

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
VETERİNERLİK FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİSİ ANABİLİM DALI



**BEBEK SÜTÜ, DEVAM SÜTÜ, ÖZEL TIBBİ AMAÇLI MAMA VE
BEBEK EK GIDALARINDA AS, CD, HG VE PB DÜZEYLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Hicran NURAL

Danışman

Doç. Dr. Mustafa YİPEL

HATAY-2024

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
VETERİNERLİK FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİSİ ANABİLİM DALI

**BEBEK SÜTÜ, DEVAM SÜTÜ, ÖZEL TIBBİ AMAÇLI MAMA VE
BEBEK EK GIDALARINDA AS, CD, HG VE PB DÜZEYLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hicran NURAL

Danışman

Doç. Dr. Mustafa YİPEL

Bu tez, Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından
22.YL.004 nolu proje olarak desteklenmiştir.

HATAY- 2024

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
VETERİNERLİK FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİSİ ANABİLİM DALI

**BEBEK SÜTÜ, DEVAM SÜTÜ, ÖZEL TIBBİ AMAÇLI MAMA VE
BEBEK EK GIDALARINDA AS, CD, HG VE PB DÜZEYLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Hicran NURAL

Bu tez aşağıda isimleri yazılı tez jürisi tarafından 29/01/2024 tarihinde online olarak yapılan tez savunması sınavında oybirliği ile kabul edilmiştir.

Tez Jürisi:

Jüri Başkanı : Doç. Dr. Neslihan PINAR

Üye : Doç. Dr. Halil Mahir KAPLAN

Üye : Doç. Dr. Duygu Durna ÇORUM

Bu tez, Enstitümüz Veterinerlik Farmakoloji ve Toksikolojisi Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim Halil ÇERÇİ

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Öncelikle danışmanlığımı üstlenen yüksek lisans eğitimim ve tez sürecimde yol göstericiliğiyle bana her zaman destek olan, tezin çalışılması ve yazımına kadar geçen sürede deneyimlerini, tecrübelerini, bilgisini sabırla paylaşan çok değerli hocam Sayın Doç. Dr. Mustafa YİPEL ve Farmakoloji ve Toksikolojisi Anabilim Dalı öğretim üyelerine,

İlk adımı attığım akademik hayatımda teşvik edici ve yol göstericiliği ile bana her konuda yardımcı olan bilgileriyle ışık tutan ve tezimi yönlendiren çok değerli rahmetli sayın hocam Doç. Dr. İbrahim Ozan TEKELİ'ye,

Tez çalışma süresince analiz kısımlarında ilgi, destek ve yardımlarını esirgemeyen rahmetli sayın hocam Öğr. Gör. Serbay BUCAK'a,

Sadece ders süreci ve tez aşaması değil yardımcı olabileceği her konuda yanımda olan ve değerli fikirleriyle beni her zaman yönlendirip destekleyen sevgili Arş. Gör. Fatma Ceren KIRGIZ'a,

Çalışmamda ve yaşamımda kıymetli bilgileri ile bana ışık tutan, moral kaynağım doktora öğrencisi Sara Büşra EMİROĞLU'na,

Tezimin her aşamasında ve hayatımın birçok anlarında benden yardım ve desteğini esirgemeyen, yol gösteren doktora öğrencisi Aysun İLHAN'a,

Tüm yaşantım boyunca yanımda olan, bana güç veren, aldığım kararları her zaman destekleyen, her daim maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve şu an sahip olduğum her şeyin mimarları babam Selim NURAL, annem Funda NURAL'a,

Her düştüğümde ellerimden tutup ileriye götüren, hayatım boyunca beni cesaretlendiren, karamsarlığa kapıldığımda beni aydınlatan ve bir insanın sahip olabileceği en mükemmel kardeşlerime sonsuz saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Sayenizde büyük emek ve özveri ile hazırladığım yüksek lisans tezimin bitmesinin heyecanını ve gururunu yaşıyorum.

İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
TABLOLAR LİSTESİ.....	VI
KISALTMALAR.....	VII
ÖZET	VIII
ABSTRACT.....	IX
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1.Anne Sütü.....	3
2.2.Bebek Sütü, Devam Sütü, Özel Tıbbi Amaçlı Mama ve Bebek Ek Gıdaları.....	4
2.3.Toksik Ağır Metaller.....	5
2.4.Ağır Metallerin Özellikleri.....	10
2.4.1.Arsenik (As)	11
2.4.2.Cıva (Hg)	13
2.4.3.Kadmiyum (Cd).....	16
2.4.4.Kurşun (Pb)	18
3.GEREÇ ve YÖNTEM	21
3.1.Örneklerin Toplanması.....	21
3.2.Kullanılan Kimyasallar	21
3.3.Yakma	21
3.4.Analiz	22
3.5.Validasyon.....	22
3.6.İstatistiksel analizler.....	22
4.BULGULAR.....	23
4.1.Arsenik bulguları.....	23
4.2.Kadmiyum bulguları	23
4.3.Cıva bulguları.....	24
4.4.Kurşun bulguları.....	25
5.TARTIŞMA	26
6.SONUÇ	33
7.KAYNAKLAR	34

ÖZGEÇMİŞ	38
----------------	----



TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (TGK, 2011, TGK, 2023)	9
Tablo 2. Bebek Sütü (n=10), Devam Sütü (n=15), Bebek Ek Gıdaları (n=15) ve Özel Tıbbi Amaçlı Mamaların (n=11) ortalama±standart hata, minimum–maksimum As konsantrasyonları (ppb)	23
Tablo 3. Bebek Sütü (n=10), Devam Sütü (n=15), Bebek Ek Gıdaları (n=15) ve Özel Tıbbi Amaçlı Mamaların (n=11) ortalama±standart hata, minimum–maksimum Cd konsantrasyonları (ppb)	24
Tablo 4. Bebek Sütü (n=10), Devam Sütü (n=15), Bebek Ek Gıdaları (n=15) ve Özel Tıbbi Amaçlı Mamaların (n=11) ortalama±standart hata, minimum–maksimum Hg konsantrasyonları (ppb)	24
Tablo 5. Bebek Sütü (n=10), Devam Sütü (n=15), Bebek Ek Gıdaları (n=15) ve Özel Tıbbi Amaçlı Mamaların (n=11) ortalama±standart hata, minimum–maksimum Pb konsantrasyonları (ppb)	25

KISALTMALAR

%	:Yüzdelik Dilim
±	:Eksiği veya fazlası
°C	:Santigrat
ABD	:Amerika Birleşik Devletleri
cm³	:Santimetre küp
EFSA	:Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
EPA	:Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
G	:Gram
IARC	:Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı
ICP-MS	:İndüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometre
Kg	:Kilogram
LOD	:Tespit limiti
LOQ	:Tayin limiti
m³	:Metre küp
mg	:Miligram
ml	:Mililitre
ng	:Nanogram
ppb	:Milyarda bir
TE	:Tespit edilmedi
TGK	:Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği
UNICEF	:Birleşmiş Milletler Uluslararası Çocuklara Acil Yardım Fonu
WHO	:Dünya Sağlık Örgütü
Mg	:Mikrogram

ÖZET

Bebek Sütü, Devam Sütü, Özel Tıbbi Amaçlı Mama ve Bebek Ek Gıdalarında As, Cd, Hg ve Pb Düzeylerinin Araştırılması

Bebekler için en temel besin kaynağı olan anne sütü, fizyolojik gereksinimleri karşılamak için yeterli besin içeriğine sahiptir. Annede meydana gelen baskılayıcı faktörler ve metabolik durumlar nedeniyle anne sütü yetersiz kaldığında yerine bebeklerin beslenmesi için hazırlanan bebek sütü, devam sütü, özel tıbbi amaçlı mama ve bebek ek gıdalarına başvurulabilir. Anne sütünün bileşimi hakkında doğru ve eksiksiz bilgi edinmek, bebeklerin besin ihtiyaçlarını anlamaya ve aynı zamanda anne sütü yerine geçebilecek doğru süt, mama ve gıdaları bulmaya kolaylık sağlar.

Ağır metaller toksik etkilere neden olma riskine sahip kimyasal maddelerdir. Günümüz koşullarında evsel atıklardan tarımsal faaliyetlere, sanayi kaynaklarından atmosfer kirleticilerine kadar her türlü yoldan doğaya yüksek miktarda yayılarak bitkisel ve hayvansal gıdalar üzerinden besin zincirine girerek tüketimlerine bağlı olarak bebekler ve diğer canlıların için sağlık risklerine yol açarlar.

