
- Çakır, E.O. ve Yarsan, E. 2021. Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan süt örneklerinde bazı metal düzeyleri. *Etlik Vet Mikrobiyol Derg*, 32 (1), 50-62.
- Çamurdan, A. 2007. Çocuk Sağlığı ve Kurşun. *Türkiye Çocuk Hastalıkları Dergisi*, 1 (1), 48-56.
- Debnath, B. ve Singh, W.S. ve Manna, K. 2019. Sources and Toxicological Effects of Lead on Human Health. *Indian Journal of Medical Specialities*, 10, 66-71
- Değirmencioğlu, N., Eseceli, H. ve Değirmencioğlu, A. 2006. Hastalıkta ve Sağlıkta Organik Krom. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- Demirgül, F. ve Sağdıç, O. 2018. Fermente Süt Ürünlerinin İnsan Sağlığına Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 13, 45-53.
- Deshpande, J.D., Joshi, M.M. ve Giri, P.A. 2013. Zinc: The Trace Element Of Major Importance In Human Nutrition And Health. *International Journal of Medical Science and Public Health*, 2(1), 1-6.
- Dordevic, D., Buchtova, H., Jancikova, S., Macharackova, B., Jarosova, M., Vitez, T. ve Kushkevych, I. 2019. Aluminum contamination of food during culinary

- preparation: Case study with aluminum foil and consumers' preferences. *Food Science & Nutrition*, 7, 3349-3360.
- Duan, H., Yu, L., Tian, F., ve Zhai, Q., ve Fan, L. ve Chen, W. 2020. Gut microbiota: A target for heavy metal toxicity and a probiotic protective strategy, *Science of the Total Environment*, 742, 1-15.
- Duffus, J.H. 2002. "Heavy Metals"—A Meaningless Term? (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 74(5), 793-807.
- Dünder, Y. ve Aslan, R. 2005. Yaşamı Kuşatan Ağır Metal Kurşunun Etkileri. *Kocatepe Tıp Dergisi*, 6, 1-5.
- Elsaid, E.I., Bayoumi, M.A., Amer, I.H. ve Asker, A.A. 2023. Exploitation of Probiotic a *Lactobacillus rhamnosus* Strain for Removal of Heavy Metal Residues from Milk. *Zagazig Veterinary Journal*, 51(4), 344-354.
- Erbay, M.F. ve Karatoprak, N. B. 2023. Bakır Metabolizması Bozuklukları. *Türk Radyoloji Seminerleri*, 11(1), 7-11.
- Farag, M.A., Jomaa, S.A., El-Wahed, A.A. ve El-Seedi, H.2020. The Many Faces of Kefir Fermented Dairy Products: Quality Characteristics, Flavour Chemistry, Nutritional Value, Health Benefits, and Safety. *Nutrients*, 12, 346.
- Filipoiu, A.D., Bungau, S.G., Endres, L., Negru, P.A., Bungau, A.F., Pasca, B., Radu, A., Tarce, A.G., Bogdan, M.A., Behl, T., Nechifor, A.C., Hassan, S.S. ve Tit, D.M. 2022. Characterization of the Toxicological Impact of Heavy Metals on Human Health in Conjunction with Modern Analytical Methods. *Toxics*, 10 (716), 1-32.
- Fordyce, F. 2012. Selenium Deficiency and Toxicity in the Environment. *Essentials of medical geology*, 1007, 375-416.
- García-Burgos, M., Moreno-Fernández, J., Alférez, M.J.M., Díaz-Castro, J. ve López-Aliaga, I. 2020. New perspectives in fermented dairy products and their health relevance. *Journal of Functional Foods*,72.
- Gautam, P.K., Gautam, R.K., Banerjee, S., Chattopadhyaya, M.C. ve Pandey, J.D. 2016. Heavy Metals In The Environment: Fate, Transport, Toxicity And Remediation Technologies. Nava Science Publishers, 1-29.
- Genchi, G., Carocci, A., Lauria, G., Sinicropi, M.S. ve Catalano, A. 2020. Nickel: Human Health and Environmental Toxicology. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (679), 1-21.
- Goyal, R., Yadav, A., Prasad, M., Singh, T.B., Shrivastav, P., Ali A., Dantu, P.K. ve Mishra, S.2020. Effect of Heavy Metals on Plant Growth: An Overview. *Contaminants in Agriculture*, 79-95.
- Goyer, R. 2004. Issue Paper on The Human Health Effects Metals. U.S Environmental Protection Agency, 1-36.

- Górska-Warsewicz, H., Rejman, K., Laskowski, W. ve Czczotko, M.2019. Milk and Dairy Products and Their Nutritional Contribution to the Average Polish Diet. *Nutrients*,11,1771.
