



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



FARKLI İŞLEM GÖRMÜŞ SÜTLERDE BAZI METAL DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

Fatma Esra TOTAN

**FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Ayhan FİLAZİ**

**ANKARA
2018**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI İŞLEM GÖRMÜŞ SÜTLERDE BAZI METAL
DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**

Fatma Esra TOTAN

**FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Ayhan FİLAZİ**

**ANKARA
2018**

ETİK BEYAN

Ankara Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Yüksek Lisans tezi olarak hazırlayıp sunduğum “*Farklı İşlem Görmüş Sütlerde Bazı Metal Düzeylerinin Belirlenmesi*” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Fatma Esra TOTAN

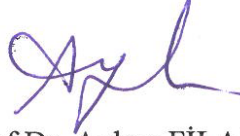
Tarih:

İmza:

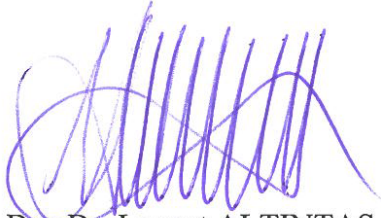
KABUL VE ONAY

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalında Fatma Esra TOTAN tarafından hazırlanan “Farklı İşlem Görmüş Sütlerde Bazı Metal Seviyelerinin Belirlenmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak OY BİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

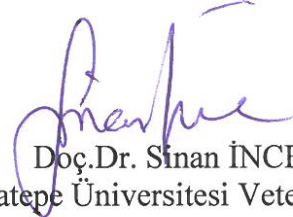
Tez Savunma Tarihi: 16.01.2019



Prof.Dr. Ayhan FİLAZİ
Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi
Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı
Jüri Başkanı
(Danışman)



Doç.Dr. Levent ALTINTAŞ
Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi
Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı



Doç.Dr. Sinan İNCE
Afyon Kocatepe Üniversitesi Veteriner Fakültesi
Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı
(Raportör)

Tez hakkında alınan Jüri kararı, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu tarafından onaylanmıştır.

Prof.Dr. Mehmet AKAN
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul ve Onay Sayfası	iii
İçindekiler	iv
Önsöz	vi
Simgeler ve Kısaltmalar	viii
Çizelgeler	x
1.GİRİŞ	1
1.1.Sütün Dünyadaki Tüketimi	1
1.2.Sütün Genel Bileşimi ve İnsan Sağlığındaki Rolü	2
1.3.İnek Sütünün Mineral Bileşimi ve İnsan Sağlığındaki Rolü	4
1.4. Sütte Kirletici Olabilecek Elementler	8
1.5. Metallerin Süte Geçiş Kaynakları	11
1.6. Çalışmanın Amacı ve Önemi	14
2. GEREÇ VE YÖNTEM	16
2.1. Süt örneklerinin toplanması	16
2.2. Kullanılan araç-gereçler ile ayıraç ve standart çözeltiler	16
2.3. Kalibrasyon eğrisi için çalışma standartlarının hazırlanması	18
2.4. Süt örneklerinin analize hazırlanması	18
2.5. Analiz Yöntem	19
2.6. Yöntemin Validasyonu	20
2.7. İstatistik	21
3. BULGULAR	22
4. TARTIŞMA	27
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	36
ÖZET	38

SUMMARY	39
KAYNAKLAR	40
ÖZGEÇMİŞ	50



ÖNSÖZ

Gerek insan ve gerekse diğer memelilerin doğduğundan itibaren vazgeçemediği ve kimilerine göre hayat iksiri olan süt ve süt ürünlerinin beslenmedeki önemine ilişkin elde edilen bilgiler her geçen gün artmaktadır. İçerdiği protein, vitamin ve mineral içeriğiyle süt, büyüme ve gelişme, doku yapımı, kemiklerdeki mineral yoğunluğunun artışı gibi birçok konuda memeliler için vazgeçilmez temel gıda maddesi olarak kabul edilmektedir. Bununla beraber endüstriyel gelişmelere bağlı olarak çevrenin kirlenmesinden etkilenen süt, çiftlikten sofraya geliş aşamalarında çevresel faktörlere ve işlenme şekline bağlı olarak beslenme açısından gerekli olmayan miktarlarda metal kirliliği de bulundurabilmektedir. Her metalin belli bir dozdan fazlasının memelilerde zehirlenmeye yol açtığı da bilinen bir gerçektir. Türkiye’de günümüze kadar yapılan çalışmalarda sütlerde çeşitli metallerin kabul edilebilir seviyelerden daha yüksek derişimlerde metal içerebileceği gösterilmiştir. Bununla beraber sütün işleme şeklinin metal kalıntılarının konsantrasyonunu ne yönde etkileyeceğine dair kısıtlı bilgilerimizin olması bizi böyle bir çalışmaya yönlendirmiştir.

Tezin gerçekleştirilmesinde bilimsel katkılarını, desteklerini ve deneyimlerini esirgmeden, her adımda beni doğruya yönlendiren başta Danışmanım Sayın Prof. Dr. Ayhan FİLAZİ’ye, Yüksek Lisans öğrenimim boyunca destek ve katkılarından dolayı Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı Öğretim üyeleri Sayın Prof. Dr. Ender YARSAN’a, Sayın Prof. Dr. Sezai KAYA’ya, Sayın Prof. Dr. Emine BAYDAN’a, Sayın Prof. Dr. Ali BİLGİLİ’ye, Sayın Doç. Dr. Levent ALTINTAŞ’a, Sayın Doç. Dr. Begüm YURDAKÖK DİKMEN’e ve Araştırma Görevlisi Sayın Sedat SEVİN’e teşekkürlerimi saygılarımla sunarım. Tez çalışmamda uygun laboratuvar ortamını bana sağladıkları için Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı öğretim üyelerine ve aynı Anabilim Dalı’nda Araştırma Görevlisi olan Sayın Emre Sunay GEBEŞ’e

katkılarından ve desteğinden dolayı teşekkürlerimi sunarım. Sonuçlarımın istatistiksel çalışmasını titizlikle yaparak beni doğruya yönlendiren, böylece risk değerlendirmelerime büyük katkı sağlayan, Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı Dr. Öğretim Üyesi Sayın Doğukan ÖZEN’e saygılarımla teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın uygun cihazla analiz edilmesinde yardım ve desteklerini esirgemeyen Aksaray Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi’nde görev yapan Uzman Gıda Mühendisi Sena ÖZBAY’a sevgi ve saygılarımla teşekkürlerimi sunarım.

Konuşmalarıyla beni yüreklendiren, çalışmam boyunca yanımda olup bana destek olan aileme minnet ve sevgiyle teşekkür ederim.

SİMGELER VE KISALTMALAR

NIH	Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Sağlık Enstitüsü
NIST	Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
USEPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Örgütü
As	Arsenik
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (European Food Safety Authority)
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Dk	Dakika
Fe	Demir
DRI	Diyetle alınan referans değer (Dietary reference intake)
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
P	Fosfor
PMTDI	Geçici maksimum tolere edilebilir günlük alım
PTWI	Geçici tolere edilebilir haftalık alım
Ge	Germanyum
JECFA	Gıda Katkı Maddeleri FAO/DSÖ Ortak Uzmanlar Komitesi
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)
G	Gram
h/h	Hacim/hacim
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
ICP-MS	İndüktif Eşleştirilmiş Plazma - Kütle Spektrometresi
IPCS	Uluslararası Kimyasal Güvenlik Programı
Sn	Kalay
Ca	Kalsiyum

Kg	Kilogram
kcal	Kilokalori
Cl	Klor
Cr	Krom
Pb	Kurşun
L	Litre
Li	Lityum
Mg	Magnezyum
Maks	Maksimum
Mn	Manganez
µg	Mikrogram
mg	Miligram
ml	Mililitre
Ms	Milisaniye
Min	Minimum
Mo	Molibden
HNO ₃	Nitrik asit
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi
DL	Ölçüm Sınırı (Detection limit)
K	Potasyum
RSD	Relatif standart sapma
Rb	Rubidyum
Se	Selenyum
Na	Sodyum
TDI	Toplam diyetteki alım
W	Watt

ÇİZELGELER

Çizelge 1.1. İnek Sütünün Yaklaşık Protein, Yağ Ve Karbonhidrat Değerleri	4
Çizelge 1.2. Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Sağlık Enstitüsüne Göre Kabul Edilebilir Günlük Çinko Alım Miktarları	6
Çizelge 2.1. Süt Örneklerinin Dekompozisyonu İçin Kullanılan Mikrodalga Fırın Sıcaklık Programı	19
Çizelge 2.2. Cihazın Ayarları ve Kalibrasyonu	20
Çizelge 3.1. Sertifikalı Referans Materyaldeki Element Konsantrasyonları ve Geri Kazanım	22
Çizelge 3.2. Çiğ Sütte Elde Edilen Geri Kazanım	23
Çizelge 3.3. Süt Çeşidine Göre Analizi Yapılan Elementlerin Rastlanma Sıklığı	25
Çizelge 3.4. Sütlerde Analizi Yapılan Element Düzeylerinin $\mu\text{g/kg}$ Cinsinden Aritmetik Ortalaması ile En Alt ve En Üst Konsantrasyonları	26

1. GİRİŞ

Süt, bileşimi açısından protein, esansiyel yağ asitleri, laktoz, vitamin ve mineraller açısından dengeli bir içeriğe sahip olduğundan vücut için en gerekli gıda maddelerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, süt ve süt ürünlerinin, bazı bulaşanlar ile kirlenebileceği ve bu nedenle hem insan sağlığını tehdit edebileceği hem de teknolojik bir risk faktörü oluşturarak ticari imajı etkileyebileceğine dikkat çekilmiştir. Sütteki metal konsantrasyonlarının belirlenmesinin, süt ve/veya türev ürünlerin hijyenik durumunun önemli bir "doğrudan göstergesi" olabileceği gibi, sütün üretildiği ortamın kirliliği bakımından da "dolaylı göstergesi" olabileceğine değinilmiştir (Licata ve ark., 2003).

Beslenme açısından, süt ve süt ürünlerindeki element içeriği, esansiyel ve esansiyel olmayan olarak iki grup şeklinde sınıflandırılabilir (Meshref, 2014). Esansiyel olmayan elementlerin düşük konsantrasyonlarda dahi bulunmasının metabolik bozukluklara ve diğer ciddi sonuçlara yol açabileceği, esansiyel elementlerin ise ancak fazlalığında doza bağlı olumsuzluklara neden olabileceği bilinmektedir (Khan ve ark., 2008). Ayrıca metallerle kirlenmiş olan tüm gıdaların tüketiminin ciddi sağlık problemlerine yol açabileceğine dikkat çekilmektedir. Bu durumun özellikle immun sistemin baskılanması, fötüsün gelişmesinde gerileme, psiko-sosyal etkileşimlerin bozulması, beslenme bozukluklarının ortaya çıkması ve bununla birlikte sindirim kanalında görülen kanser sıklığının artması gibi önemli rahatsızlıkların ortaya çıkmasını tetiklediği gösterilmiştir (Türkdoğan ve ark., 2003).

1.1. Sütün Dünyadaki Tüketimi

Gelişmekte olan dünyada, insanların beslenmenin önemine dair farkındalığı arttıkça, ekonomik koşullarına bağlı olarak öğünlerinde yüksek değerli ürünleri ve

özellikle de hayvansal gıdaları bulundurmaya eğilim gösterdikleri ifade edilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde kişi başına günlük enerji alımının 1961'de 1,861 kcal'den (gelişmiş ülkelerdeki ortalama enerji alımının yüzde 64'ü) 2007'de 2,651 kcal'ye (gelişmiş ülkelerdeki ortalama enerji alımının yüzde 78'i) yükseldiği bildirilmiştir. Aynı dönemde, gelişmekte olan ülkelerde hayvancılık ürünlerinin tüketiminin de hızla arttığı gözlenmektedir. Bu kapsamda gelişmekte olan ülkelerde süt tüketiminin neredeyse iki kat arttığı, et tüketiminin üç katına çıktığı ve yumurta tüketiminin beş kat arttığı ifade edilmiştir (FAO, 2013).

Bazı ülkelerde yetkili otoriteler tarafından halkın düşük yağlı ya da yağsız süt tüketmesi önerilmekte ve mevzuat da buna göre düzenlenmektedir. Örneğin sütteki en yüksek yağ içeriği Bulgaristan'da %0.1-1.5, Yeni Zelanda'da %1.5-2.5 ve Danimarka'da %0.7 olarak kabul edilmiştir. Arjantin, Avustralya, Yeni Zelanda, Filipinler ve Birleşik Krallık gibi bazı ülkeler ise çocuklarda düşük yağlı süt tüketiminin uygun olmadığını belirtmişlerdir. Bununla beraber yüksek yağ oranına sahip sütlerin çocuklara önerildiği yaş aralıkları da ülkelere göre değişiklik göstermektedir. Örneğin Avustralya ve Birleşik Krallık'ta 2, Yeni Zelanda'da 5 ve Filipinler'de 12 yaş altı çocuklara yüksek yağlı sütler önerilmektedir (FAO, 2013). Hâlbuki Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), anne sütü almayan 12 aydan daha büyük yaştaki çocukların beslenmesi için yarım yağlı sütü kabul edilebilir nitelikte bulmakta ama yağsız sütü, yaşamsal yağ asitleri içermemesi, yağda çözünen vitaminlerden yoksun olması ve böbrekten atılımının fazla olması nedeniyle yaşamın ilk iki yılında önemli bir gıda kaynağı olarak önermemektedir (German, 2006; WHO, 2004).

1.2. Sütün Genel Bileşimi ve İnsan Sağlığındaki Rolü

Sütün yüksek kalitedeki protein ve yağ içeriği, günlük öğündeki enerjinin büyük bir bölümünü karşılayabilmektedir. Beslenme için gerekli olan ve dışarıdan alınması gereken kalsiyum, magnezyum, selenyum, riboflavin, vitamin B12 ve

pantotenik asit gibi bazı vitamin ve mineralleri içermesi nedeniyle süt, eksiksiz bir gıda olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle hayvanlardan alınan sütün, günlük yağ tüketimi çok düşük olan ve diğer hayvansal gıdalara erişimi sınırlı olan kesimlerde özellikle çocukların beslenmesinde önemli bir rol oynadığı ifade edilmektedir (FAO, 2013).

Sütün ayrıca immunoglobülinleri, hormonları, büyüme faktörlerini, sitokinleri, nükleotitleri, peptitleri, poliaminleri, enzimleri ve diğer biyoaktif peptitleri içerdiği belirtilmiştir. Sütteki lipidlerin, süt serumu içerisinde globüler zarlarla kaplı bir şekilde emülsiyon halinde bulunduğu (Haug, 2007), proteinlerin ise miselyumlar gibi kolloidal bir şekilde homojen olarak dağılım gösterdiği (Keenan, 1995) bildirilmiştir. Misellerin %93'ü kazein, geri kalanı inorganik maddeler (kalsiyum, magnezyum, fosfat, sitrat, potasyum) halinde bulunmaktadır. Fosfoprotein yapısında bulunan kazeinin bu maddelerle oluşturduğu bileşiklere kalsiyum-kazeinat fosfat veya kalsiyum fosfo-kazeinat adı verilmektedir (Hansen, 1996; Keenan, 1995). Laktoz ve çoğu mineraller ise sütte çözünmüş halde bulunmaktadırlar. Böylece süt bileşiminin dinamik bir özelliğe sahip olduğu ve laktasyon, yaş, ırk, beslenme, enerji dengesi ve memenin sağlık durumuna göre değişeceği vurgulanmıştır (Haug, 2007).