Bu çalışmada, Türkiye’de satışa sunulan bebek ve devam sütleri ile özel tıbbi amaçlı mama ve bebek ek gıdalarında esansiyel olmayan bazı (As, Cd, Hg ve Pb) ağır metal içeriklerinin araştırılarak bebek sağlığı için taşıdığı riskleri ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu nedenle Hatay’daki satış noktalarında (market, süpermarket ve eczane) satışa sunulan 51 adet bebek sütü (n=10), devam sütü (n=15), özel tıbbi amaçlı mama (n=15) ve bebek ek gıdaları (n=11) toplanarak, arsenik (As), kadmiyum (Cd), cıva (Hg) ve kurşun (Pb) ağır metallerinin analizleri ICP-MS (indüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi) cihazıyla yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ulusal ve uluslararası otoriteler tarafından belirlenen limitler ve literatür verileriyle karşılaştırılmıştır. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinin belirlemiş olduğu tolere edilebilir maksimum limitler göz önünde bulundurularak değerlendirildiğinde bebek sütü, devam sütü, özel tıbbi amaçlı mama ve bebek ek gıdalarında As, Cd, Hg ve Pb ağır metallerinin belirlenen ortalama konsantrasyonlarının limitlerin altında olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bebek sütü, Devam sütü, Özel tıbbi amaçlı mama, Bebek ek gıdaları, Ağır metal, ICP-MS

ABSTRACT

Investigation of the Levels of As, Cd, Hg and Pb in Infant Milk, Follow-on Milk, Infant Food for Special Medical Purposes and Nutritional Supplement

Breast milk, the most basic food source for infants, has sufficient nutrient content to meet physiological requirements. When breast milk is insufficient due to certain suppressive factors and metabolic conditions in the mother, it can be replaced by infant milk, follow-on milk, infant food for special medical purposes and nutritional supplement prepared for the nutrition of infants. Obtaining accurate and complete information about the composition of breast milk makes it easier to understand the nutritional needs of infants and at the same time to find the right formulas that can replace breast milk.

Heavy metals are chemical substances that pose a risk of causing toxic effects. In today's conditions, they cause health risks for infants and other living organisms depending on their consumption by entering the food chain through plant and animal foods and entering the food chain through plant and animal foods by spreading in high amounts to nature in all kinds of ways from domestic wastes to agricultural activities, from industrial sources to atmospheric pollutants.

In this study, it was aimed to investigate the heavy metal contents of infant formulas and follow-on milks offered for sale in Türkiye. For this reason, 51 infant milk (n=10), follow-on milk (n=15), infant food for special medical purposes (n=15) and nutritional supplement (n=11) offered for sale in markets and supermarkets in Hatay were collected and analysed for As, Cd, Hg and Pb heavy metals by ICP-MS. The results were compared with the literature data determined by national and international authorities and the possible effects on infants were discussed. Considering the maximum tolerable limits determined by the Turkish Food Codex Regulation on Contaminants, it was determined that the average concentrations of As, Cd, Hg and Pb heavy metals in infant milk, follow-on milk, formula for special medical purposes and infant supplementary foods were below the limits.

Keywords: Infant milk, Follow-on milk, Infant food for special medical purposes, Nutritional supplement, Heavy metals, ICP-MS

1. GİRİŞ

Bebeklik ve erken çocukluk dönemindeki yeterli beslenme, çocukların tam potansiyellerine ulaşmak için (büyümeleri, sağlıklı olmaları ve gelişimleri açısından) oldukça önemli bir faktördür. Yetersiz beslenme, yetişkinlik döneminde hastalık riskini artırmaktadır. Erken yaşta ortaya çıkan beslenme eksiklikleri, sağlıklı büyüme döneminde uzun vadeli bozulma ile sonuçlanmaktadır. Altı aylıktan itibaren bebeklerin enerji ve besin ihtiyaçlarını anne sütü tek başına karşılayamaz, enerji ve besin açığını karşılamak için tamamlayıcı beslenme gereklidir. Bu nedenle devam sütü, mama ve ek gıdaları 6 aylıktan itibaren bebeklere tanıtılmaya başlanır. Bebek bebek sütü, devam sütü, özel tıbbi amaçlı mama ve bebek ek gıdalarının yokluğu veya uygun olmayan bileşimi büyüme ve gelişmeyi etkileyebilir. Tamamlayıcı gıdaların güvenilirliği ve beslenme açısından yeterliliği, enerji ve besin ihtiyaçlarının karşılanması için gereklidir (Mir-Marqués ve ark., 2015).