- Gördes Baş, H. 2020. Tüketime Sunulan Yoğurt ve Ayrarlarda Ağır Metal Varlığının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Gövercin, İ. 2010. İzmir İlinde Sütlerde Bazı Ağır Metal (Kurşun, Kadmiyum, Arsenik, Civa, Bakır, Çinko) Düzeylerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Guntupalli, Y., Rajaraman, V. ve Ganapathy, D. 2023. Assessment of Aluminum Levels in the Milk Supply of Tiruvallur district of Tamil Nadu. *Journal of Pioneering Medical Sciences*, 12(4), 29-31.
- Güner, Ö. ve Kavlak, O. 2017. Kadmiyumun erkek üreme sistemi üzerine etkisi. *Androloji Bülteni* , 19(3), 86–91.
- Güney, B. ve Gökmen S.2020. Süt Ve Süt Ürünlerinde Bulunan Ağır Metallerin İnsan Ve Çevre Sağlığı Üzerine Etkileri. *Mühendislik Alanında Akademik Çalışmalar*, 155-173.
- Hardisson, A., Revert, C., González-Weller, D., Gutiérrez, Á., Paz, S. ve Rubio, C. 2017. Aluminium Exposure Through the Diet. *HSOA Journal of Food Science and Nutrition*, 3 (1), 019.
- Hussain, M.A. 2016. Food Contamination: Major Challenges of the Future. *Foods*,5(2),21.
- Hussain, S., Khan, M., Sheikh, T.H.M., Mumtaz, M.Z., Chohan, T.A., Shamim, S. ve Liu., Y. 2022. Zinc Essentiality, Toxicity, and Its Bacterial Bioremediation: A Comprehensive Insight. *Frontiers in Microbiology*, 13, 900740.
- Ingole, A.A., Mukherjee, A.G., Balgote, P.J., Pendse, S.P., Dhoke, S.B. ve Wanjari,U.R. 2021. A Review on Carcinogenic Heavy Metals. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 10(3), 403-411.
- Ismail, A., Riaz, M., Akhtar, S., Goodwill, J.E. ve Sun, J. 2017. Heavy metals in milk: global prevalence and health risk assessment, *Toxin Reviews*, 38:1, 1-12.
- İnce, C. ve Çağındı, Ö. 2020. Demir Minerali: Fonksiyonları, Gıda İşlemenin Biyoyararlılığı Üzerine Etkileri ve Biyoaktif Bileşenler ile İnteraksiyonları. *Çukurova Tarım Gıda Bil. Der.*, 35(2), 151-164.
- İnci, A., Ünübol Aypak, S. ve Güven, G. 2017. Aydın İlinde Üretilen İnek Sütlerinde Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. *Gıda*. 42 (3), 229-234.
- İstanbulloğlu, H., Oğur, R., Tekbaş, Ö.F.ve Bakır, B. 2012. Süt ve Süt Ürünlerinde Ağır Metal Kirliliği. *Türkiye Klinikleri J Med Sci*, 33(2),410-419.

- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B.B. ve Beeregowda, K.N. 2014. Toxicity, mechanism and health effects some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2), 60-72.
- Jyothi, R.N. 2020. Heavy Metal Sources and Their Effects on Human Health, Heavy Metals- Their Impacts and Mitigation, 1-12.
- Kangalgil, M. ve Yardımcı. H. 2017. Selenyumun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri Ve Diyabetes Mellitusla İlişkisi. *Bozok Tıp Dergisi*, 7(4), 66-71
- Kılıç Altun, S. ve Paksoy, N. 2020. Şanlıurfa'da Üretilen Urfa Peynirlerinde Nikel Düzeyleri. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 9(1), 049-052.
- Kireççi, O.A. 2023. Selenyum. Sağlıkta Ağır Metaller ve Eser Elementler, Iksad Publishing House, 293-317s, Ankara.
- Kocatepe, D., Büyükkol, D.C. ve Öztürk Altunyurt, G. 2021. Selenyum, Su Ürünleri ve Sağlık. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 162-173.
- Kucukosmanoglu, A.G. ve Filazi, A. 2020. Investigation of the Metal Pollution Sources in Lake Mogan, Ankara, Turkey. *Biological Trace Element Research*, 198, 269–282.
- Martin K.R. 2013. Silicon: The Health Benefits of a Metalloid. *Interrelations between Essential Metal Ions and Human Diseases*, 13, 451-473.
- Massoud, R. ve Zoghi, A. 2023. The *Bifidobacterium* Species Capacity for Food Bio-Decontamination. *Current Trends on Biotechnology & Microbiology*, 3(3), 586-592.