Sütün bileşiminde bulunan omega-3 ve konjuge linoleik asit gibi özel yağ asitlerinin insan sağlığına yönelik olumlu etkileri olduğu belirtilmiştir (Lock, 2004). Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Tarım Bakanlığı'nın (USDA) verilerine göre inek sütünün yaklaşık 30 g/L protein içerdiği, bunun biyolojik değerinin yüksek olduğu ve bu nedenle esansiyel aminoasitler için iyi bir kaynak olduğu belirtilmiştir (USDA, 2016). Süt, ayrıca bileşiminde bulunan hormon, enzim, antikor ve bağışıklığı uyaran diğer maddeler yönünden de oldukça zengin bir içeriğe sahiptir (Çizelge 1.1) (Clare, 2000).

Çizelge 1.1. İnek sütünün yaklaşık protein, yağ ve karbonhidrat değerleri (USDA, 2016).

Besin Öğeleri	Birim	240 ml	Her 100 ml’de
Enerji	kcal	259	108
Protein	g	7.99	3.33
Total Lipit	g	10.99	4.58
Karbonhidrat	g	33	13.75
Lif	g	1.0	0.4
Şeker	g	31.01	12.92

1.3. İnek Sütünün Mineral Bileşimi ve İnsan Sağlığındaki Rolü

Sütün mineral içeriğinin hayvanın türü, iklim, mevsim, beslenme türü, laktasyon dönemi gibi faktörlere bağlı olarak oldukça değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir (Moreno-Rojas, 1993). Ayrıca sütteki mineral maddelerin makro ve mikro olarak sınıflandırılabilceği bildirilmiştir. Makro minerallerin sodyum (Na), potasyum (K), klor (Cl), kalsiyum (Ca), fosfor (P) ve magnezyum (Mg), mikro minerallerin ise selenyum (Se), demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu), manganez (Mn), molibden (Mo), krom (Cr), arsenik (As), germanyum (Ge), lityum (Li), rubidyum (Rb) ve kalay (Sn) olduğu belirtilmiştir (Moges, 2014).

Ca ve P’un sütte bulunan birincil minerallerden olduğu ve kazein miselleri ile birleşerek etkinleştikleri gösterilmiştir. Bu minerallerin yumuşak doku gelişiminde ve özellikle neonatal dönemde kemik büyümesini sağlaması açısından gerekli olduğu ifade edilmektedir. Sütün ayrıca içerdiği Zn, Mg, Fe, Mn ve Mo gibi minerallerin bazı enzimlerle kofaktör olarak işlev gördüğü gösterilmiştir (Hurley, 2010).

1.3.1. Demir (Fe)

Demirin birçok hayvan türünün sütünde düşük seviyelerde bulunduğu ve yavrularının beslenmesinde ihtiyaca göre dışarıdan verilmesi gerektiği belirtilmiştir. Fe, hemoglobinin yapısında bulunması sebebiyle yeni doğanlarda önem taşımakta olup, birçok türün yavrusunun karaciğerde Fe depoları ile doğduğu bu yüzden, yavrunun doğumdan hemen sonra bir Fe takviyesine (enjeksiyon) ihtiyaç duymayacağı bildirilmiştir. Sütteki Fe miktarının, laktoferrin, transferrin, ksantin oksidaz ve kısmen kazein ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Hurley, 2010). Sütün fermentasyonu sırasında laktik asit ve diğer organik asitlerin üretildiği ve bu durumun sindirim kanalından Fe emilimini arttırdığı, ayrıca fermente sütün diğer gıdalarla tüketilmesi durumunda, içeriğindeki organik asitlerin diğer gıdalardaki demirin emilmesine de olumlu yönde katkı sağlayacağı ifade edilmiştir (Branca ve ark., 2002).

1.3.2. Selenyum (Se)

Vücut sıvıları ve dokularındaki Se düzeyinin, gıdalarla doğrudan Se alımı ile ilişkili olduğu ve sütün Se için iyi bir kaynak olduğu bildirilmiştir (Haug, 2007). Se'un, bağışıklık sistemi, antioksidan sistem, DNA sentezi ve onarımında görev aldığı kaydedilmiştir (Dodig ve ark., 2004). Se alımını artırmak için farklı yollar uygulanabildiği, örneğin evcil hayvanların tükettikleri gıdalara Se açısından zengin mayaların eklenmesiyle Se alımının artırabileceği gösterilmiştir. Sütün yaklaşık 50-100 µg Se/L içermesi, iyi bir Se kaynağı olabileceği göstermektedir (Haug ve ark., 2007).

1.3.3. Çinko (Zn)

Çinko'nun; galvanize demir kaplar, bronz, pil, kauçuk, cam, kâğıt, pestisit, fungusit, akü, otomotiv endüstrisi, oyuncak, diş dolgusu, deodorant, kaynak işleri, dermal ürünler, antiseptikler ve insülin yapımında kullanılabileceği belirtilmiştir (Vural, 1993). Çinkonun, üretimin yapıldığı yerin yakınlarındaki toprak, bitki ve sularda yüksek oranda tespit edildiği bildirilmiştir (Yücel, 1995). Çinkonun, çeşitli enzimlerin ve metalloproteinlerin önemli bir parçası olduğu ve vücutta DNA onarımı, hücre büyümesi ve replikasyonu, gen ifadesi, protein ve lipid metabolizması, bağışıklık fonksiyonu, hormon aktivitesi gibi çeşitli işlevlere sahip olduğu gösterilmiştir (Haug, 2007). Süt, yaklaşık 3,8 mg/L Zn içermekle iyi bir Zn kaynağı olarak bilinir (Tekinşen, 2005). Yetişkin insanlarda Zn'un önerilen günlük alım miktarının 8-11 mg/gün olarak hesaplanmakta (Haug, 2007) ve sütteki Zn'un biyoyararlanımının sebzelerdekine göre daha iyi olduğu ve öğünlere süt ve ürünlerinin ilave edilmesiyle Zn'un toplam biyoyararlanımının artırabileceği ileri sürülmüştür (Hansen ve ark., 1996). Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) günlük olarak gıdalarla alınabilecek maksimum Zn düzeyini 0,23 mg/kg olarak tespit etmiştir. NIH (ABD Ulusal Sağlık Enstitüsü) verilerine göre günlük en yüksek kabul edilebilir Zn alımı Çizelge 1.2 de gösterilmiştir (NIH, 2016).

Çizelge 1.2. Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Sağlık Enstitüsüne göre Kabul Edilebilir Günlük Çinko Alım Miktarları.

Yaş Aralığı	En Yüksek Limit (mg/gün)
0-6 ay	4
7-12 ay	5
1-3 yıl	7
4-8 yıl	12
9-13 yıl	23
14-18 yıl	34
Erişkinlik	40

1.3.4. Krom (Cr)

Krom, geçmişte memeli diyetlerinin esansiyel bir bileşeni olarak kabul edilmesine rağmen, günümüzde çağdaş standartlarda yapılan beslenme araştırmaları bunun esansiyel bir element olmadığını göstermektedir (Vincent, 2017). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA), 2014 yılında, “sağlıklı bireylerde krom alımı ile ilişkili yararlı etkilere dair hiçbir kanıt bulunmadığını” ve “krom için yeterli alım miktarının belirlenmesinin de uygun olmadığını” belirtmiştir (EFSA, 2014). Başka bir deyişle EFSA, kromun insanlar için önemli bir unsur olmadığı sonucuna varmıştır. Aynı kurumun daha önce hayvanlar için de benzer bir sonuca vardığı görülmektedir (European Food Safety Authority, 2009). Bununla beraber özellikle +3 değerlikli kromun insülin duyarlılığını artırması ve lipid metabolizmasını etkilemesi nedeniyle esansiyel bir element olduğunu iddia eden bilimsel yayınlar halen yayınlanmaya devam etmektedir (Drake ve ark., 2012; Vincent, 2017). Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü de kromu esansiyel olarak kabul etmektedir (WHO, 1996). Bir madde, belirlenmiş biyokimyasal bir göreve sahipse veya eksikliğinde ölüme veya üremede olumsuzluğa neden oluyorsa ve diyetle ilave edildiğinde bu etkileri önleyebiliyorsa esansiyel olarak kabul edilir. Bu nedenle EFSA’nın değerlendirmeleri de göz önüne alındığında günümüz verileri kromun esansiyel bir element olmadığını, ancak gıdalarda normal olarak bulunduğu miktarlardan daha yüksek dozda verildiğinde farmakolojik etkisinden söz etmenin mümkün olduğu bildirilmiştir (Vincent, 2017). Bununla beraber bu çalışmada DSÖ’nün kararı göz önüne bulundurulmuş ve kromun esansiyel olduğu varsayılarak değerlendirme yapılmıştır.

Krom ve birçok elementin inek, keçi ve insan sütündeki düzeylerinin araştırıldığı bir çalışmada, kromun 39-144 µg/L (min/maks) ile en çok keçi sütünde bulunduğu gösterilmiştir (Bilandzic ve ark., 2015).

1.3.5. Bakır (Cu)

Bakır'ın; üreme süreçlerinin optimizasyonunda, Fe kullanımında, yükseltgenme-indirgeme reaksiyonlarında, hemoglobin, bağ dokusu ve fosfolipitlerin sentezinde rol oynayan enzimlerin aktivasyonunda ve glukoz metabolizmasında bir kofaktör olarak önemli bir role sahip olduğu belirtilmiştir (Bilandzic ve ark., 2015).

İnsan vücudundaki bakır eksikliğinin çok nadir görüldüğü, sadece uzun süreli açlık vakalarında olabileceği ve süt ve süt ürünlerinin ise zayıf bakır kaynakları olduğu bildirilmiştir (NIH, 2018). Sütteki bakır içeriğinin sterilizasyon aşamalarında hafif oranlarda fakat istatistiksel olarak anlamlı sayılan azalmalar gösterdiği kaydedilmiştir (Zurera-Cosano ve ark., 1994).

1.4. Sütte Kirletici Olabilecek Elementler

1.4.1. Kadmiyum (Cd)

Yaygın olarak yer kabuğunda bulunan Cd, her zaman Zn ile kombinasyon halinde bulunmaktadır. Cd, ayrıca sanayide Zn, Pb ve Cu ekstraksiyonu sırasında yan ürün olarak oluşur. Doğaya başlıca toprak yolu ile giren Cd'un, gübre ve pestisitlerde de bulunabileceği ifade edilmiştir. Cd ve bileşiklerinin kullanım alanları olarak porselen, fotoğrafçılık ürünleri, boya, cam, tekstil, plastik, floresanlı boya, elektrik malzemeleri, piller, fungusit, insektisit ve metal alaşımlar ile sentetik polimerlerin üretimi olduğu bilinmektedir. Endüstrinin birçok alanında kullanılması nedeniyle çevreye yayılmakta ve bu da gıda maddelerinde bulunma riskini artırmaktadır. Bu nedenle toprakta yetişen patates, yapraklı ve köklü sebzeler, meyveler ve mantarlarda birikebileceği ve bunlarla beslenen hayvanlardan elde edilen gıda ürünlerinde sıklıkla Cd'a rastlanabileceği belirtilmiştir (Vural, 1993). Bunlara ilave olarak Cd ayrıca gıda ambalajlarının yapımında da kullanılmakta ve asitliği yüksek gıdalara rahatlıkla geçebilmektedir (Deshpande, 2002). DSÖ'ne göre halk sağlığının korunması için

havadaki Cd düzeyinin; kırsal alanlarda 1-5 ng/m³, tarımsal etkinliklerin bulunmadığı kent ve sanayi bölgelerinde 10-20 ng/m³'ü geçmemelidir. Ancak havadaki Cd miktarı 1 mg/m³ düzeyini geçtiğinde solunum sisteminde olumsuzluklara neden olma olasılığı bulunmaktadır. FAO ve DSÖ'ne göre haftalık alınabilecek maksimum Cd miktarı 400-500 µg olarak belirlenmiştir (WHO, 2010).

1.4.2. Nikel (Ni)

Çevredeki Ni kaynaklarının piller, seramik, endüstri ve laboratuvarlarda kullanılan katalizör kaplamaları ile maden filizleri, tasfiye fırınları ve rafineri atıkları olduğu bildirilmiştir (Gad, 2005). Ni ile kirlenen hava, su, toprak ve gıdalardan Ni'in hayvanlara geçebildiği belirtilmiştir. EFSA'nın yayınladığı bilimsel bir araştırmaya göre, Ni'in özellikle sebzelerle ve içme suyunda bulunarak hayvan ve insan sağlığına tehdit oluşturabileceği belirtilmiştir. EFSA Ni için tolere edilebilir günlük alım (TDI) miktarını 2,8 µg/kg olarak belirlemiştir (EFSA, 2015).

1.4.3. Kurşun (Pb)

Kurşunun, petrol ve boya sanayi, piller, elektrik kabloları, seramik sırlı kaplar, silah yapımı, konserve kutularının kaplanması, insektisit üretimi, boru ve kapların parlatılması gibi birçok alanda kullanıldığı belirtilmiştir (ILA, 2018). Endüstriyel atıkların su yoluyla taşınması sonucunda bir çok canlıya Pb geçebileceği ifade edilmektedir (Topçuoğlu ve ark., 2002). Ayrıca kurşunlu borulardan geçen su ile gıda ambalajlanmasında kullanılan kaplarda Pb'lu lehimlerin kullanılması da gıdalardaki kurşunun kaynakları arasında sayılmaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğine göre çiğ süt, ısıtılmış süt ve süt bazlı ürünlerin üretiminde kullanılan sütteki maksimum kalıntı limiti yaş ağırlığa göre 0,020 mg/kg olarak belirtilmiştir (Resmi Gazete, 2011).

1.4.4. Arsenik (As)

Çevrede bulunan arseniğin kurşunun sertleştirilmesi ve antipas üretimi ile ahşapların korunması gibi alanlarda kullanıldığı belirtilmiştir. Yarı metal (metaloid) olan As, sulara da değişik oranlarda doğal olarak bulunabilir. Doğada normal olarak belirli miktarda bulunan As sanayi atıklarının çevreye atılması sonucunda toprak, su ve tahıllarda miktarının arttığı bu sayede ise toprağa bulaşan As'ın bitkiler aracılığı ile insanlara ve hayvanlara taşınabileceği belirtilmiştir (Erkmen, 2010). Normalde topraktaki As miktarının 6 µg/g olduğu ve As bazlı pestisit kullanımı sonucunda topraktaki miktarının 500 µg/g'a kadar ulaşabileceği belirtilmiştir (Navarro ve ark., 1993). Topraktan bitkilere ve bu bitkilerle beslenebilen hayvanlara geçmesi ile As ciddi sağlık tehlikeleri oluşturabilmektedir. FDA'nın verilerine göre tüm yaş grupları için en yüksek kabul edilebilir As limiti 0,5- 0,81 µg/kg/gün olarak belirlenmiştir (FDA, 1991).

1.4.5. Alüminyum (Al)

Yer kürede oksijen ve silisyum'dan sonra en çok bulunan üçüncü element olan alüminyum, yer kabuğunun ağırlıkça %8.13'ünü oluşturmaktadır. Doğal olarak toprakta, minerallerde, kayalarda ve hatta su ve gıdada bulunur. Al'un insan vücudunda herhangi önemli bir biyolojik işlev görmediği belirtilmiştir (Soni ve ark., 2001). Al alımının sağlık açısından oluşturabileceği riskler uzun yıllar boyunca tartışmalı bir konu olmuştur. Vücuda alımından sonra düşük biyoyararlanımının olması ve idrardaki atılımının çok hızlı olması dolayısıyla insan sağlığına zararlı olarak kabul edilmediği bazı kaynaklarda belirtilmiştir (Stahl ve ark., 2011). Bununla beraber son zamanlarda anemi, osteomalazi ve nörolojik bir sendrom ile ilişkilendirildiği belirtilmiştir. Buna ek olarak, demans gibi ciddi nörolojik bozukluklarının gelişiminde Al'un bir kofaktör olduğuna dair kanıtlar olduğu bildirilmiş, ancak kanıtlanamamıştır (Karbouj ve ark., 2009). İnsanların sıklıkla gıda maddeleri, su, havadaki tozlar ve farmasotiklerle Al'a maruz kalabildikleri belirtilmiştir (Semwal ve ark., 2006). Çeşitli ülkelerden elde edilen verilerin değerlendirildiği bir makalede, yetişkinlerin değişik

kaynaklardan günde 2 ila 160 mg Al'a maruz kaldıkları ifade edilmiştir (Soni ve ark., 2001). Al'un gıda zincirine bir dizi doğal ve antropojenik kaynaktan girdiği ve gıdalardaki ana Al kaynaklarının tahıllar, tatlılar, içecekler ve süt ürünleri olabileceğine dikkat çekilmiştir (Arruda ve ark., 1994).