Anne sütünün önemi açısından emzirme şiddetle tavsiye edilir (Al-Saleh ve ark., 2019). Emzirme eylemi ile gelişen sağlık, psikososyal ve toplumsal faydalara rağmen dünya çapındaki mevcut emzirme oranları, özellikle düşük gelirli kadınlar arasında optimal olmaktan uzaktır. Annelerin bebeklerini emzirmek istememelerinin nedenleri arasında emzirme yoluyla bebeğe geçen toksinler, iş talepleri, zor ev halleri gibi yaşam koşulları ve toplum içinde emzirme ile ilgili sosyal sorunlar sayılabilir. Bazı düşük gelirli anneler emzirmeyi sosyo-ekonomik ayrıcalıkla ilişkilendirir (Ikem ve ark., 2002). Anne sütünün yararlı etkileri arasında; bağışıklığı koruma, nöro-gelişim, gastrointestinal fonksiyonların yanında annenin kendi sağlığındaki iyileştirmeler de yer almaktadır. Bununla birlikte birçok çalışma, insan sütünde ağır metaller ve kalıcı organik kirleticiler gibi toksik kimyasalların varlığını ortaya koymuştur. Bu kirleticiler bebeklerin sağlıklı gelişiminde ve yaşamın sonraki dönemlerinde potansiyel risk oluşturur (Al-Saleh ve ark., 2019).

Bebeklerde yeterli emzirme sağlanamadığından tamamlayıcı besinler zorunluluk haline gelmektedir. Bebeklerin beslenmesinde hayvan sütünden ayrı olarak önemli bir kaynak olan bebek süt ve mamaları, ana besin kaynağı sayılmakta bu nedenle de üreticiler burada önemli bir role sahip olmaktadır. Birçok üretici, bebekler için önerilen mineral alımına özen göstererek gerekli besinleri sağlamaktadır. Fakat bazı elementler gerekli mineral alımının üzerinde tüketildiğinde potansiyel sağlık problemlerinin ortaya çıkması kaçınılmazdır (Al Khalifa ve Ahmad, 2010). Anne sütüne ek olarak bebek süt ve

mamalarının bebeklerin beslenmesindeki özel rolü, bebekler için yaşamın ilk aylarında ana besin kaynaklarından sayılmasıdır (Ikem ve ark., 2002). Avrupa Komisyonu Bebek Mamaları Direktifi bebek süt ve mamasını “bebeklerin yaşamlarının ilk 4 ile 6 ayı boyunca özel beslenme amaçlı kullanımı amaçlanan gıda maddeleridir” şeklinde tanımlamaktadır. Bebek süt ve mamaları uzun bir süre tek besin kaynağı olarak kullanıldığından dolayı da gıda güvenliği açısından önemli olan bir besin kaynağıdır (Agostoni ve Domellöf, 2005). Bebeklerin büyüme evresi kritik bir dönemdir. Üreme, sindirim, solunum, bağışıklık ve sinir sistemlerinin gelişimi bu dönemde önemlidir ve ayrıca beslenme dengesizliklerine de bağlıdır (Kiani ve ark., 2022; Ruiz-de-Cenzano ve ark., 2017). Çocuklar, yüksek bağırsak absorpsiyon kapasiteleri ve düşük etkili atılımları nedeniyle, kirleticilere maruz kalmaya yetişkinlerden daha duyarlıdır. Bu nedenle ticari bebek süt ve mamaları; üretim süreçlerinde, elde edilen ürün formülasyonlarında kullanılan hammaddelerde ve katkı maddelerinden gelen temel elementlerin uygunluk oranlarını ve temel olmayan veya toksik elementlerin bulunmadığını garanti etmelidir (Ruiz-de-Cenzano ve ark., 2017; Ikem ve ark., 2002).