- Metin, G. ve Yavuz, C.I. 2022. Çevresel ve Mesleksel Kadmiyum Etkilenimi ve Sağlık Etkileri, *Sağlık ve Toplum*, 32 (2), 26-37.
- Mirmahdi, R.S., Zoghi, A., Mohammadi, F., Khosravi-Darani, K., Jazaiery, S., Mohammadi, R. ve Rehman, Y. 2021. Biodecontamination of milk and dairy products by probiotics: Boon for bane. *Italian Journal of Food Science*, 33, 78–91.
- Mukhopadhyay, M. ve Banerjee, R. 2012. Selenium: Beneficial and toxic effect on human. *Human and animal health: Environmental Perspectives*, 111-120 p, Kolkata.
- Niu, Q. 2018. Overview of the Relationship Between Aluminum Exposure and Health of Human Being. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1091, 1-32.
- Nizamlioğlu, F. ve Nizamlioğlu, M. 2023. Alüminyum Maruziyeti ve Sağlık. *IGUSABDER*, 20(2023), 735-747.

- Örün, E. ve Yalçın, S.S. 2011. Kurşun, Civa, Kadmiyum: Çocuk Sağlığına Etkileri ve Temasin Belirlenmesinde Saç Örneklerinin Kullanımı. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 3 (2), 73-81.
- Özbolet, G. ve Tuli, A. 2016. Ağır Metal Toksikitesinin İnsan Sağlığına Etkileri. Arşiv Kaynak Tarama Dergisi, 25(4), 502-521.
- Özturan, K. ve Atasever, M. 2018. Süt ve Ürünlerinde Mineral Maddeler ve Ağır Metaller. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 13(2), 229-241.
- Özturan, K. ve Atasever, M. 2020. Erzurum ve Çevresinde Üretilen Süt ve Süt Ürünlerinin Mevsimlere Göre Mineral Madde ve Ağır Metal İçeriği. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimler Dergisi, 15(1), 51-62.
- Peana, M., Pelucelli, A., Medici, S., Cappai, R., Nurchi, M. ve Zoroddu, M. A. 2021. Metal Toxicity and Speciation: A Review. Current Medicinal Chemistry, 28, 7190-7208.
- Pirhadi, M., Khaniki, G.J., Manouchehri, A. ve Bahmani, M. 2021. Potential Harmful Effects of Heavy Metals in Milk and Milk Products on Human Health; A Systematic Review. Alinteri Journal of Agriculture Sciences, 36(1), 350-355.
- Plum, L. M., Rink, L. ve Haase, H. 2010. The Essential Toxin: Impact of Zinc on Human Health. Environmental Research and Public Health, 7, 1342-1365.
- Pourret, O. ve Faucon, M.P. 2016. Encyclopedia of Geochemistry- Chapter Cobalt. International Publishing, 1-3 p, Switzerland.
- Pourret, O. ve Hursthouse, A. 2019. It's Time to Replace the Term "Heavy Metals" with "Potentially Toxic Elements" When Reporting Environmental Research. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16, 4446.
- Rezazei, M., Akbari Dastjerdi, H., Jafari, H., Farahi, A., Shahabi, A., Javdani, H., Teimoory, H., Yahyaei, M. ve Malekirad, A.A. 2014. Assessment of dairy products consumed on the Arak market as determined by heavy metal residues. Health, 6 (2014), 323-327.
- Saleh, E. A., Elleboudy, A., Elsakhawy, A. Z. ve Eman, H.A. 2019. Heavy metals in raw milk and some dairy products at local markets. Damanhour Journal of Veterinary Sciences, 1 (2019), 27-30.
- Saribal, D. 2019. ICP-MS Analysis of Trace Element Concentrations in Cow's Milk Samples from Supermarkets in Istanbul, Turkey. Biological Trace Element Research, 1-9.
- Schoofs, H., Schmit, J. ve Rink, L. 2024. Zinc Toxicity: Understanding the Limits. Molecules, 29, 3130.

- Scutaraşu, E.C. ve Trinca, L.C. 2023. Heavy Metals in Foods and Beverages: Global Situation, Health Risks and Reduction Methods. *Foods*, 12, 3340.
- Shahriar, S.M.S., Akther, S., Akter, F., Morshed, S., Alam, M.K., Saha, I., Halim, M.A. ve Hassan, M.M. 2014. Concentration of Copper and Lead in Market Milk and Milk Products of Bangladesh. *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy*, 8 (2014), 56-63.