1.5. Metallerin Süte Geçiş Kaynakları

Sanayi ve tarımsal etkinliklerin artması, havada, suda ve topraklarda metal derişimlerinin artmasına neden olmuştur. Bazı metallerin bitkiler tarafından alınarak dokularında biriktiği, kontamine bitkilerin bulundukları otlaklarda otlayan ve kontamine suları içen hayvanların dokularına ve sütlerine geçtiği bildirilmiştir (Maas ve ark., 2011). Bitkiler ve hayvanlar tarafından alınan bu metallerin büyük bir kısmının daha sonra gıda zincirine girebildikleri belirtilmiştir. Metallerin insan vücuduna solunum, ağız veya deriden emilme yoluyla geçtiği ifade edilmiştir (Ogabiela ve ark., 2010).

Metallerin ağızdan alınmasının, beslenme alışkanlığına bağlı olarak değiştiği ileri sürülmektedir. İnsanın çokça tükettiği önemli bir gıda maddesi olan inek sütü en önemli kaynaklardan biridir. Sütteki ana elementlerin içeriğinin oldukça sabit olduğu ve laktasyon dönemi, beslenme kalitesi ve esas olarak çevre koşullarına bağlı kimyasal kirleticilere maruz kalınması ile mineral kompozisyonunun değişikliklere uğrayabileceğine değinilmiştir (Farid ve ark., 2004). İneklerin de insanlar gibi metallere maruz kalmasının yemlerle ağız yoluyla ya da havadan solunum yoluyla olabileceği ifade edilmiştir (Miclean, 2011). Hayvanlara verilen yemin, mineral içeriğinin ana katkısı olarak görüldüğü ve yem bitkilerinin bu içeriği toprak ve sudan alabildiği, ineklerin bu bitkileri yemek suretiyle elementleri vücutlarında topladığı ve kan yoluyla süte salgıladığı belirtilmiştir (Moreno-Rojas ve ark., 1993). Mevsim değişimlerinde kullanılan yem türünün sütteki element içeriğinde önemli düzeyde etkili olduğu ve kışlık yemlerdeki Pb, Fe, Cu ve Zn düzeyinin daha yüksek olduğu ve bunun süte yansıdığı belirtilmiştir. Sütte bulunan elementlerin ilk kaynağının yemler

olduğu belirtilse de sudan (brom, flor), insektisitlerden ve ilaç artıklarından (As, Pb), cam kaplardan (silisyum), mandıradaki ekipmanlardan ve metal kaplardan da (Cu, Fe, Ni, Zn) gelerek süte geçen miktarlarının kantitatif olarak tayin edilebildiği ifade edilmiştir (Yarsan, 2012).

DSÖ'ne göre Cd ve Pb'un endüstriyel kuruluşların fazla olduğu bölgelerde havaya salınma oranının yüksek olduğu (WHO, 2007) ve özellikle bu tür bölgelere yakın yerlerde üretilen süt ve süt ürünlerinde riskin daha yüksek olabileceği belirtilmiştir (Coşkun, 2016). Pek çok ülkede yapılan çalışmalarda örneklerin alındığı bölgelerin sanayi kuruluşlarına yakın olması durumunda sütte belirlenen Cd düzeyinin olması gereken sınır değeri aştığı gösterilmiştir (Abdulkhaliq ve ark., 2012). Özellikle bebekler ve çocukların süt tüketiminin fazla olması sebebiyle, süt ve süt ürünlerindeki Pb ve Cd kalıntılarının önem teşkil ettiği belirtilmiştir (WHO, 2007). Pb ve Cd'un, potansiyel kanserojen maddeler olarak kabul edildiği ve kardiyovasküler sistem, böbrekler, kan ve iskelet sistemi ve sinir hücrelerindeki birçok hastalığın etiyolojisi ile ilişkilendirildiği ifade edilmiştir (Zhuang ve ark., 2009).

Fe, Cu ve Zn gibi mikro elementlerin birçok biyolojik fonksiyon için gerekli olduğu belirtilmiştir. Bu elementlerin eksikliklerinin çeşitli hastalıklara neden olabileceği, ancak daha yüksek seviyelerde mevcut olmaları durumlarında, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilerinin de olabileceği ifade edilmiştir. Sütte bulunan metallerin toksisite ve gereklilik durumlarının elementten elemente değişebileceği belirtilmiştir. Süt ve süt ürünlerinin çok az miktarlarda Fe, Cu ve Zn içerdiği gösterilmiştir (Kazi ve ark., 2009). Süt ve süt ürünlerinin element içeriği, laktasyon dönemine, hayvanın beslenme durumuna, çevresel ve genetik faktörlere, imalat uygulamalarının özelliğine ve işleme sırasında ekipmandan bulaşması olasılığına bağlı olarak değişebileceğine dikkat çekilmiştir. Süt ve süt ürünlerinde metal konsantrasyonlarına yönelik yapılan çalışmaların çoğunluğunda yüksek düzeylerde Cd, Pb ve Zn tespit edildiği ve bu bulaşmanın daha çok sanayi ve insan faaliyetlerine bağlı olarak gerçekleştiğine değinilmiştir (Ataro ve ark., 2008; Licata ve ark., 2004; Maas, 2011; Simsek ve ark., 2000; Sola-Larranaga ve ark., 2009).

Yapılan bazı çalışmalarda teknolojik ilerlemenin, çeşitli sanayi faaliyetlerinin ve artan karayolu trafiğinin çevre kirliliğinde önemli bir artışa neden olduğu ve bu yollarla bazı metallerin, özellikle Cd ve Pb'nun neredeyse her yerde bulunması ve bu nedenle gıda zincirine girmelerinin kolaylaşmasını sağladığı belirtilmiştir (Licata ve ark., 2004).

Çevre kirliliğinin inek sütündeki metal derişimlerini nasıl etkilediğini araştıran bir çalışmada (Şimşek ve ark., 2000), Bursa ili civarındaki sanayi bölgelerinde, kırsal alanlarda ve trafik yoğunluğu fazla olan bölgelerde olmak üzere üç farklı bölgeden toplanan 75 çiğ süt örneğinde Pb, As, Cu, Zn, Hg ve Fe içeriği belirlenmiştir. Bu üç bölgeden alınan numunelerdeki ortalama miktarlar Pb için 0,018 ile 0,049 mg/kg; As için, 0,0002 ile 0,05 mg/kg; Zn için 3,77 ile 4,49 mg/kg; Cu için 0,39 ile 0,58 mg/kg ve Fe için 1,01 ile 1,78 mg/kg olarak ölçülmüş olup numunelerin hiç birinde tespit edilebilir oranda cıva saptanmadığı belirtilmiştir. En yüksek metal seviyelerinin, sanayi bölgesinden toplanan süt örneklerinde olduğu ardından trafik yoğunluklu bölge ve kırsal alanda bulunduğu belirtilmiştir.

Son yıllarda mikro elementlere artan bir ilgi duyulmaktadır. Bu durumun sebepleri ise çeşitli faktörlere bağlanmıştır ve bu yönde özellikle süt ve süt ürünlerinde yapılan çalışmalar artarak ilerlemektedir. Mikro elementlerin gıdalardaki varlığı, gıda işleme koşulları, çevre kirliliği, sanitasyon ve hayvancılık gibi kalitatif parametrelerin göstergesi olduğu ve sütün kimyasal ve işlevsel özelliklerini etkileyebileceği için önemli değerlendirme parametreleri haline gelmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda sütün kullanılan alet, ekipman ve sterilizasyon yöntemleri yoluyla metaller ile bulaşabileceğine dikkat çekilmiştir (Merdivan ve ark., 2003). Al, Pb, Cd ve As gibi elementler, süt ürünlerinin üretiminde kullanılan alet ve makinelerden gıdalara geçerek kirliliğe neden olabilmektedir (Coni ve ark., 1996). Ayar ve ark. (2009), tarafından yapılan çalışmada, süt örneklerinin Al içeriği ve diğer süt ürünleri örneklerinin kendi grupları içinde önemli ölçüde farklı bulunduğu tespit edilmiştir. Bu durumun nedenleri arasında numunelerin farklı zamanlarda ve yerlerden toplanması,

farklı işleme yöntemleri ve araçlarının kullanılması gösterilmiştir. Aynı çalışmada beyaz peynir, kaşar peyniri, ayran ve süt numunelerindeki kurşun içeriklerinde de anlamlı sayılabilecek oranda farklılıklar tespit edilmiş ve Pb ile kontaminasyon kaynaklarının, Pb kaplamalı boru ve Pb kaplamalı tanklar, konserve kaplar ve içecek depolamak için çömlek kullanımı olabileceği belirtilmiştir. Peynir çeşitlerindeki Pb içeriğinin (kaşar peynirinde 1,10 mg/kg, beyaz peynirde 0,92 mg/kg), yoğurttaki ve sütteki Pb içeriğinden (ayranda 0,136 mg/kg; sütte 0,103 mg/kg) daha yüksek bulunduğu belirtilmiştir.

Etiyopya’da yapılan bir çalışmada farklı bölgelerden toplanan süt tozlarının Cd, Pb ve Cr yönünden yapılan analizlerinde Pb konsantrasyonunun 0,038-0,169 mg/kg arasında değiştiği belirtilmiştir (Moges, 2014).

1.6. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Sütte bulunabilecek ve olumsuz etkilere neden olabilecek metal düzeylerinin düzenli olarak izlenmesi insan ve hayvan sağlığı açısından önemlidir. Yapılacak olan bu tarz çalışmalar sütte olumsuzluğa neden olabilecek bulaşanları saptaması yanında bulaş kaynaklarının da ön görülmesini kolaylaştırarak önlem alınmasını sağlayacaktır.

Yukarıda örnek olarak verilen bazı çalışmalardan gerek Türkiye’de ve gerekse dünyada günümüze kadar süt ve süt ürünlerinde çeşitli metallerin kabul edilebilir seviyelerden daha yüksek derişimlerde metal içerebileceği görülmektedir. Ancak teknolojinin gelişmesiyle beraber sütün ürün tiplerinde de buna paralel olarak artış olduğu ve artık sütün sadeliğinden ziyade aromasını ve lezzetini artırmak ve daha fazla severek tüketilmesini sağlamak için geliştirilen meyveli süt tipinin metal kalıntılarının konsantrasyonunu ne yönde etkileyeceğine yönelik bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu yüzden bu çalışmada sütün farklı işlem görmüş tiplerinin değerlendirilmesi sütte bulunabilecek metallerin miktarlarıyla ilgili daha somut veriler elde edilmesini sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amacı marketlerde satılan farklı işlem görmüş sütlerde bazı metal seviyelerinin tespit edilmesidir. Elde edilen sonuçlar uluslararası kuruluşlar ve Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen maksimum kalıntı seviyeleri ile karşılaştırılarak risk değerlendirmesi yapılacaktır. Böylece değişik işlem görmüş sütlerin metal düzeylerinin ölçülmesiyle halk sağlığına yönelik bir katkı yapılması hedeflenmiştir.

Tam yağlı, yarım yağlı, yağsız, organik, aromalı sütler (çilekli, muzlu, kakaolu), pastörize ve çiğ süt gruplarının olacağı bu çalışmada sütün geçtiği farklı aşamaların metal birikimine etkisi değerlendirilecektir. Ayrıca yağlı ve yağı azaltılmış sütlerin metal içeriklerinin karşılaştırmasıyla metallerin yağa bağlı olarak tutulumunun da değerlendirmesi yapılacaktır. Bilgilerimize göre aromalı sütlerin metal içeriği yönünden değerlendirilmesi bu çalışmayla ilk kez yapılmış olacaktır. Burada seçilen metaller ise Dünya Sağlık Örgütüne göre esansiyel olarak kabul edilen Zn, Se, Cu, Fe ve Cr, olası esansiyel olarak kabul edilen Ni ve zehirlilik potansiyeli taşıdığı kabul edilen Pb, Cd, As ve Al'dur.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Süt örneklerinin toplanması

Çalışmada kullanılan örnekler, Ankara'daki marketlerde farklı tipte işlem görmüş ve ambalajlı olarak satılan UHT (yüksek ısıda sterilize edilmiş) ve pastörize sütler ile sütçülük işletmelerine gelen ve soğutmalı çiğ süt tanklarında bulunan sütlerden Haziran-Temmuz 2017'de toplanmıştır. Bunun için her grupta 10 olmak üzere tam yağlı, yarım yağlı, yağsız, organik, pastörize, çilekli, kakaolu, muzlu ve çiğ süt örneği olmak üzere toplam 90 örnek toplanmıştır. Çiğ sütler en az 250 mL, diğerleri ise ambalajlı olarak 200 ile 1 L arasında değişen miktarlarda alınmışlardır. Ambalaj halinde alınan sütlerin öncelikle ambalajları kontrol edilerek sağlam olduğu görüldükten sonra alınmış ve markaları ve seri numaraları farklı olacak şekilde seçilerek laboratuvara getirilmiş ve analize kadar +4°C'de muhafaza edilmiştir. Çiğ sütler ise cam kavanozlara alınarak toplanmış ve soğuk zincir ile laboratuvara ulaştırılarak analize kadar -21°C'de muhafaza edilmiştir. Element analizleri tüm numuneler toplandıktan sonra en geç 2 hafta içerisinde gerçekleştirilmiştir. Analiz edilen ambalajlı sütlerin raf ömürlerinin geçmemesine dikkat edilmiştir.

Çalışmada firma gizliliğine dikkat edilerek marka ismi yerine kodlama sistemi ile çalışılmıştır.