Bebek sütü ve mamaları bebekler için ana besin kaynağı olarak kullanılmalarına rağmen ağır metaller, pestisitler ve poliklorlu bifeniller gibi kirleticilerin varlığı bebekler için sağlık riskleri oluşturabilmektedir (Ikem ve ark., 2002; Elaridi ve ark., 2020). Süt ürünlerinin kalitesi ve element bileşimi, işleme ve paketlenme sırasında olası kontaminasyonlar veya hayvancılık tesislerine yakın kentsel veya endüstriyel alanların kirlenmesi nedeniyle de değişebilir. Böylece Cu gibi doğal esansiyel elementlerin içeriği zararlı seviyelere çıkarılabilmekte ve Cd gibi istenmeyen toksik metaller süt ve süt ürünlerine kontamine edebilmektedir. Bu nedenle Avrupa Birliği, farklı gıda maddelerinde Cd gibi maksimum kirletici seviyelerini ve özel tıbbi amaçlı gıdalarda veya belirli yaş gruplarında Cu gibi besin maddelerinin minimum ve maksimum konsantrasyonları belirlemiştir (Gómez-Nieto ve ark., 2020).

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Anne Sütü

Hayvanlar ve insanlar doğumdan itibaren yavrularını beslemek için süt üretirler. Anne sütü, erken yaşam evrelerinde biyolojik işlevler ve büyüme için gerekli temel besin kaynağı olarak hizmet veren, insanların karşılaştığı ilk besindir. Aynı şekilde süt; protein, yağ, vitaminler ve kalsiyum (Ca) gibi mineraller dâhil olmak üzere değerli besinler içerir (Kiani ve ark., 2022). Anne sütü, çok sayıda besin ve biyoaktif bileşen içerir. Bu bileşenler laktasyon döneminde, popülasyonlar ve bireyler arasında değişkenlik gösterir. Anne sütüyle beslenmenin beyin, bağırsak ve bağışıklık sistemi üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır (Agostoni ve Domellöf, 2005). Bebekler için en uygun besin kaynağı anne sütüdür (Elaridi ve ark., 2020). Prolaktin hormonunun uyarılmasıyla salgılanan anne sütü, doğumdan sonraki ilk birkaç gün az yağlı, berrak bir sıvı şeklindedir. Bu sıvıya kolostrum denir. Doğumdan sonraki 2-6 hafta arasında da olgun süte dönüşmeye başlayan geçiş sütü oluşur. Kolostrumda yağ konsantrasyonu ortalama olarak %2.9 iken olgun süt olarak adlandırılan geçiş sütünde bu oran ortalama %4.2 dir (Sim ve McNeil, 1992).

Dünya sağlık örgütüne göre anne sütü yaşamın ilk altı ayında bebeklerin tüketmesi gereken tek besin kaynağıdır (Ljung ve ark., 2011; Park ve ark., 2018). Dünyada bebeklerin anne sütüyle beslenme oranı %35'ten azdır. Altı aylık bebeklerin anne sütü ile beslenme oranı, gelişmekte olan ülkelerde yaklaşık %40, Amerika Birleşik Devletler'inde (ABD) %13, Avrupa da ise bu oran %3'tür (Ljung ve ark., 2011). Kore'deki bebeklerin yaklaşık %80'i (bu oran bir aylık bebeklerde %54'tür) anne sütü ile beslenir. Emzirme oranları da ülkelere göre %48 ile %100 arasında değişkenlik gösterir (Park ve ark., 2018). Avrupa da en yüksek emzirme oranına sahip ülke İsveç olarak bildirilmiştir. Bu ülkede ilk altı ayda sadece anne sütü ile beslenen bebeklerin oranı da %12 olarak bildirilmiştir, fakat emzirme son yıllarda azalarak yerini daha çok bebek sütü, devam sütü, özel tıbbi amaçlı mama ve bebek ek gıdalarına bırakmaktadır (Ljung ve ark., 2011).

Anne sütünün yerine geçen besinler, gelişmekte olan ülkelere şekerli sıvıları, katı yiyecekleri ve diğer sütleri içerir. Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'da anne sütü yerine geçen en yaygın besinler bebek sütü, devam sütü, özel tıbbi amaçlı mama ve bebek ek gıdalarıdır. Bebek süt ve mamaları, bebeğin yaşamının ilk altı ayında hızlı büyüme oranını desteklemek için yeterli enerji ve besin kaynağı sağlamalıdır. Yetersiz besin ve enerji alımı

bebeklerin büyümesini doğrudan etkileyebilir. Ayrıca organ gelişimi ve işlevi üzerinde olumsuz sonuçlara neden olabilir. Bu durum bebeklerin ilerleyen dönemlerinde olumsuz sağlık sonuçları doğurabilir (Ljung ve ark., 2011).