- Shander, A., Cappellini, M.D. ve Goodnough, L.T. 2009. Iron overload and toxicity: the hidden risk of multiple blood transfusions, *International Society of Blood Transfusion Vox Sanguinis*, 97, 185–197.
- Strand, T.A., Lillegaard, I.T.L., Frøyland, L., Haugen, M., Henjum, S., Holvik, K., Løvik, M., Skålhegg, B.S., Stea, T.H. ve Iversen, P.O. 2018. Assessment of Iron Intake in Relation to Tolerable. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 8(4), 255-256.
- Ścibior, A., Pietrzyka, Ł., Plewac, Z. ve Skibad. 2020. A. Vanadium: Risks and possible benefits in the light of a comprehensive overview of its pharmacotoxicological mechanisms and multi-applications with a summary of further research trends. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 61, 1-25.
- Şahin, B. ve Çanakçı Adıgüzel, G. 2022. Çiğ Süt Örneklerinde Ağır Metal Düzeyinin Belirlenmesi. *Vet Sci Pract.* 17(2), 61-65.
- Şimşek, İ., Kuzukıran, Ö., Filazi, İ., Sayar, A.O., Boztepe, U.G., Yurdakok Dikmen, B. ve Filazi, A. 2024. Investigation of Elemental Contents in Wild Goat Meat (*Capra aegagrus aegagrus*), *Comm. J. Biol.*, 8(2) , 127-133.
- Temurci, H. ve Güner, A. 2006. Ankara’da Tüketime Sunulan Süt ve Beyaz Peynirlerde Ağır Metal Kontaminasyonu. *Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg.*,1 (1-2), 20-28.
- Tomar, O., Çağlar, A. ve Akarca, G. 2017. Kefir ve Sağlık Açısından Önemi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17, 834-853.
- Türkoğlu, S. ve Türkoğlu, İ. 2024. Mineraller ve Sağlık (Aydın, E. Selenyum ve İnsan Metabolizması). *Livre de Lyon Yayınevi*, 127s., Lyon.
- Türközü, D. ve Şanlıer, N. 2012. Gıdalardaki Ağır Metal Kontaminasyonları: Güncel Bakış. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(4),73-80.
- USEPA. 1998. "Method 6020A (SW-846): Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry," Revision 1.
- Ünal, G. ve Akalın, A.S.2004. Demir Eksikliği ve Süt Ürünlerinin Demirce Zenginleştirilmesi. *GIDA*, 29 (4), 317-323.
- Verma, N. ve Sharma, R. 2017. Bioremediation of Toxic Heavy Metals: A Patent Review. *Recent Patents on Biotechnology*, 11(2), 1- 17.

- Volpi, G., Ginepro, M., Tafur-Marinos, J. ve Zelano, V. 2019. Pollution Abatement of Heavy Metals in Different Conditions by Water Kefir Grains as a Protective Tool against Toxicity. *Journal of Chemistry*, 2019, 1-10.
- Wolf, J., Sandstead, H.H. ve Rink, L. 2022. *Handbook on the Toxicology of Metals (Fifth Edition)*, 2, 963-984.
- Wong, C., Roberts, S.M. ve Saab, I.N. 2022. Review of regulatory reference values and background levels for heavy metals in the human diet. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 130, 1-6.
- Wu, G., Xiao, X., Feng, P., Xie, F., Yu, Z., Yuan, W. ve Li, X. 2017. Gut remediation: A potential approach to reducing chromium accumulation using *Lactobacillus plantarum* TW1-1. *Scientific Reports*, 7, 15000.
- Yalçın, N.F. ve Işık, M.K. 2017. Kefir; Ürün Özellikleri ve İnsan Sağlığına Etkisi. *Adıyaman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(1), 439-452.
- Yıldırım, F.K. 2022. Dört Otlı Kefirin Raf Ömrü Süresince Mikrobiyolojik, Fizikokimyasal, Duyusal ve Probiyotik Özelliklerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Yakın Doğu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Lefkoşa.
- Yüksekdağ, Z.N. ve Beyatlı, Y. 2003. Kefir Mikroflorası ile Laktik Asit Bakterilerinin Metabolik, Antimikrobiyal ve Genetik Özellikleri. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 1(2), 49-69.
- Yüksel-Çürük, S., Kuzukıran, Ö. ve Filazi, A. 2024. Investigation of the effects of yogurt cultures on polycyclic aromatic hydrocarbons. *Etlik Vet Mikrobiyol Derg*, 35 (1), 26-33.
- Ziarati, P., Shirkhan, F., Mostafidi, M. ve Zahedi, M.T. 2018. An Overview of the Heavy Metal Contamination in Milk and Dairy Products. *Acta Scientific Pharmaceutical Sciences*, 2(7), 8-21.