2.2. Kullanılan araç-gereçler ile ayıraç ve standart çözeltiler

- Nitrik asit (HNO₃, %65 superpure, Carlo Erba, Milan, İtalya)
- Hidrojen peroksit (H₂O₂, %30 ultrapure, Carlo Erba, Milan İtalya)
- Cam pipetler
- Beherler (Cam)

- Falcon tüpler
- Parafilm
- Süzgeç kağıdı (Whatman No.42, 125 mm gözenekli)
- Mikrodalga fırın (MWS-2, Berghof Marka, Eningen, Almanya)
- Basınç ve sıcaklığa dayanıklı mikrodalga fırın kapları
- Distile su ve ultra distile su (Milli-Q water purification system, Millipore, Molfheim, Fransa)
- İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma - Kütle Spektrometresi, ICP-MS (XSERIES 2 ICP-MS, Thermo Scientific, MA, USA)
- Alüminyum ICP standardı NIST'ten SRM uyumlu %2-3 HNO₃ içerisinde Al(NO₃)₃ 10000 mg/L Al CertiPUR® (Merck, Darmstadt Almanya).
- Arsenik ICP standardı NIST'ten SRM uyumlu %2-3 HNO₃ içerisinde H₃ AsO₄ 1000 mg/L As CertiPUR® (Merck, Darmstadt Almanya).
- Kadmiyum ICP standardı NIST'ten SRM uyumlu %2-3 HNO₃ içerisinde Cd(NO₃)₂ 1000 mg/L Cd CertiPUR® (Merck, Darmstadt Almanya).
- Krom ICP standardı NIST'ten SRM uyumlu %2-3 HNO₃ içerisinde Cr(NO₃)₃ 1000 mg/L Cr CertiPUR® (Merck, Darmstadt Almanya).
- Bakır ICP standardı NIST'ten SRM uyumlu %2-3 HNO₃ içerisinde Cu(NO₃)₂ 10000 mg/L Cu CertiPUR® (Merck, Darmstadt Almanya).
- Demir ICP standardı NIST'ten SRM uyumlu, %10 HNO₃ içerisinde Fe(NO₃)₃ 10000 mg/L Fe CertiPUR® (Merck, Darmstadt Almanya).
- Nikel ICP standardı NIST'ten SRM uyumlu %2-3 HNO₃ içerisinde Ni(NO₃)₂ 10000 mg/L Ni Certipur®
- Kurşun ICP standardı NIST'ten SRM uyumlu %2-3 HNO₃ içerisinde Pb(NO₃)₂ 1000 mg/L Pb CertiPUR® (Merck, Darmstadt Almanya).
- Selenyum ICP standardı NIST'ten SRM uyumlu %2-3 HNO₃ içerisinde SeO₂ 1000 mg/L Se CertiPUR® (Merck, Darmstadt Almanya).
- Çinko ICP standardı NIST'ten SRM uyumlu %2-3 HNO₃ içerisinde Zn(NO₃)₂ 1000 mg/L Zn CertiPUR® (Merck, Darmstadt Almanya).
- Rodyum ICP standardı NIST'ten SRM uyumlu %2-3 HNO₃ içerisinde Rh(NO₃)₃ 1000 mg/L Rh CertiPUR® (Merck, Darmstadt Almanya).

- Sertifikalı referans materyal (Skimmed milk powder, ERM-BD151, Sigma-Aldrich, Steinheim, Almanya)

2.3. Kalibrasyon eğrisi için çalışma standartlarının hazırlanması

Analitik kalibrasyon standartları günlük olarak 0, 5, 10, 20, 50 ve 100 µg/L aralığında %2'lik HNO₃ (h/h) çözeltisinde hazırlandı. Rodyum 100 µg/L konsantrasyonda internal standart olarak kullanıldı. Böylece 6 noktada kalibrasyon eğrisinin çizilmesiyle ve her elementin ölçüm sınırı (detection limits-DLs) standart sapmanın 3 katını temsil edecek şekilde belirlendi.

2.4. Süt örneklerinin analize hazırlanması

Kullanılacak gereçler çalışmadan önce bir gün boyunca %65'lik HNO₃ çözeltisinde bekletilerek herhangi bir bulaşma riskine karşı hazır hale getirildi. Çözeltiden çıkartılan gereçler ultra distile su ile iyice yıkanarak (en az 3 defa) asitten arındırıldı. Analiz için hazır hale getirilecek numunelere marka ismi olmadan numaralandırma yapıldı. Mikrodalga fırına ait teflon tüplere numuneler numara sırasına göre yerleştirildi ve her gün işlenen numuneler bu sırayla kaydedildi.

Mikrodalga fırında yapılan çözündürme işlemleri sırasında teflon kaplar, numunelerin süzülmesinde ise Whatman 42 marka 125 mm gözenekli filtre kağıtları kullanıldı. Analizi yapılacak örneklerden organik bileşiklerin arındırılması ve inorganik bileşiklerin çözünür faza geçirilmesi amacıyla yapılan dekompozisyon işlemlerinde mikrodalga fırın ile kapalı sistem yağ yakma yöntemi kullanıldı.

Mikrodalga fırının kullanım talimatlarına göre (Berghof MWS-2 Sistem), yakma işleminden önce süt örneklerinden 1 g olacak şekilde teflon kaplara alındı ve üzerine 6 ml %65'lik HNO₃ ve 3 ml %30'luk H₂O₂ ilave edildi. Mikrodalga fırının süt

örneklerinin yakılması için kullanılan ısıtma programı Çizelge 2.1’de verilmiştir. Yakma işleminden sonra örnekler oda ısısına gelene kadar bekletildi ve Whatman 42 marka süzgeç kâğıtları kullanılarak süzüldü. Süzüntü ultradistile su ile 15 ml’ye tamamlandı. Bir gün içinde çalışılan örnekler için o güne ait, içerisinde yalnızca süt numunesi bulunmayan kör (1 ml deiyonize su+6 ml HNO₃+3 ml H₂O₂) hazırlandı. Aynı hazırlık aşamaları köre de uygulandı.

Çizelge 2.1. Süt örneklerinin dekompozisyonu için kullanılan mikrodalga fırın sıcaklık programı

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

2.5. Analiz Yöntemi

Analizler ABD Çevre Koruma Örgütünün önerdiği yönteme göre yapılmıştır (USEPA, 1998). Bunun için sudaki elementlerin analizinde Türk Akreditasyon Kurumu tarafından akredite edilen Aksaray Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarındaki ICP-MS cihazı kullanılmıştır.

Analizlere başlamadan önce uygun çalışma parametreleri belirlenmiş ve daha önceden hazırlanmış kalibrasyon standart serileri ile kalibrasyonlar yapılmıştır. Kalibrasyon yapılırken kör numune önce cihaza okutulmuş ve daha sonra en düşük konsantrasyondan başlayarak sırasıyla yüksek konsantrasyona doğru standartlar okutulmuş ve o konsantrasyona gelen emisyon şiddetine göre kalibrasyon eğrileri çizilmiştir. Yakma işleminden sonra numuneler otomatik örnekleyiciye konulmuş ve her enjeksiyondan sonra yıkama çözeltisi ile kendini temizlemesi programlanmış ve bir önceki numune veya standartdan bulaşma olmasının önüne geçilmiştir. Her on

okuma sonrasında kalibrasyon performansı kontrol edilmiştir. Elde edilen numune konsantrasyonları, cihaz tarafından numune emisyonlarından kör emisyonları düşülüp kalibrasyon eğrisine göre değerlendirilip, seyreltme faktörü ile çarpılarak belirlenmiştir. Cihazın ayarları ve kalibrasyonları Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Cihazın Ayarları ve Kalibrasyonu

Parametreler	Cihaz Şartları
Uygulanan güç	1300 watt
Numune ve ön kapak	Nikel
Argon soğutucu gaz akışı	14.5 L/dk
Argon yardımcı gaz akışı	0.76 L/dk
Argon nebulizer gaz akışı	0.92 L/dk
Sürüklenme sayısı	60
Her kütle için kanal	1
Bekletme süresi	10 ms
Tekrar sayısı	3

2.6. Yöntemin Validasyonu

Zn, Se, Cu, Fe, Pb ve Cd için yöntemin doğruluğu belirlemek içinse sertifikalı referans materyal (Skimmed milk powder, ERM-BD151) kullanıldı. Sertifikalı referans materyal mikrodalgada kullanılan yakma yöntemi kullanılarak 3 kez analiz edildi. Elde edilen sonuçlar üretici firma tarafından verilen sonuçlarla karşılaştırıldı ve geri kazanım değerleri Çizelge 3.1’de verildi.

Al, As, Cr ve Ni için sütte sertifikalı referans materyal bulunmadığından yöntemin geri kazanım düzeylerini belirlemek için çiğ süt kullanıldı. Her element için 100, 1000 ve 2000 µg/kg düzeyinde 3 konsantrasyon seçildi. Elde edilen geri kazanım

oranı ve relatif standart sapma değerleri yüzde cinsinden (%RSD) Çizelge 3.2 verilmiştir.

Tüm ölçümler tam kantitatif mod analizi kullanılarak yapılmıştır. Tüm kalibrasyon eğrilerinin korrelasyon katsayısı belirlenmiştir. Ayrıca tüm elementlerin standart çalışma çözeltileriyle çizilen kalibrasyon eğrilerinden her elementin ölçüm sınırı (detection limit-DL) belirlenmiştir.

2.7. İstatistik

Önemlilik testlerine geçilmeden önce veriler, parametrik test varsayımlarından normallik yönünden Shapiro Wilks, varyansların homojenliği yönünden ise Levene testi ile incelendi. Parametrik test varsayımları sağlanamadığından elde edilen her bir değişken için gruplar arası farklılığın istatistiksel açıdan değerlendirilmesinde Kruskal Wallis testinden yararlanıldı. Gruplar arası farklılığın anlamlı bulunduğu değişkenler için ileri aşama (post-hoc) testi olarak Dunn's çoklu karşılaştırma testinden yararlanıldı. Gruptaki farklılıklar ki-kare testi ile karşılaştırıldı ve yüzde değer olarak sunuldu. Ölçüm sınırının altında bulunan değerler ölçüm sınırının yarı değeri alınarak istatistik hesaplamalarda kullanıldı. Tüm istatistiksel kararlarda $P < 0.05$ kriteri dikkate alındı. Verilerin analizinde Stata 14 MP4 paket programından yararlanıldı.

3. BULGULAR

Yöntemin doğruluğunu belirlemek için bilinen miktarlarda Cd, Cu, Fe, Pb, Se ve Zn bulunan standart referans materyal analiz edilmiş, Al, As, Cr ve Ni için standart referans bulunmadığından bu amaçla çiğ süt numuneleri kullanılmış ve sonuçlar sırasıyla Çizelge 3.1 ve 3.2’de verilmiştir. Böylece hedeflenen tüm elementler için %99-101,5’lik geri kazanım oranıyla yöntemin doğruluğu kanıtlanmıştır. Standart çözeltileri kullanılarak çizilen kalibrasyon eğrilerinin korrelasyon katsayısı en az 0,998 olmuş ve çalışılan konsantrasyonlarda iyi bir doğrusal ilişki bulunmuştur. Ayrıca tüm elementlerin standart çalışma çözeltileriyle çizilen kalibrasyon eğrilerinden her elementin ölçüm sınırı (detection limit-DL) belirlenmiş ve çizelge 3.1 ile 3.2’de belirtilmiştir. Böylece ölçüm limitleri Cd, Cu, Se, As ve Ni için 1, Pb ve Cr için 5, Al için 6, Fe ve Zn için 10 µg/kg olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Sertifikalı Referans materyaldeki element konsantrasyonları ve geri kazanım

Element	Sertifikalı Referans Değeri (µg/kg)	Bulunan değer (µg/kg)	Geri kazanım (%)	Ölçüm sınırı (µg/kg)
Cd	106	105	99	1
Cu	5000	5020	100.4	1
Fe	53000	53100	100.2	10
Pb	207	205	99	5
Se	190	193	101.5	1
Zn	44900	44850	99.9	10

Çizelge 3.2. Çiğ sütte elde edilen geri kazanım

Element	Katılan miktar (µg/kg)	Bulunan miktar (µg/kg)	Geri kazanım (%)	Ölçüm sınırı (µg/kg)
Al	100 1000 2000	99 1010 2035	100.6	6
As	100 1000 2000	101 990 2025	100.4	1
Cr	100 1000 2000	102 995 1990	100.3	5
Ni	100 1000 2000	99 1025 2040	101,2	1

Değişik tip ve farklı işlemlere maruz bırakılmış sütlerde hedef elementlerin rastlanma sıklığı yüzde olarak Çizelge 3.3'te verilmiştir. Buna göre analiz edilen süt örneklerinin hiç birinde Pb ve Cd'a rastlanmazken, tüm numunelerde değişik oranlarda Zn olduğu görülmüştür. Rastlanma sıklığı Al için tam yağlı ve yarım yağlı sütte %40, muzlu sütte %90 olurken, yağsız, çilekli, kakaolu, pastörize, çiğ ve organik sütlerde %100 olmuştur. Böylece tam yağlı ve yarım yağlı sütlerdeki Al'a rastlanma sıklığı diğer süt çeşitlerinden anlamlı olarak daha düşük düzeyde ($P<0,05$) bulunmuştur. Cr için süt çeşitleri arasında rastlanma sıklığı yönünden istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P>0,05$). Fe için süt çeşitlerindeki rastlanma sıklığı en yüksek yağsız sütlerde (%80), tam yağlı sütlerde (%70), çilekli ve kakaolu sütlerde (%60) bulunmuş ve bu farklılık diğer süt çeşitlerinden anlamlı derecede daha yüksek ($P<0.01$) olarak tespit edilmiştir. Nikel ise sadece tam yağlı sütlerde (%100) ve yarım yağlı sütlerde (%70) tespit edilirken diğer süt çeşitlerinin hiç birinde ölçüm limitlerinin üstünde tespit edilememiştir. Cu ise kakaolu sütlerde %90 oranında bulunurken, tam yağlı sütlerde %20, çilekli ve yağsız sütlerde ise %10 oranında tespit edilmiş, ama diğer süt çeşitlerinde ölçüm limitlerinin altında bulunmuştur. Se, çiğ süt ve organik sütlerde %80, kakaolu, muzlu, çilekli, pastörize, yarım yağlı ve yağsız sütlerde %70, tam yağlı sütlerde ise %50 sıklığında bulunmuş ve aralarında istatistiksel yönden bir fark tespit edilmemiştir. As, analiz edilen bütün çilekli, kakaolu, çiğ süt, pastörize süt,

organik süt ve yarım yağlı sütlerin tamamında (%100) bulunurken, yağsız sütlerde %90, tam yağlı ve muzlu sütlerde %80 oranında tespit edilmiş ve rastlanma sıklığı açısından süt eşitleri arasında bir fark bulunmamıştır. Hedef elementler yönünden tüm süt eşitleri değerlendirildiğinde en yüksek rastlanma sıklığına sahip metalin Zn olduğu ve bunu azalan sırayla $Cr=As>Al>Se>Fe>Ni>Cu>Pb=Cd$ olduğu belirlenmiştir.

Analizi yapılan süt çeşitlerinde, bulunan elementlerin en alt ve en üst konsantrasyonları ile aritmetik ortalamaları ($\mu g/kg$) ve istatistiksel yönden karşılaştırmaları izelge 3.4'te verilmiştir. Ortalama değer alınırken ölçüm sınırının altındaki sonuçlar için ölçüm sınırının yarısı ($DL/2$) baz alınmıştır. Hiçbir süt rneğinde Pb ve Cd'a rastlanmadığından izelge 3.4'te gösterilmemiştir. Buna göre Al konsantrasyonları tam yağlı sütlerde yarım yağlı sütlerden oldukça yüksek, yağsız, ilekli ve organik sütlerden oldukça düşük bulunurken ($P<0.001$), muzlu, pastörize ve çiğ sütlerde istatistiksel yönden anlamlı bir fark görülmemiştir. Cu konsantrasyonları en yüksek yağsız ve kakaolu sütlerde bulunmasına rağmen gruplar arasında anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Zn konsantrasyonları en yüksek yağsız sütlerde bulunurken, en düşük muzlu sütlerde tespit edildi ($P<0,001$). Fe konsantrasyonları ise en yüksek yağsız sütlerde bulunmasına rağmen diğer gruplarda normal olmayan bir dağılım gsterdiğiinden dolayı istatistiksel yönden anlamlı bir farklılık göstermedi. Cr konsantrasyonu en yüksek organik sütlerde ($P<0,001$) bulunmuştur. Ni ve Se konsantrasyonları ise gruplar arasında normal bir dağılım gstermediğıinden değerlendirilememiştir ($P>0,05$). As konsantrasyonu en yüksek yarım yağlı ve ilekli sütlerde bulunmuştur.

Çizelge 3.3. Süt çeşidine göre analizi yapılan elementlerin rastlanma sıklığı.