2.2. Bebek Sütü, Devam Sütü, Özel Tıbbi Amaçlı Mama ve Bebek Ek Gıdaları

İnsanlar için temel besin maddesi olarak görülen süt ve süt ürünleri; vitaminler, yağlar ve karbonhidratların yanı sıra Ca, fosfor (P), sodyum (Na), potasyum (K), magnezyum (Mg), demir (Fe), bakır (Cu) ve çinko (Zn) gibi temel elementler de içerir. Sütün kuruyana kadar buharlaştırılmasıyla elde edilen süt tozu, içeriğindeki bileşimleri değiştirmeden bu gıda maddelerinin ömrünü uzatır (Gómez-Nieto ve ark., 2020). Süt tozları, denatüre proteinler içerir. Aynı zamanda farklı yaş gruplarını da içine alacak şekilde geniş bir yelpazede yer almaktadır. Son zamanlarda tahıl bazlı bebek sütü, devam sütü, özel tıbbi amaçlı mama ve bebek ek gıdaları, bebek diyetlerinde günlük alımın önemli bir faktörü haline gelmiştir (Kiani ve ark., 2022). Bebek ve devam sütü, özel tıbbi amaçlı mama ve bebek ek gıdalar, bebek ve küçük çocuklara verilen sıvı veya yeniden yapılandırılmış tozlardır. Bu süt ve mamalar aynı zamanda anne sütü yerine geçerler (Ikem ve ark., 2002). Bebek süt ve mamaları genellikle inek, koyun ve keçi sütlerinden elde edilir (Gómez-Nieto ve ark., 2020).

Sütün mikro ve makro besin içeriği, hayvanın cinsine, laktasyon durumuna, mevsime, sürü sağlığı ve beslenme gibi çeşitli değişkenlere göre değişiklikler gösterebilir. Beslenme, en önemli değişkendir. Bu değişken yerel altyapı, toprak, mevsim ve iklim gibi coğrafi değişkenlere bağlıdır. Hayvansal kaynaklı ana tüketilebilir ürünlerden biri süttür. Ancak soğutma sağlanamadığı takdirde tüketime uygunluğu hızla azalmaktadır. Bu sorunu aşmak ve taşımayı kolaylaştırmak için toz haline getirme işlemi sütü stabilize edebilir (Sager ve ark., 2018).

Bebek sütü ve mamaları, büyümekte olan bebeğe yeterli miktarda temel elementler sağlamalı, ancak aşırı maruziyet nedeniyle sağlıklarını tehlikeye atmamalıdır (Ljung ve ark., 2011). Sanayileşmiş ülkelerdeki yeni yaşam tarzları, yeni beslenme alışkanlıklarını doğurmaktadır (Mir-Marqués ve ark., 2015; Ruiz-de-Cenzano ve ark., 2017). Ebeveynlerin genellikle evde pişirilmiş yiyecekleri hazırlamak için geçmişte olduğundan daha az

zamanları bulunmaktadır. Bu durum bebeğin diyetinde temel bir rol oynayan ticari bebek mamalarının kullanımını teşvik etmektedir (Ruiz-de-Cenzano ve ark., 2017). Bazen anne ev dışında çalıştığı için veya bazı hastalıklar nedeniyle bebeğini emzirememektedir. Bundan ötürü bebek altı aydan sonra daha fazla besine ihtiyaç duyar ve tek başına anne sütü yeterli beslenmeyi sağlamaz (Kiani ve ark., 2022). Çoğu kadınlar için oldukça kullanışlı olan bebek süt ve mamaları, sanayileşmiş ülkelerdeki birçok anne tarafından bebeklerini beslemek için tercih edilmektedir. Amerikan Pediatri Akademisi tarafından emzirme güçlü bir şekilde tavsiye edilmektedir. Fakat ABD'deki bebeklerin çoğu 2 aylıktan sonra bebek sütü veya mamaları ile tanışmaktadır (Ikem ve ark., 2002).