Süt (n=10)	Metaller ve rastlanma sıklıkları (%)									
	Alüminyum	Krom	Demir	Nikel	Bakır	Çinko	Arsenik	Selen yum	Kadmi yum	Kurşun
Tam yağlı	40 ^b	90	70 ^a	100 ^a	20 ^b	100	80	50	0	0
Yarım yağlı	40 ^b	70	30 ^b	70 ^a	0 ^b	100	100	70	0	0
Yağsız	100 ^a	100	80 ^a	0 ^b	10 ^b	100	90	70	0	0
Çilekli	100 ^a	100	60 ^a	0 ^b	10 ^b	100	100	70	0	0
Kakaolu	100 ^a	100	60 ^a	0 ^b	90 ^a	100	100	70	0	0
Muzlu	90 ^a	90	20 ^b	0 ^b	0 ^b	100	80	70	0	0
Pastörize	100 ^a	100	40 ^b	0 ^b	0 ^b	100	100	70	0	0
Çiğ	100 ^a	100	30 ^b	0 ^b	0 ^b	100	100	80	0	0
Organik	100 ^a	100	20 ^b	0 ^b	0 ^b	100	100	80	0	0
P değeri	<0.05	0.150	<0.01	<0.001	<0.001	1.0	0.148	0.193	-	-
Toplam	85.56	94.45	45.56	18.89	14.45	100	94.45	70	0	0

ab: Aynı kolonda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki fark önemlidir.

Çizelge 3.4. Sütlerde analizi yapılan element düzeylerinin µg/kg cinsinden aritmetik ortalaması ile en alt ve en üst konsantrasyonları (Ortalama değer alınırken ölçüm sınırının altındaki sonuçlar için ölçüm sınırının yarısı baz alındı).

Element	Tam yağlı süt (n=10)	Yarım Yağlı süt (n=10)	Yağsız süt (n=10)	Çilekli süt (n=10)	Kakaolu süt (n=10)	Muzlu süt (n=10)	Pastörize süt (n=10)	Çiğ Süt (n=10)	Organik süt (n=10)	P değeri
Alüminyum	29.9 ^c (<DL-88.1)	6.9 ^d (<DL-11.2)	67.4 ^b (35.8-120.1)	114.4 ^a (43.2-336.4)	115.5 ^a (70.3-210.9)	15.0 ^c (<DL-34.5)	21.4 ^c (<DL-69.9)	28.0±41.8 ^c (9.7-122.6)	83.6±175.6 ^b (6.9-582.3)	<0.001
Bakır	4.8 (<DL-6.2)	<DL	15.9 (<DL-15.9)	1.6 (<DL-13.3)	16.1 (<DL-34.7)	<DL	<DL	<DL	<DL	-
Çinko	376.8 ^{bc} (251.5-608.3)	454.1 ^c (255.5-744.1)	810.2 ^a (537.1-1506.0)	560.7 ^{ac} (274.6-1035.0)	361.6 ^b (225.5-572.5)	188.7 ^d (104.1-408.1)	276.2 ^d (160.1-618.6)	263.6 ^d (182.5-433.7)	284.2 ^{bd} (207.1-415.7)	<0.001
Demir	39.7 (<DL-197.2)	174.6 (<DL-924.1)	1949.8 (<DL-18260.0)	83.3 (<DL-352.8)	201.6 (<DL-972.3)	92.3 (<DL-422.1)	209.2 (<DL-603.0)	152.9 (<DL-546.0)	240.7 (<DL-1623.0)	0.801
Krom	14.4 ^a (<DL-72.9)	6.3 ^c (<DL-13.9)	9.7 ^{bc} (<DL-41.4)	10.4 ^{ab} (<DL-24.5)	10.4 ^{ab} (<DL-24.8)	5.1 ^c (<DL-5.5)	7.0 ^c (<DL-20.8)	5.6 ^c (<DL-9.4)	15.2 ^a (7.8-42.1)	<0.001
Nikel	8.7 (1.8-12.8)	9.1 (<DL-28.2)	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	-
Selenyum	2.1 (<DL-4.8)	2.2 (<DL-5.2)	2.5 (<DL-6.5)	2.2 (<DL-8.4)	3.3 (<DL-9.9)	1.9 (<DL-4.0)	1.8 (<DL-4.4)	3.8 (<DL-7.7)	2.6 (<DL-5.5)	0.636
Arsenik	3.1 ^{bc} (<DL-6.9)	4.9 ^a (2.1-8.2)	2.6 ^c (<DL-5.7)	4.8 ^a (3.2-7.9)	3.7 ^{ab} (1.5-7.6)	2.3 ^c (<DL-5.3)	2.1 ^c (<DL-3.9)	4.1 ^{ab} (1.7-4.9)	3.8 ^{ab} (2.0-6.4)	0.002

abcd Aynı satırda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki fark önemlidir; <DL: Ölçüm sınırının altında.

4. TARTIŞMA

Dünya Sağlık Örgütüne göre bu çalışmada analiz edilen elementlerden Zn, Se, Cu, Fe ve Cr esansiyel, Ni olası esansiyel, Pb, Cd, As ve Al ise bazı olası temel fonksiyonlarıyla potansiyel olarak zehirli olabilecek elementler olarak sınıflandırılmıştır (WHO, 1996). Aynı kaynağa göre DSÖ bazı elementlerin geçici maksimum tolere edilebilir günlük alım (PMTDI) düzeylerini, geçici tolere edilebilir haftalık alım (PTWI) düzeylerini, gıdalarla alınabilecek referans alımlarını (DRI), toplam diyetle alımları (TDI) ve üst limitlerini de vermiştir. Yaş, cinsiyet, gebelik ve laktasyon durumuna göre Zn, Cu, Cr ve Se için DRI (mg/kg olarak) değerleri sırasıyla 8–11, 0.7–0.9, 0.015–0.030 ve 0.05–2.0 mg/kg'dır. Ni ve Cu için belirtilen üst limit sırasıyla 0.3-1 ve 3-10 mg/kg iken, Cu ve Zn için PMTDI sırasıyla 0.05-0.5 mg/kg'dır. Ayrıca Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Sağlık Enstitüsü Gıda ve Beslenme Kurulu tarafından Cu, Fe, Ni, Se, Cr ve Zn için verilen DRI üst limitleri de yine yaş, cinsiyet, gebelik ve laktasyon durumuna göre mg/gün olarak sırasıyla 1-10; 40-45; 0.2-1; 0.045-0.4; 0.00002-0.0045 ve 4-40 olarak belirlenmiştir (NIH, 2018). Yine FAO/DSÖ Ortak Uzmanlar Komitesi (JECFA) tarafından belirlenen günlük Fe alım dozu 10-20 mg/kg ve geçici maksimum tolere edilebilir günlük alımı (PMTDI) ise 0.8 mg/kg olarak belirlenmiştir (WHO, 1999). FAO/DSÖ vücut ağırlığına göre yetişkinler için Cu, Fe ve Zn için diyetdeki referans alımı (DRI) sırasıyla 0.7-0.9, 0.8-18 ve 8-11 mg/kg'dır. Halbuki Cu, Fe ve Zn için geçici maksimum tolere edilebilir günlük alım (PMTDI) sırasıyla 0.05–0.5, 0.8 ve 1.0 mg/kg'dır. Mevcut çalışmada sütlerde bulunan Cu ve Zn değerleri DRI limitlerinden düşüktür. Böylece, süt Cu ve Zn yönünden zayıf bir kaynak olarak değerlendirilir. Hangi kurum tarafından belirlenirse belirlensin mevcut çalışmada elementler için bulunan ortalama değerler günde 1,5 L süt içen bir insan için değerlendirildiğinde belirtilen sınırların da altında kaldığından tüketicilerin bu elementleri sütle almaları açısından herhangi risk oluşturmayacağı görülmektedir. Bununla beraber sütün bu tür elementler için tek kaynak olmadığı da dikkate alınmalıdır. Bilgilerimize göre günümüze kadar sütün tüketilmesiyle elementlerin neden olduğu olumsuz sağlık etkilerine rastlanmamıştır.

Mevcut çalışmada sütte analiz edilen elementlerden Zn konsantrasyonu diğer elementlere göre (yağsız sütte rastlanan Fe konsantrasyonu hariç) oldukça yüksek olup bu sonuç Bakircioğlu ve ark. (2018), tarafından elde edilen sonuçla benzerlik taşımaktadır. En yüksek Zn konsantrasyonu yağsız ve çilekli sütlerde, en düşük ise muzlu, pastörize ve çiğ sütte bulunmuştur. Zn, eksikliği durumlarında bazı sağlık sorunlarına neden olabilecek esansiyel bir elementtir. Eksikliğinde iştahsızlık, büyümede gerileme, deride değişiklikler ve immünolojik anormalliklere neden olabilir (Bilandzic ve ark., 2015). Bu çalışmada Zn'un en yüksek konsantrasyonu yağsız sütte ve en düşük konsantrasyonu ise muzlu sütte bulunmuştur. Yağsız sütlerdeki Zn konsantrasyonu tam yağlı ve yarım yağlı sütlerdeki konsantrasyonlardan önemli bir şekilde yüksek çıkması Zn'un sütün yağsız kısımlarında daha çok dağılım gösterdiğini ve yağı sevmediğini göstermektedir. Zn ayrıca çilekli sütlerde de yüksek bulunmuştur. Bunun nedeninin çilek yetiştiriciliğinde, ürünün kalitesini ve verimini artırmak için kullanılan çinko sülfattan kaynaklandığı düşünülmektedir (Kazemi, 2014).

Cu, vücutta oksidasyon-redüksiyon tepkimelerinde önemli bir role sahip olduğundan gıdalarda bulunması gereken önemli bir esansiyel elementtir. Bununla beraber yüksek dozlarda alınması durumunda dermatitis, karaciğer sirozu ve sinirsel bozukluklar gibi toksik belirtilere neden olabilir (Storelli ve ark., 2007). Cu zehirlenmesi genellikle koyunlarda daha çok önemliyken, genel olarak ruminantlarda Cu yetmezliği de yaygın bir beslenme sorunudur (Puls, 1994). Bakircioğlu ve ark. (2018)'na göre sütlerdeki Cu konsantrasyonu, ancak üretim esnasında kullanılan metalik alet ve ekipmanlar ile depolama ve dağıtım sırasında kullanılan ambalaj materyallerinden bulaşmayla artabileceği ileri sürülmüştür. Cu'nın sütte bulunabilecek normal konsantrasyonunun genellikle 100 ile 900 µg/L aralığında olduğu kabul edilir (Puls, 1994). Yapılan bir çalışmada çiğ sütlerde Hırvatistan'ın kuzeyinde ortalama 931.9 µg/L ve güneyinde 848.4 µg/L Cu konsantrasyonu bulunduğu bildirilmiştir (Bilandzic ve ark., 2011). Türkiye'de çiğ sütlerde sanayinin yoğun olduğu bölgeden toplanan sütlerde ortalama 960 µg/kg ve yoğun trafik olan bölgelerde 580 µg/kg Cu konsantrasyonları ölçülmüştür (Şimşek ve ark., 2000). Sütteki Cu düzeyleri ayrıca Polonya'da 200–300 µg/kg (Krelowska-Kulas ve ark., 1999), İspanya'da 60 µg/kg ve 51.8 µg/L (Martino ve ark., 2001; Sola-Larranaga ve ark., 2009), İtalya'da 0.14–

737.58 µg/kg (Licata ve ark., 2004), Nijerya'da 0.33 mg/kg (Onianwa ve ark., 1999), ve Hindistan'ın kirlenmemiş alanlarında 101 µg/L (Patra ve ark., 2008) olmak üzere değişik konsantrasyonlarda belirlenmiştir. Mevcut çalışmada sütte belirlenen Cu konsantrasyonlarının, bazı sütlerde ölçüm sınırının altında kalması ve diğerlerinde ölçüm sınırının üzerinde olmasına rağmen yine diğer çalışmalardan oldukça düşük konsantrasyonlarda kalması hayvanların düşük Cu diyetiyle beslendiğini ve hazırlanma esnasında herhangi bir metalik bulaşmaya maruz kalmadığını göstermektedir.

En yüksek Fe konsantrasyonlarına yağsız sütlerde rastlanmıştır. Bu değer Enb ve ark (2009) tarafından bulunan değerden oldukça yüksektir. Bununla beraber diğer süt örneklerinde bulunan Fe konsantrasyonları da diğer çalışmalarda (Bilandzic ve ark, 2015a; Bilandzic ve ark.,2015b; Çardak ve ark., 2011; Khan ve ark., 2014; Osorio ve ark., 2015) bulunanlarla benzerlik göstermektedir. Yağsız sütlerde Fe konsantrasyonlarının yüksek bulunmasının nedeni, Park (2000), tarafından iddia edildiği gibi alınan numunelerin Fe kaplarla hazırlandığı ve bulaşmanın bu kaplardan kaynaklandığını ve ayrıca yine sütün yağsız kısımlarında daha çok dağıldığını akla getirmektedir. Bununla beraber Fe konsantrasyonları, gruplarda normal olmayan bir dağılım gösterdiğinden istatistiksel yönden anlamlı bir farklılık göstermemiştir.

Selenyumun sütlerde bulunma sıklığı %50-80 aralığında değişmekte olup, en yüksek düzeyde Se tespit edilen süt grubunun çiğ süt olduğu görülmektedir. Bununla beraber gruplar arasında istatistiksel yönden anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Büyükbaş hayvan sütlerinin Se konsantrasyonunun, yemdeki Se konsantrasyonu ile ilişkili olduğu ve tüm dünyada büyük farklılıklar gösterebileceği belirtilmiştir (Casey ve ark.,1995). Güney Dakota'da yapılan bir çalışmada, sütteki Se konsantrasyonunun 160 ila 1.300 µg/L arasında değiştiği, İskandinavya ve Kuzey Avrupa gibi düşük Se içeren yemlerle beslenen bölgelerdeki hayvanların sütlerinde ise 5 ila 30 µg/L arasında olabileceği bildirilmiştir (Casey ve ark., 1995). İsveç'te yapılan bir araştırmada, sütteki ortalama Se konsantrasyonunun 14 µg/L olduğu ve Se açısından zengin mayadan günlük 3 mg Se takviyesi sonrasında bu sonucun ikiye katlandığı gösterilmiştir (Ortman ve ark., 1999). Ayar ve ark. (2009), tarafından yapılan süt ve süt ürünlerinin

metal seviyelerinin araştırıldığı çalışmada Se düzeyleri arasında anlamlı bir fark bulunduğu ve 4 farklı bölgeden alınmış süt örneklerinde Se düzeylerinin ortalama 230 ± 50 $\mu\text{g/kg}$ olarak ölçüldüğü belirtilmiştir. Bu konsantrasyonlar mevcut çalışmada ölçülen değerlerden oldukça yüksektir. Se'nin günlük alımının, gıda içeriğine, tüketilen gıda miktarına, elementin kimyasal formuna ve biyoyararlanımına bağlı olduğu ve bundan dolayı ülkeden ülkeye değişeceği belirtilmiştir. Her yaşam evresinde ve cinsiyet grubunda yaklaşık olarak tüm bireylerin (%97-98) besin gereksinimlerini karşılamaya yetecek ortalama günlük alım miktarı 0.55 mg/gün olarak belirtilmiştir (WHO, 1996). Türkiye'deki beslenme sorunları ve olanakları dikkate alınarak oluşturulan bir çalışmadan alınan bilgilere göre bebeklik çağından erişkinliğe kadar sıralanan günlük Se alım miktarları şu şekilde belirtilmiştir; 0-6 yaş/7-9 yaş arası 15-30 μg , erkek bireylerde 10-13 yaş/+65 yaş arası 40-55 μg , kadın bireylerde 10-13 yaş/+65 yaş arası 40-55 μg , gebelikte <18 yaş/ +31 yaş arası 60 μg , emzirme döneminde 70 μg olarak belirlenmiştir (Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi, 2015). Bu bilgilerden faydalanarak çalışmada farklı sütlerin analizinden elde edilen sonuçlara göre, Se'un toksisite açısından risk teşkil etmediği sonucuna varılmıştır.

Mevcut çalışmada Nikel oldukça ilginç bir şekilde tam yağlı sütlerin %100'ünde yarım yağlı sütlerin ise %70'inde tespit edilmiş, diğer süt gruplarının hiç birinde ölçüm sınırının üzerinde bulunamamıştır. Bu durum Ni'in yağda birikim gösterdiğini akla getirmektedir. Mevcut konsantrasyon düzeyleri İspanya'da yapılan çalışmada bulunan inek sütlerinde tespit edilen Ni konsantrasyonlarıyla (4-25 $\mu\text{g/kg}$) benzerlik göstermiştir (Llorent-Martínez ve ark., 2012). Brezilya'daki bir çalışmada ise pastörize sütlerde ortalama 73 ± 70 $\mu\text{g/L}$ düzeyinde bulunmuştur (Soares ve ark., 2010). Genellikle gerek Türkiye'de ve gerekse uluslararası çalışmalarda sütlerdeki Ni konsantrasyonunu belirleyen çalışmalar oldukça kısıtlıdır. İnsan metabolizması için bu metalin yararı halen tam olarak bilinmemekte ve DSÖ tarafından olası esansiyel element olarak kabul edilmektedir (WHO, 1996). Bununla beraber yokluğunda büyümede gerileme ve kanın pıhtılaşmasında sorunlara neden olabileceği bildirilmiştir (Gunshin ve ark., 1985).

Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğine göre (29.12.2011 tarih ve 28157 sayılı 3.Mükerrer Resmi Gazete) Pb dışında (20 $\mu\text{g/kg}$) sütteki elementlerin

maksimum kalıntı limiti verilmemiştir. Bu nedenle Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından sütlerde sadece bu metalin izlemesi yapılmakta, ancak sonuçları 2010 yılından itibaren kamuya açıklanmamaktadır. Mevcut çalışmada analiz edilen sütlerin hiçbirinde ölçüm sınırının (5 µg/kg) üstünde kurşuna rastlanmamıştır. Bununla beraber Türkiye’de yapılan bir çalışmada sanayinin ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde toplanan sütlerde sırasıyla ortalama 49 ve 32 µg/kg Pb bulunduğu bildirilmiştir (Şimşek ve ark., 2000). Bunun dışında sütlerde kurşun bulunduğuna ilişkin birçok çalışma bulunmaktadır. Örneğin İran’da ortalama 7.9 µg/L; 1-46 µg/L aralığında (Tajkarimi ve ark., 2008), Polonya’da ortalama 10-18 µg/kg (Krelowska-Kulas ve ark., 1999), İtalya’da ortalama 0.2 ve 1.19 µg/kg (Caggiano ve ark., 2005; Licata ve ark., 2004), İspanya’da ortalama 1.8 µg/kg ve 5.23 µg/L (Martino ve ark., 2001; Sola-Larranaga ve ark., 2009) ve Güney Afrika’da 8.0–19.7 µg/kg aralığında (Ataro ve ark., 2008) bulunduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmalar, kurşunun özellikle kirli alanların yakınında yetiştirilen hayvanlardan elde edilen gıdalarda bulunabileceğini ve buna dikkat edilmesini vurgulamaktadır. Çünkü farklı endüstriyel faaliyetler, iklim, sulama için kullanılan suyun kontaminasyonu, trafik yoğunluklu bölgelerde birikme ve kurşun içeren pestisitlerin kullanımı nedeniyle süte kurşuna rastlanabileceği bildirilmiştir (Licata ve ark., 2004; Tajkarimi ve ark. 2008). Bununla beraber kirlenmemiş alanlarda yetiştirilen hayvanların sütlerinde de kurşuna rastlandığı görülmektedir. Örneğin Hindistan’da kirlenmemiş alanlarda (ortalama 250 µg/L) ve maden ocaklarının çevresinde (650-850 µg/L aralığında) yetiştirilen hayvanların sütlerinde yüksek düzeylerde kurşuna rastlandığı bildirilmiştir (Patra ve ark., 2008). Türkiye’de 1 Ocak 2006’dan itibaren kurşunlu benzin satışının yasaklanması nedeniyle kurşunun emisyon düzeyinin düştüğü sanılmaktadır (Resmi Gazete, 2004).

Mevcut çalışmada analiz edilen sütlerin %94.45’inde ölçüm sınırının üzerinde arsenik bulunmuştur. Arsenik konsantrasyonu sadece 2 tam yağlı, 1 yağsız ve 2 muzlu olmak üzere 5 süt örneğinde ölçüm sınırının altında (<1 µg/kg) kalmıştır. Rastlanma sıklığı açısından süt tipleri arasında herhangi bir farklılık görülmemiştir. Bu oran Hırvatistan’da çiğ sütlerde bulunan As’in rastlanma sıklığına (%94.9) oldukça benzerdir (Bilandzic ve ark., 2011). Konsantrasyon açısından değerlendirildiğinde en

yüksek ortalama arsenik düzeyinin yarım yağlı (4.9 µg/kg), çilekli (4.8 µg/kg), çiğ (4.1 µg/kg), organik (3.8 µg/kg) ve kakaolu sütlerde (3.7 µg/kg), en düşük As düzeyinin ise pastörize (2.1 µg/kg), muzlu (2.3 µg/kg), yağsız (2.6 µg/kg) ve tam yağlı (3.1 µg/kg) sütlerde bulunduğu görülmektedir. As, solunum ve ağız yoluyla alındığında özellikle insanlarda kanserojenik olduğu bilinen yarı metal niteliğinde bir elementtir ve akciğer, karaciğer, deri ve mesane kanseri gibi bazı kanser tipleriyle ilişkilendirilmiştir (Bhattacharya ve ark., 2007). Ayrıca doğrudan toksik olduğu gibi birikme özelliği de gösterir. Mevcut çalışmada süt tiplerine göre değişmekle beraber As konsantrasyonları en düşük 1.5'dan en yüksek 8.2 µg/kg'a kadar tespit edilmiştir. Bu konsantrasyonlar Hırvatistan'da çiğ inek sütlerinde tespit edilenlerden (Kuzeyde ortalama 18.5 ve 1-283 µg/L aralığında, Güneyde ise ortalama 43.5 ve 1-1019 µg/L aralığında) (Bilandzic ve ark., 2011) ve İtalya'da (242-684 mg/kg) (Licata ve ark., 2004) bulunanlardan oldukça düşüktür. Türkiye'de trafik ve sanayinin yoğun olduğu bölgeler (sırasıyla 50 ve 40 µg/kg) ile kırsal kesimlerde (0.2 µg/kg) önemli farklılıklar olabileceği bildirilmiştir (Şimşek ve ark., 2000).

Sütte bulunan Cd konsantrasyonları gıdanın tipine ve gıdanın üretildiği çevredeki Cd yüküne bağlı olarak oldukça değişkenlik gösterir (Olsson ve ark., 2002). Yapılan bir çalışmada kadmiyumun çiftlik hayvanlarının yemlerine bitkisel hammaddelerden, iz element premikslerinden, balık unundan ve kireçtaşı ve fosfat gibi minerallerden bulaşabileceği bildirilmiştir (Tu ve ark., 2007). Mevcut çalışmada analiz edilen sütlerin hiçbirinde ölçüm sınırının üstünde (1 µg/kg) Cd'a rastlanmamıştır. Bununla beraber farklı ülkelerde çiğ sütlerde değişik konsantrasyonlarda Cd bulunabileceği gösterilmiştir. Örneğin Güney Afrika'da (Ataro ve ark., 2008), Polonya'da (Krelowska-Kulas ve ark., 1999), İtalya'da (Licata ve ark., 2004) ve İspanya'da (Martino ve ark., 2001; Sola-Larranaga ve Navarro-Blasco, 2009), Hindistan'da (Patra ve ark., 2008) ve Pakistan'da (Javed ve ark., 2009) değişik konsantrasyonlarda Cd bulunduğu bildirilmiştir.

DSÖ, Cd için ilk olarak belirlenen haftalık tolere edilebilir limiti kişi başı 400-500 µg/hafta olarak belirlemiştir. Bu seviyenin 200 µg Cd/g böbrek korteksinin kritik

bir konsantrasyonuna dayandırıldığı bildirilmiştir. Bu seviyeye erişebilmenin 50 yıllık bir süre boyunca 140- 260 µg/gün' lük bir diyetle alınan Cd alımıyla veya bir ömür boyunca 2000 mg alımından sonra olacağı ifade edilmiştir (WHO, 1989). 1992'de, DSÖ yaptığı yeni düzenleme ile günlük kg başına alınabilecek miktarın haftalık olarak 7 µg/kg olabileceğini ya da günlük olarak kg başına 1 µg/kg olabileceği belirtmiştir (WHO, 1992). 1993'te ise haftalık alım olarak hesaplamaların güvenli olmadığı belirtilmiştir (WHO, 1993).

Yapılan bir çalışmaya göre protein oranı fazla olan sütlerde kadmiyum oranının daha yüksek tespit edildiği belirtilmiştir. Aynı çalışmada tam yağlı inek sütü ve pastörize inek sütü Cd yönünden karşılaştırıldığında tam yağlı inek sütünün Cd oranının daha yüksek bulunduğu ve çoğu örnekten elde edilen Cd konsantrasyonunun 0,5-1 µg/L aralığında olduğu belirtilmiştir (Rodriguez ve ark., 1999). Mevcut çalışmanın analiz sonuçlarına göre; Cd tüm süt gruplarında ölçüm sınırının altında bulunduğundan gruplar arası farklılık değerlendirilememiştir ve Cd açısından sütlerin güvenilir sınırlar içerisinde olduğu belirlenmiştir.

Mevcut çalışmada Cr konsantrasyonu en yüksek organik sütlerde ($P<0,001$) en düşük ise muzlu sütlerde bulunmuştur (15,2-5,3 µg/kg). Cr ile ilgili yapılan birçok çalışma, kromun esansiyel bir metal olduğunu ve birçok metabolik işlev için gerekli olduğunu vurgulamaktadır (Babu ve ark., 2018; Cocho ve ark., 1991; Zamberlin ve ark., 2012). Hindistan'da yapılan bir çalışmada 25 süt örneği ICP-OES ile analiz edilerek Cr, Cu ve Pb metal miktarları yönünden değerlendirilmiştir. Sırasıyla, 0-0.002, 0-0.004 ve 0.15-0.68 ppm aralıklarında bulunan metal miktarlarının günlük alım miktarları göz önünde bulundurulduğunda risk oluşturmayacak miktarlarda olduğu belirtilmiştir (Babu ve ark., 2018).

İspanya'da yapılan bir çalışmada, insan sütü, inek sütü ve bebek mamalarındaki Cr konsantrasyonu atomik absorpsiyon spektrometresi ile ölçülmüş ve bulunan ortalama değerlerin sırasıyla 1,56; 0,83 ve 4,84 µg/L olarak elde edildiği

belirtilmiştir (Cocho ve ark., 1991). Samsun’da farklı bölgelerden toplanmış 144 adet inek sütünün ICP-MS cihazı ile analiz edilmesi ile elde edilen sonuçlara göre Cr miktarı 13-75 µg/L aralıklarında bulunmuştur. En yüksek Cr konsantrasyonunun 4. bölge olarak belirlenen bölgede kış mevsiminde olduğu belirtilmiştir (Temiz ve ark., 2012).

Yapılan bir çalışmada, yaşamları boyunca içme suyuyla 5 mg/L düzeyinde Cr tüketen sıçan ve fareler ile diyetle 100 mg/kg'a maruz kalan sıçanlarda herhangi bir yan etki görülmediği belirtilmiştir. Böylece üç değerlikli kromun, diyetle birlikte alındığında toksisitesinin çok düşük olduğu ifade edilmiştir. Aynı çalışmada insanların üç değerlikli kromu, potansiyel kanserojen olan altı değerlikli kromat bileşiklerine oksitlediklerinden bazı kromatların karsinogenisitesinin, üç değerlikli kromun besinsel rolüyle hiçbir ilgisi olmadığı belirtilmiştir (IPCS, 1998). Bu bilgilerin de ışığında, mevcut çalışmada kromun farklı süt gruplarında değerlendirilmesi yapıldığında süt ile alınan miktarlarının herhangi bir toksik etkiye neden olmayacağı görülmektedir.

Sütün Al ile kontamine olmasını birçok kaynak sağımdan önce ve sağımdan sonra olarak değerlendirmiştir. Sağımdan önce ineklerin Al ile kirlenmiş yemlerle beslenmesi sağımdan sonra ise üretim sürecinde süt veya süt ürünlerine metal işleme ekipmanından Al’un geçebileceği belirtilmiştir (Deeb ve ark., 2011; Soni ve ark., 2001). Sütün işlenmesi ve depolanması için Al’lu kapların kullanımı, bu metalin süt ve süt ürünlerindeki seviyesini önemli ölçüde artırabileceği ve bu metalin mutfak eşyalarından ayrılması, kapların kalitesi, pH seviyesi, hazırlama koşulları Al ile kontaminasyonunu sağladığı belirtilmiştir (Al Juhaiman, 2010). Mısırdaki yapılan bir çalışmada çiftlik sütü ve market sütünün Al değerlerinin sırasıyla 0.51-104.93 ppm ve 1.07 ile 270.63 ppm arasında bulunduğu belirtilmiştir (Meshref ve ark., 2015). Mevcut çalışmada bulunan değerler Al açısından Mısır’da bulunan değerlerden oldukça düşüktür. Bu da sütlerin işlenmesi sırasında Al’lu kapların daha az sıklıkla kullanılmasından kaynaklanabilir. Sütteki Al varlığının sağlık için önemli olduğu ve yüksek konsantrasyonlardaki Al’un sinir sistemini olumsuz etkileyebileceği bildirilmiştir (Ayar ve ark., 2009). Bu sonuçlar Türkiye’de sütte Al bulaşmasının

önemli olmadığını göstermektedir. Süt grupları arasında yapılan karşılaştırmada en yüksek Al konsantrasyonlarına çilekli ve kakaolu sütlerde, en azına ise yarım yağlı ve muzlu sütlerde rastlanmıştır. Çilekli ve kakaolu sütlerde rastlanan Al konsantrasyonunun çilek ve kakao yetiştiriciliği sırasında kullanılan alüminyum bazlı fungusitlerden kaynaklanabileceği sanılmaktadır (Vītola ve ark., 2016; Washington ve ark., 1992).



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Mevcut çalışma işlenme özelliğine göre Dünya Sağlık Örgütü'nce sütte bazı esansiyel (Cu, Fe, Zn, Se, Cr), olası esansiyel (Ni) ve potansiyel olarak toksik olabilecek elementlerin (Al, As, Cd, Pb) konsantrasyonları ve bulaşma sıklığı hakkında önemli bilgiler vermektedir. Ayrıca bu çalışmada ilk kez meyveli sütlerdeki metaller hakkında da bilgi sahibi olunmuştur. Metal konsantrasyonları analiz edilen numunelerin tipine göre oldukça değişkenlik göstermiştir. Çalışılan metallerin düzeyleri diğer ülkelerdeki ve FAO/DSÖ ve Gıda ve Beslenme Kurulunun (Food and Nutritional Board) işaret ettiği diyetteki referans alımlarına (DRI) ve kabul edilebilir referans limitlere göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelere göre analizi yapılan sütlerdeki metal konsantrasyonlarının sağlığa yönelik olumsuz bir etkiye neden olmayacağı tespit edilmiştir.

Ayrıca sütlerdeki metallerin konsantrasyonlarının, sütün tipine göre istatistiksel yönden önemli farklılıklar gösterdiği ve sütlerin hazırlanması sırasında düşük kalitede araç-gereçlerin kullanılması ve hayvanların tükettiği yem ve suların bazı elementlerle kirletilmiş olması bu farklılığın temelinde bulunan en önemli etken olduğu tahmin edilmektedir.