Hayvanlardan veya bitkilerden elde edilen bebek sütü ve mamalarının çoğu süt bazlı veya soya bazlı mamalar şeklindedir (Ikem ve ark., 2002). Çiğ sütün başlangıçtaki mineral içeriği, büyük ölçüde hayvan türüne ve bu hayvanların beslenmesine, yaşam koşullarına ve sağlık durumuna ve ayrıca üretimi için kullanılan teknik işlemlere bağlıdır. Ayrıca bu ürünler, beslenme gereksinimlerini karşılamak için çeşitli vitaminler ve Cu, Fe ve Zn gibi temel elementlerle güçlendirilebilir (Gómez-Nieto ve ark., 2020). Soya fasulyesinin besleyici özelliklerinden dolayı, süt benzeri ürünler veya soya fasulyesine dayalı bebek mamaları, hayvansal proteinlere alerjisi olan yetişkinler veya çocuklar için en ilginç alternatiflerden biri olarak önerilmektedir. Soya fasulyesi tüketiminin büyük sağlık yararları sağladığı bildiriliyor. Ancak soya fasulyesi yüksek düzeyde nörotoksinler yanı sıra alüminyum ve silikona içerebilmektedir. Ayrıca prematüre bebekler için yetersizdir ve düşük doğum ağırlıklı bebekler için uygun değildir (Ikem ve ark., 2002).

2.3. Toksik Ağır Metaller

Artan çevre kirliliği, insanlarda ağır metal toksisitesi konusunda endişelere yol açmıştır (Tripathi ve ark., 2001). Ağır metaller, çevrede insan sağlığına zararlı olabilecek kalıcı kirleticilerdir. İnsanların metallere maruz kalma oranı kentleşme, sanayileşme ve daha büyük antropojenik kaynaklar nedeniyle önemli ölçüde artmıştır (Elaridi ve ark., 2021). Eser elementler, insan biyolojisinde önemli role sahip elementlerdir, ayrıca vücutta ya yetersiz sentezlenirler ya da hiç sentezlenmezler. Temel mikro besin kaynağı olan bazı metallerin eser miktarları tüm canlı organizmalarda çeşitli biyokimyasal işlevlerde rol alır. Canlı için gerekli olan bu metallerin yüksek miktarları ise toksik etkilere neden olabilmektedir.

Örneğin Cd, Hg ve Pb gibi bazı metaller vücutta doğal olarak bulunmazlar. Çeşitli sebeplerle bu metallere maruz kalınması sağlığa olumsuz etki yaratmaktadır (Saracoglu ve ark., 2007). Kurşun ve Cd eser seviyelerde bile toksik etki göstermektedir ayrıca vücutta ciddi biyokimyasal değişikliklere neden olmaktadır (Kiani ve ark., 2022; Tripathi ve ark., 2001). Kronik olarak bu metallere maruz kalındığında vücutta kademeli bir birikmeye sebep olabilir (Tripathi ve ark., 2001). Yaşamın erken döneminde meydana gelen önemli senkronize gelişim süreçleri nedeniyle, bebeklik ve çocukluk dönemleri, bu metallere maruz kalmaya en duyarlı dönemler arasında kabul edilir. Bu nedenle bebek ve çocuklar yetişkinlerden daha fazla risk altındadırlar (Tripathi ve ark., 2001; Park ve ark., 2018; de Mendonça Pereira ve ark., 2020). Çocuklarda, diğer yaş gruplarına göre besin tüketimlerinin vücut ağırlıklarına göre daha fazla olması ve bağırsak emilimlerinin de yetişkinlere göre daha fazla olması toksik bileşiklere maruziyeti arttırmaktadır (de Mendonça Pereira ve ark., 2020). Bu nedenle bebek sütü ve mamalarında toksik metallerin ve diğer kirleticilerin varlığı çocukların sağlığı açısından önemli bir risk faktörüdür. Bebeklerin daha düşük vücut ağırlığı, gelişimini tam olarak tamamlamamış böbrekler ve karaciğer, detoksifikasyon kapasitesinin düşük olması ve merkezi sinir sistemindeki myelin kılıfın kırılganlığı özellikle bebekleri toksik kirleticilere karşı duyarlı hale getirir (Elaridi ve ark., 2021).