Türkiye'de farklı şekillerde satılan sütlerde istenmeyen metallerin ölçüm limitleri üzerinde veya düşük düzeylerde tespit edilmesi kuşkusuz halk sağlığı açısından olumlu bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. Ancak yapılan diğer çalışmalardan elde edilen bulgular değerlendirildiğinde ve çevresel kirliliğin boyutları düşünüldüğünde başka zamanlarda farklı sonuçlarla karşılaşılabilmesi de göz önünde bulundurulması gereken en önemli hususlardan biridir. Bu nedenle Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yürütülen Ulusal Kalıntı İzleme Planında (günümüzde sütlerde sadece Pb konsantrasyonu açısından izleme yapılmaktadır) alınan örneklerin sayısının

artırılması ve özellikle sanayinin ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde bu türden element analizlerinin daha yoğun bir şekilde yapılması önerilir.



ÖZET

Farklı İşlem Görmüş Sütlerde Bazı Metal Düzeylerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada tam yağlı, yarım yağlı, yağsız, organik, aromalı (çilekli, muzlu, kakaolu), pastörize ve çiğ sütlerde, çinko (Zn), selenyum (Se), bakır (Cu), demir (Fe), krom (Cr), nikel (Ni), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), arsenik (As) ve alüminyumun (Al) ölçülmesi amaçlandı. Örnekler, Ankara'daki marketlerde farklı tipte işlem görmüş ve ambalajlı olarak satılan steril ve pastörize sütler ile sütçülük işletmelerine gelen ve soğutmalı çiğ süt tanklarında bulunan sütlerden toplandı. Bunun için her grupta 10 adet olmak üzere toplam 90 örnek toplandı. Mikrodalga fırında yakma işleminin ardından analizler ICP-MS ile gerçekleştirildi. Analiz edilen örneklerin hiçbirinde Pb ve Cd'a rastlanmadı, ama tüm numunelerde Zn'ya rastlandı. Hedef elementler yönünden tüm süt çeşitleri değerlendirildiğinde en yüksek rastlanma sıklığına sahip metalin Zn olduğu ve bunu azalan sırayla Cr=As>Al>Se>Fe>Ni>Cu> Pb=Cd takip etti. Zn ayrıca, yağsız sütlerdeki ortalama Fe konsantrasyonu haricinde konsantrasyon açısından da en yüksek metal oldu. Esansiyel elementler arasında en düşük konsantrasyon Cu'da ölçülmüştür. Bu da sütün Cu açısından zayıf bir kaynak olduğunu gösterdi. İstenmeyen elementlerden Al ve As ise numunelerin sırasıyla %85 ve %94.45'inde bulundu. Bununla beraber mevcut konsantrasyonlar olumsuz bir etkiye neden olabilecek düzeyin altındaydı. Sonuç olarak sütlerdeki metal konsantrasyonları sütün tipine göre istatistiksel yönden önemli farklılıklar gösterdi. Böylece sütlerin hazırlanması sırasında düşük kalitede materyallerin kullanılmaması ve hayvanların tükettiği yem ve suların özellikle istenmeyen metallerle kirlenmiş olma olasılığına karşı sürekli kontrol edilmesi, hayvanların sanayi ve trafiğin olduğu yerlerin yakınlarında otlatılmaması, halk sağlığının korunması açısından sütteki metal konsantrasyonunun sürekli kontrol edilmesi önerilir.

Anahtar Sözcükler: Aromalı süt, ICP-MS, Metal, Süt

SUMMARY

Determination of Some Metal Levels in Various Kinds of Milk Processed in Different Ways

In this study, it was aimed to measure zinc (Zn), selenium (Se), copper (Cu), iron (Fe), chromium (Cr), nickel (Ni), lead (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As), and aluminum (Al) in whole, semi-skimmed, skimmed, organic, aromatic (strawberries, banana, and cocoa), pasteurized and raw milk. The samples were collected from sterilized and pasteurized milk processed in different ways and sold in packages in supermarkets in Ankara and the milk kept in refrigerated raw milk storage tanks in dairy farms. For this, a total of 90 samples were collected as in 10 in each group. After microwave incineration, analyzes were performed using ICP-MS. Pb and Cd were not found in any of the analyzed samples, while Zn was observed in all samples. When all the milk types were evaluated in terms of the targeted elements, the metal with the highest frequency of occurrence was Zn followed by Cr=As>Al>Se>Fe>Ni>Cu>Pb=Cd in a decreasing order, respectively. Zn was also the highest metal in terms of concentration, except for the average Fe concentration in the skimmed milk. The lowest concentration among the essential elements was measured in Cu. This was the indication that milk was a weak source of Cu. The undesired elements, Al and As were found in 85% and 94.45% of the samples, respectively. However, the present concentrations were below the level of a probable negative effect. As a result, it was found out that the concentrations of metals in the milk showed statistically significant differences depending on the milk type. Therefore, it is recommended that low-quality materials should not be used during the preparation of milk, the feed and water consumed by animals should be controlled regularly against the possibility of contamination with especially undesired metals, the animals should not be pastured around industrial and traffic sites and the metal concentration in the milk should be controlled regularly in terms of protection of public health.

Key Words: Aromatic Milk, ICP-MS, Metal, Milk

KAYNAKLAR

- ABDULKHALİQ A, SWAİLEH KM, HUSSEİN RM, MATANI M (2012). Levels of metals (Cd, Pb, Cu and Fe) in cow's milk, dairy products and hen's eggs from the West Bank, Palestine. *Int Food Res J.*, **19**: 1089-1094.
- AL JUHAİMAN LA (2010). Estimating Aluminum leaching from Aluminum cook wares in different meat extracts and milk. *J. Saudi Chem. Soc.*, **14**: 131-137.
- ARRUDA MA, QUİNTELA MJ, GALLEGRO M, VALCARCEL M (1994). Direct analysis of milk for aluminium using electrothermal atomic absorption spectrometry. *Analyst*, **119**: 1695-1699.
- ATARO A, MCCRİNDLE RI, BOTHA BM, MCCRİNDLE CME, NDİBEWU PP (2008). Quantification of trace elements in raw cow's milk by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). *Food Chem.*, **111**:243–248.
- AYAR A, SERT D, AKIN N (2009). The trace metal levels in milk and dairy products consumed in middle Anatolia Turkey. *Environ Monit Assess.*, **152**:1–12.
- BAKİRCİOĞLU D, TOPRAKSEVER N, YURTSEVER S, KİZİLDERE M, BAKİRCİOĞLU-KURTULUS Y (2018). Investigation of macro, micro and toxic element concentrations of milk and fermented milks products by using an inductively coupled plasma optical emission spectrometer, to improve food safety in Turkey. *Microchem J.*, **136**:133-138.
- BHATTACHARYA P, WELCH AH, STOLLENWERK KG, MCLAUGHLİN MJ, BUNDSCHUH J, PANAULLAH G (2007). Arsenic in the environment: Biology and Chemistry. *Sci Total Environ.*, **379**: 109–120.
- BİLANDZİC N, ĐOKİC M, SEDAK M, SOLOMUN B, VARENİNA I, KNEZEVIĆ Z, BENİC M (2011). Trace element levels in raw milk from northern and southern regions of Croatia. *Food Chem.*, **127**: 63–66.
- BİLANDZİC NM, SEDAK M, BOZİC DD (2015). Determination of macro- and microelements in cow, goat, and human milk using inductively coupled plasma optical emission spectrometry. *Spectrosc Lett.*, **48**: 677–684.

- BİLANDŽIĆ NM, SEDAK M, DOKIĆ D, BOŽIĆ BS, KOLANOVIĆ IV (2015). Differences in macro- and microelement contents in milk and yoghurt. *Arch. Biol. Sci.*, **67**: 1391–1397.
- BRANCA F, ROSSI L (2002). The role of fermented milk in complementary feeding of young children: lessons from transition countries. *Eur J Clin Nutr.*, **56**: 16-20.
- BREMNER I (1998). Manifestations of copper excess. *Am J Clin Nutr.*, **67(5)**: 1069–1073.
- CAGGIANO R, SABIA S, D'EMILIO M, MACCHIATO M, ANASTASIO A, RAGOSTA M (2005). Metal levels in fodder, milk, dairy products, and tissues sampled in ovine farms of Southern Italy. *Environ Res.*, **99**: 48–57.
- CASHMAN KD (2006). Milk minerals (including trace elements) and bone health. *Int Dairy J.*, **16**: 1389–1398.
- CASHMAN KD. (2002). Trace elements, Nutritional Significance. *AP.*, p.: 2059-2065.
- CLARE DA, SWAISGOOD HE (2000). Bioactive Milk Peptides. *J. Dairy. Sci.* **83**: 1187–1195.
- COCHO JA, CERVILLA JR, REY-GOLDAR ML, FDEZ-LORENZO JR, FRAGA JM. (1992). Chromium content in human milk, cow's milk, and infant formulas. *Biol Trace Elem Res.*, **32**: 105-7.
- CONI E BOCCA A, COPPOLELLI P, CAROLI S, CAVALLUCCI C, MARINUCCI MT (1996). Minor and trace element content in sheep and goat milk and dairy products. *Food Chem.*, **57**: 253–260.
- ÇARDAK AD, GÜVEN G, DEMİR M (2011). Mineral and trace element contents of dairy products consumed in Aydin province, Turkey. *Milchwissenschaft*, **66**: 365–367.
- DAVIS GK, MERTZ W (1987). Cooper. In: Mertz, W. (ed.). Trace Elements in Human and Animal Nutrition. *AP.*, 301-350.
- DEEB AMM, GOMAA GM (2011). Detection of aluminium in some dairy products at Kafr El-Sheikh, Egypt. *Glob. Vet.* **6**: 1-5.

DESHPANDE SS (2002). Handbook of Food Toxicology. Marcel Dekker. INC. Print Edition. p. : 789-790

DODİĞ S, CEPELAK I (2004). The facts and controversies about selenium. *Acta Pharm*, **54**: 261-76.

DRAKE TC, RUDSER KD, SEAQUIST ER, SAEED A. (2012). Chromium infusion in hospitalized patients with severe insulin resistance: a retrospective analysis. *Endocr Pract*. **18**: 394-8.

EFSA (2014). European Food Safety Authority. Chromium nitrate as a source of chromium added for nutritional purposes to food supplements. *EFSA J.*, **7**:1-19

EFSA (2014). European Food Safety Authority. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for chromium. *EFSA J.*, **12**: 3845.

EFSA (2015). European Food Safety Authority. Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of nickel in food and drinking water. *EFSA J.*, **13**: 4002.

ENB A, ABOU DONIA MA, ABD-RABOU NS, ABOU-ARAB AAK, EL-SENAITY MH (2009). Chemical composition of raw milk and heavy metals behavior during processing of milk products. *Glob Vet.*, **3**: 268–275.

ERKMEN O (2010). Gıda kaynaklı tehlikeler ve güvenli gıda üretimi. *Çocuk Sağ. ve Hast. Derg.*, **53**: 220-235.

FAO (2013). Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Milk and Dairy Product in Human Nutrition, Rome.

FARİD SM, ENANİ MA, WAJİD SA (2004). Determination of Trace Elements in Cow's Milk in Saudi Arabia. *Eng. Sci.*, **2**: 131-140

FDA (1991). Food and Drug Administration Total Diet Study. A Dietary Intake Dataform the U.S. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc. Institute of Medicine (US) Panel on Micronutrients. Washington (DC). *National Academies Press* (US)

- FERNANDEZ-LORENZO JR, COCHO JA, REY-GOLDAR ML, COUCE M, FRAGA JM (1999). Aluminum contents of human milk, cow's milk, and infant formulas. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* **28**: 270–275.
- GERMAN JB, DILLARD CJ (2006). Composition, structure, and absorption of milk lipids: a source of energy, fat-soluble nutrients, and bioactive molecules. *Crit. Rev. Food Sci.*
- GUNSHIN H, YOSHIKAWA M, DOUDOU T, KATO N (1985). Trace elements in human milk, cow's milk and infant formula. *Agric Biol Chem.*, **40**: 21–26.
- HANSEN M, SANDSTROM B, LONNERDAL B (1996). The effect of casein phosphopeptides on zinc and calcium absorption from high phytate infant diets assessed in rat pups and Caco-2 cells. *Pediatr. Res.* **40**: 547-52.
- HAUG A, ARNE TH, ODD MH (2007). Bovine milk in human nutrition. *Lipids Healths Dis.*, **6**:25.
- HURLEY WL (2010). Lactation biology. Animal Sciences, Department of Animal Sciences, University of Illinois, Erişim Adresi: <http://ansci.illinois.edu/static/ansc438/Milkcompsynth/milkcompsynthresources.html> Erişim tarihi: 10.10.2018.
- ILA (2018). International Lead Association. Applications of lead. Erişim adresi: <https://www.ila-lead.org/lead-facts/fact-sheets>. Erişim tarihi: 03.08.2018.
- IPCS (1988). International Programme on Chemical Safety. Chromium. Environmental Health Criteria 61. World Health Organization, Geneva.
- JAVED I, JAN I, MUHAMMAD F, RAHMAN Z, KHAN MZ, ASLAM B (2009). Heavy metal residues in the milk of cattle and goats during winter season. *Bulletin Stud Environ Sci.*, **82**: 616–620.
- KARBOUJ R, DESLOGES INP (2009). A simple pre-treatment of aluminium cookware to minimize aluminium transfer to food. *Food Chem. Toxicol.*, **47**: 571-577.
- KAZEMI M. (2014). Influence of Foliar Application of Iron, Calcium and Zinc Sulfate on Vegetative Growth and Reproductive Characteristics of Strawberry cv. 'Pajaro'. *Trakia J Sci.*, **1**: 21-26.

- KAZI TG, JALBANI N, BAIG JA, KANDHRO GA, AFRIDI HI, ARAIN MB, JAMALI MK, SHAH AQ (2009). Assessment of toxic metals in raw and processed milk samples using electrothermal atomic absorption spectrophotometer. *Food Chem Toxicol.*, **47**: 2163–2169.
- KEENAN TW, PATTON S. (1995). The structure of milk. In Handbook of milk composition. Editör: Jensen R.G. Academic Press, USA; 5-50.
- KHAN NJY, CHOI EY, HWANG IM, HABTE G, KHAN MA, PARK KS, KIM KS (2014). Determination of mineral elements in milk products by inductively coupled plasmaoptical emission spectrometry. *Anal. Lett.* **47**: 1606–1613.
- KHAN S, CAO Q, ZHENG YM, HUANG YZ, ZHU YG (2008). Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Environ Pollut.*, **152**: 686-692.
- KRELOWSKA-KULAS M, KEDZIOR W, POPEK C. (1999). Content of some metals in goat's milk from southern Poland. *Nahrung-Food*, **43**: 317–319.
- LICATA P, TROMBETTA D, CRISTANI M, GIOFRE F, MARTINO D, CALO M (2004). Levels of “toxic” and “essential” metals in samples of bovine milk from various dairy farms in Calabria, Italy. *Environ Int.*, **30**: 1–6.
- LLORENT-MARTÍNEZ EJ, FERNÁNDEZ DE CORDOVA ML, RUÍZ-MEDINA A, ORTEGA-BARRALES P. (2012). Analysis of 20 trace and minor elements in soy and dairy yogurts by ICP-MS. *Microchem J.*, **102**: 23-27.
- LOCK AL, BAUMAN DE (2004). Modifying Milk Fat Composition of Dairy Cow to Enhance Fatty Acids Beneficial to Human Health. *Lipids*, **39**: 1197-206.
- MAAS S, LUCOT E, GIMBERT F, CRINI N, BADOT PM (2011). Trace metals in raw cows' milk and assessment of transfer to Comté cheese. *Food Chem.*, **129**: 7–12.
- MARTINO FAR, SANCHEZ MLF, SANZ-MEDEL A (2001). The potential of double focusing-ICP-MS for studying elemental distribution patterns in whole milk, skimmed milk and milk whey of different milks. *Analyt Chim Act.*, **442**: 191–200.
- MERDIVAN M, YILMAZ E, HAMAMCI C, AYGUN RS (2004). Basic nutrients and element contents of white cheese of diyarbakır in turkey. *Food Chem.*, **87**: 163–171.

- MESHREF AMS, MOSELHY WAM, HASSAN NYH (2014). Heavy metals and trace elements levels in milk and milk products. *J Food Meas Charact.*, **4**: 381–388.
- MICLEAN M, CADAR O, ROMAN C, TĂNĂSELIA1 C, ȘTEFĂNESCU L, STEZAR CI, GROZA IȘ (2011). The influence of environmental contamination on heavy metals and organochlorine compounds levels in milk. *Environ Engn Manag J.*, **1**: 37-42.
- MOGES A. (2014). Determination of levels of some heavy metals (pb, cr and cd) in three commercially available brands of milk powder found in harar town, eastern hararge, ethiopia. M.Sc. Graduate Project Research. Haramaya University.
- MORENO-ROJAS R, ZURERA-COSANO G, AMARO-LOPEZ MA (1993). Concentration and seasonal variation of calcium, magnesium, sodium and potassium in raw cow, ewe and goat milk. *Int J Food Sci Nutr.*, **45**: 99-105.
- NAVARRO M, SÁNCHEZ M, LOPEZ HM, LÓPEZ MC (1993). Arsenic contamination levels in waters, soils, and sludges in Southeast Spain. *Bull Environ Cont Toxicol.*, **50**: 356-62.
- NIH (2016). National Institutes of Health, Nutrient Recommendations. Recommended Dietary Allowances (RDAs) for Zinc. Erişim Adresi: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Zinc-HealthProfessional/#en2>, Erişim Tarihi: 5.8.2018.
- NIH (2018). National Institutes of Health, Nutrient Recommendations. Dietary Reference Intakes (DRI). Tolerable Upper Intake Levels, Elements, Erişim: [\[https://ods.od.nih.gov/Health_Information/Dietary_Reference_Intakes.aspx\]](https://ods.od.nih.gov/Health_Information/Dietary_Reference_Intakes.aspx), Erişim Tarihi: 8.8.2018.
- OGABIŁELA EE, UDİBA UU, ADESİNA OB, HAMMUEL C, ADE-AJAYİ FA, YEBPELLA GG, MMEREOLE UJ, ABDULLAHİ M (2010). Assessment of Metal Levels in Fresh Milk from Cows Grazed around Challawa Industrial Estate of Kano, Nigeria. *J. Basic. Appl. Sci. Res.*, **1**: 533-538.
- OLSSON IM, BENSRYD I, LUNDH T, OTTOSSON H, SKERFVİNG S, OSKARSSON A.(2002). Cadmium in blood and urine--impact of sex, age, dietary intake, iron status, and former smoking--association of renal effects. *Environ Health Perspect.* **110**: 1185-1190.
- ONİANWA PC, ADETOLA IG, IWEGBUE CMA, OJO MF, TELLA OO (1999). Trace heavy metal composition of some Nigerian beverages and food drinks. *Food Chem.*, **66**: 275–279.

- OSORIO MT, KOİDİS A, PAPADEMASİ P (2015). Major and trace elements in milk and Halloumi cheese as markers for authentication of goat feeding regimes and geographical origin. *Int. J. Dairy Technol.*, **68**: 573–581.
- PARK YW (2000). Comparison of mineral and cholesterol composition of different commercial goat milk products manufactured in USA. *Small Rumin. Res.*, **37**:115–124.
- PATRA RC, SWARUP D, KUMAR P, NANDİ D, NARESH R, ALİ SL (2008). Milk trace elements in lactating cows environmentally exposed to higher level of lead and cadmium around different industrial units. *Sci Total Environ.*, **404**: 36–43.
- PATRA RC, SWARUP D, SHARMA MC, NARESH R (2007). Changes in plasma hormones profile and liver function in cows naturally exposed to lead and cadmium around different industrial areas. *J Vet Med.*, **53**: 511–517.
- PULS R. (1994). In Mineral Levels in Animal Health: Diagnostic data (2nd ed.). Clearbrook, BC: Sherpa International.
- RESMİ GAZETE. (2004). Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği. Sayı: 25489.
- RESMİ GAZETE. (2011). 29.12.2011 tarih ve 28157 sayılı-3.mükerrer. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği.
- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ EM, DELGADO URETRA E, DÍAZ ROMERO C (1999). Concentrations of cadmium and lead in different types of milk. *Z Lebensm Unters Forsch A*, **208**: 162–168
- SEMWAL AD, PADMASHREE A, KHAN MA, SHARMA GK, BAWA AS (2006). Leaching of aluminium from utensils during cooking of food. *J. Sci. Food Agric.*, **86**: 2425-2430.
- SİMSEK O, GULTEKİN R, OKSUZ O, KURULTAY S (2000). The effect of environmental pollution on the heavy metal content of raw milk. *Nahrung.*, **44**: 360–371.
- SOARES VA, KUS MMM, PEIXOTO ALC, CARROCCI JS, SALAZAR RFS, FİLHO HJI (2010). Determination of nutritional and toxic elements in pasteurized bovine milk from Vale do Paraíba region, Brazil. *Food Cont.*, **21**: 45–49.

- SOLA-LARRANAGA C, NAVARRO-BLASCO I. (2009). Chemometric analysis of minerals and trace elements in raw cow milk from the community of Navarra, Spain. *Food Chem.*, **112**: 189–196.
- SONİ MG, WHITE SM, FLAMM WG, BURDOCK GA (2001). Safety evaluation of dietary aluminum. *Regul Toxicol Pharmacol.*, **33**: 66-79.
- STAHL T, TASCHAN H, BRUNN H (2011). Aluminium content of selected foods and food products. *Environ Sci Eur.*, **23**: 37.
- STORELLİ M, BARONE M, GAROFALO G, MARCOTRİGİANO GO (2007). Metals and organochlorine compounds in eel (*Anguilla anguilla*) from the Lesina lagoon, Adriatic Sea, Italy. *Food Chem.*, **100**: 1337–1341.
- TAJKARİMİ M, FAGHİH MA, POURSOLTANİ H, NEJAD AS, MOTALLEBİ AA, MAHDAVİ (2008). Lead residue levels in raw milk from different regions of Iran. *Food Cont.*, **19**: 495–498.
- TEKİNŞEN OC, TEKİNŞEN KK (2005). Süt ve Süt Ürünleri, s.: 226-230, Selçuk Üniversitesi Basımevi, Konya.
- TEMİZ H, SOYLU A (2012). Heavy metal concentrations in raw milk collected from different regions of Samsun, Turkey. *Int j dairy technol.*, **65**:4.
- TOPÇUOĞLU B (2002). Kentsel katı atık kompostu ve arıtma çamurunda ağır metallerin bitkiler ve çevre üzerinde potansiyel etkileri ve kirletici limitler. *Derim*, **19**: 38-49.
- TU YJ, HAN XY, XU ZR, WANG YZ, Lİ WF (2007). Effect of cadmium in feed on organs and meat colour of growing pigs. *Vet Res Commun.*, **31**: 621–630.
- TÜRKDOĞAN MK, KILIÇEL F, KARA K, TUNCER İ, UYGAR İ (2003). Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. *Environ Toxicol Pharmacol.*, **13**:175-179.
- U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2013). USDA national nutrient database for standard reference, release 26. Nutrient Data Laboratory. Erişim adresi: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>

- USEPA (1998). "Method 6020A (SW-846): Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry," Revision 1.
- VİNCENT JB (2017). New Evidence against Chromium as an Essential Trace Element. *J Nutr.*, **147**: 2212-2219
- VĪTOLA V, CĪPROVĪČA I (2016). The Effect of Cocoa Beans Heavy and Trace Elements on Safety and Stability of Confectionery Products. *Rural Sustain Res.*, **35**: 19-23.
- VURAL H (1993). Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler. *Ekoloji*, **8**: 3-8.
- WASHINGTON WS, SHANMUGANATHAN N, FORBES C (1992). Fungicide control of strawberry fruit rots, and the field occurrence of resistance of *Botrytis cinerea* to iprodione, benomyl and dichlofluanid. *Crop Protection.*, **11**(4): 355-360.
- WHO (1996). Trace Elements in Human Nutrition and Health. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- WHO (2004). Feeding the non-breastfed child 6–24 months of age. Geneva, World Health Organization. Erişim Adresi: http://www.who.int/nutrition/publications/infantfeeding/WHO_FCH_CAH_04.13/en/index.html. Erişim Tarihi: 6 Ekim 2012.
- WHO (2007). Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution. Europe.
- WHO (2010). Exposure to cadmium: a major public health concern. *Public Health and Environment*, World Health Organization ,Geneva 27, Switzerland.
- WHO. (1999). Complementary feeding and the control of iron deficiency anemia in the newly independent states Presentation by WHO at a WHO/UNICEF Consultation Geneva,Switzerland, Erişim Adresi: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/119769/E68015.pdf?ua=1 Erişim tarihi: 20.11.2014.
- YARSAN E. (2012). Sütte geçebilen zehirli maddeler ve sütte veteriner ilaç kalıntıları. Ulusal Süt Konseyi Kongresi.

YÜCEL E, ÖZTÜRK M, DOĞAN F (1995). Porsuk çayında ağır metal kirlilik düzeyleri ve halk sağlığı ilişkisi. *Ekoloji*, **17**: 29-32.

ZAMBERLİN Š, ANTUNAC N, HAVRANEK J, SAMARŽIJA D. Mineral elements in milk and dairy products. *MLJEKARSTVO*, **62**: 111-125.

ZHUANG P, ZOU B, Lİ NY, Lİ ZA (2009). Heavy metal contamination in soils and food crops around Dabaoshan Mine in Guangdong, China: implication for human health. *Environ Geochem Hlth.*, **31**: 707–715.

ZURERA-COSANO G, MORENO-ROJAS R, AMARO-LOPEZ M (1994): Effect of processing on contents and relationships of mineralelements of milk. *Food Chem.*, **51**: 75-78.



ÖZGEÇMİŞ

I- Bireysel Bilgiler

Adı: Fatma Esra

Soyadı: TOTAN

Doğum yeri ve tarihi: Meram/ 11.01.1992

Uyruğu: TC

Medeni durumu: Bekar

İletişim adresi ve telefonu: Zafertepe mah. 141. sk 6/5 İnce Apt. Tel. 05069156369

II- Eğitimi

Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans (2015-halen)

Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi (2010-2015)

Etimesgut Lisesi (2006-2010)

Meram Orta Okulu (2003-2006)

Özel Meram Abdullah Aymaz İlköğretim Okulu (2000-2003)

Yabancı dili: İngilizce (orta seviye)

III- Ünvanları

2015- Veteriner Hekim

IV- Mesleki Deneyimi

06.2015-10.2015 tarihleri arasında Başkent Hayvan Hastanesi'nde Veteriner Hekim

04.2016- 01.2017 tarihleri arasında Cat Hospital Hayvan Hastanesi'nde Veteriner Hekim

08.2017'den itibaren Pet Hospital Hayvan Hastanesi'nde Veteriner Hekim olarak halen çalışmaktayım.

V- Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

Yok

VI- Bilimsel İlgili Alanları Yayınları:

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

1. **TOTAN FE, FİLAZİ A.** (2016). Ekotoksikolojide Aril Hidrokarbon Reseptörleri. V. Ulusal Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Kongresi, Poster.
2. KUZUKIRAN Ö, FİLAZİ A, SEVİN S, YURDAKÖK DİKMEN B, YIKILMAZ Y, ERDOĞAN E, ŞEN F, **TOTAN FE**, ÇELİK Ç, KIRMIZIBAYRAK Ö, (2016). Sığır Eti, Yağ Ve Organlarında İndikatör Poliklorlu Bifenil (Pcb) Kalıntılarının Gaz Kromatografi Kütle Spektrometresi (Gc-Ms) le Belirlenmesi.

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

1. KUZUKIRAN Ö, YURDAKÖK DİKMEN B, ERKMEN B, KARASU Ç, YILDIRIM Z, ARSLAN P, TOTAN E, FİLAZİ A, ERKOÇ F. (2016). Sublethal responses of the indicator mussel species *Unio mancus eucirrus* to selected phthalate esters. The Society of Toxicology 55th Annual Meeting and ToxExpo, Poster.
2. KUZUKIRAN O, YURDAKÖK-DİKMEN B, **TOTAN FE**, ÇELİK C, ORHAN EC, BİLİR EK, KARA E, FİLAZİ A. (2016). Analytical Method Development and Validation for Some Persistent Organic Pollutants in Water and Sediments by Gas Chromatography Mass Spectrometry. International Journal of Environmental Research, 10(3): 401-410.
3. FİLAZİ A, KUZUKIRAN O, YURDAKÖK DİKMEN B, **TOTAN FE**, ÇELİK C, ORHAN EC, BİLİR EK, KARA E. (2016). Analytical Method Validation and Development for Some Persistent Organic Pollutants in Water and Sediments by Gas Chromatography Mass Spectrometry. Society of Toxicology 55th Annual Meeting and ToxExpo. 13-17 March 2016. New Orleans, Louisiana, USA. 2016 Annual Meeting Abstract Supplement- Late Breaking Abstract Submissions. p. 31. (Poster).
4. KUZUKIRAN O, YURDAKÖK-DİKMEN B, ORHAN CE, **TOTAN FE**, SİRELİ T. FİLAZİ A. (2017). Determination of Selected Endocrine Disruptors in Eggs by Homemade Spe and Gas Chromatography-Mass Spectrometry. Society of Toxicology 56th Annual Meeting and ToxExpo. 12-16 March 2017. Baltimore, Maryland, USA. The Toxicology Supplement to Toxicological Sciences. p 213-214. (Poster).
5. KUZUKIRAN O, FİLAZİ A, SEVİN S, YURDAKÖK-DİKMEN B, YIKILMAZ Y, ERDOĞAN E, ŞEN F, **TOTAN FE**, ÇELİK C, KIRMIZIBAYRAK O. (2018). Determination of selected polychlorinated biphenyl residues in bovine fat, organs and beef via gas chromatography- mass spectrometry. 14th International Congress of the European Association for Veterinary Pharmacology and Toxicology (EAVPT-2018). June 24-27, 2018. Wroclaw, Poland (Oral presentation).

VII- Bilimsel Etkinlikleri

Verdiği konferans ya da seminerler

1. Sindirim Sistemi Hastalıklarında Bitkisel Sağaltım, (2015). Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı İntörn Bitirme Ödevi.
2. Ekotoksikolojide Aril Hidrokarbon Reseptörünün Fonksiyonları, (2016). Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Semineri.

VIII- Diğer Bilgiler

Eğitim programı haricinde aldığı kurslar ve katıldığı eğitim seminerleri

1. Deney Hayvanları Kullanım Sertifikası (2015).
2. Obezite ve Obezite Durumlarında Klinik Beslenme 4. Eğitim Semineri Hills (2014).
3. Küçük Hayvan Hekimliğinde Anestezi ve Analjezi Semineri (2014).
4. GMP (İyi Üretim Uygulamaları) Sertifikasyon Eğitimi (2014).
5. ISO 22.000 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi Eğitimi (2014).
6. Helal Gıda Eğitimi (2014).
7. Kedi ve Köpeklerde Alt Üriner Sistem Hastalıklarında Beslenme Eğitim Semineri (2014).
8. Kalite Akademisi Etkin Zaman Yönetimi Eğitim Semineri (2013).
9. Girişimcilik Eğitimi (KOSGEB) (2013).
10. Startup Mentor Turkey (Girişimci Menti mentor İlişkisi Eğitimi). (2015).