İnek sütü çoğu bebek sütü ve mamalarının ana bileşenidir, bu nedenle ineğin kontamine yem ve suyu tüketmesiyle beraber çevre kirliliğine maruz kalması son tüketici olan bebekler açısından da önemlidir (Elaridi ve ark., 2021; Kiani ve ark., 2022). Bu durum kontamine süt üretimine yol açmaktadır. Bebek sütü ve mamalarının üretiminde kontamine süt ve suların kullanılması bu elementlerin tüketicilerin vücuduna girmesine ve toksik etkilerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Toksik etkiler daha çok bebeğin hızlı immünolojik, biyolojik, bilişsel, büyüme ve gelişme aşamalarında tehlikeli hale gelir (Kiani ve ark., 2022). Bunun yanında, bebek sütü ve mamalarının üretim prosesleri esnasında üretim, paketleme ve depolama süreçleri de toksik metal bulaş kaynakları arasındadır (Elaridi ve ark., 2021).

Doğal (volkanik vs.) ve antropojenik (madencilik vs.) faaliyetler nedeniyle su, hava ve toprak olmak üzere çevrede toksik elementler bol miktarda bulunur. Birçok eser elementler; işleme, depolama, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerden dolayı anne sütüne, bebek sütü, mamalarına ve gıdalara girebilirler. Dünya Sağlık Örgütü/Birleşmiş Milletler Uluslararası Çocuklara Acil Yardım Fonu (WHO/UNICEF) 1998 yılında Cu, Fe, Na, Zn,

Mg ve Ca insan için gerekli olduğunu bildirmesine rağmen bu elementlerin aşırı düzeyde alınması insanlar için toksik etki oluşturabilir. Diğer araştırmalara göre eser elementlerin insan vücudunun çeşitli organları için; nörolojik komplikasyonlar (Al, As ve Pb), renal toksisite (Al, As, krom (Cr), Cu ve Pb), pulmoner etkiler (Al ve Fe), gastrointestinal etkiler (Al ve Fe), hepatotoksisite (Cu) ve kanserojenik (As ve Pb) gibi yan etkileri vardır (Kiani ve ark., 2022). Çocukların davranışları ve zekası üzerindeki olumsuz etkiler; yaygın olarak Pb zehirlenmesiyle ilişkili ortaya çıkmaktadır. Cu, Fe ve Zn gibi metaller insanlar için esansiyel olmasına rağmen, bu metallerin fazlalığı veya eksikliğinden dolayı kronik metabolik bozukluklar meydana gelebilir (Tripathi ve ark., 2001; Kiani ve ark., 2022). Cıva ve Pb gibi ağır metaller eski ama aynı zamanda dünya çapında mevcut halk sağlığı tehditleri arasındadır. Doğal olarak oluşan bu toksik maddeler nöro-davranışsal ve gelişimsel bozukluklar dâhil olmak üzere çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilmektedirler. Bebeklik ve erken çocukluk döneminde, sinir sistemi miyelinasyon, olgunlaşma ve ağ oluşturma sürecinden geçer. Bu nedenle, bu dönemlerde Hg ve Pb gibi nörotoksik maddelere maruz kalmak ciddi sağlık sorunlarına neden olabilir. (Park ve ark., 2018). Bu metallere en çok maruz kalma gıda tüketimi ile gerçekleşmektedir. Bununla birlikte, kentsel bir ortamda, otomobil egzozundan ve endüstrilerden kaynaklanan atmosferik partiküller önemli ölçüde maruz kalmaya sebep olabilmektedir. Kandaki bir metalin seviyesi, bir popülasyonun çevresel maruziyetini yansıtan, vücuttaki biyolojik olarak aktif metalin bir indeksi olarak kabul edilir. Bundan ötürü kandaki metal konsantrasyonu çocuk sağlığı için önemli bir faktördür. Kandaki metal konsantrasyonunu çevresel maruziyetle ilişkilendiren popülasyon çalışmaları, kirlilik kontrol önlemlerine bağlı herhangi bir sağlık programı için faydalı bilgiler sağlayabilir (Tripathi ve ark., 2001). Ağır metallere maruz kalmanın diğer bir yolu olan emzirme, anne sütünün ağır metallere maruz kalmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca bebeklerin savunmasızlığı göz önüne alınarak, emziren anneler arasında maruziyet kaynaklarını, yollarını belirlemek ve maruziyeti azaltmak için uygun müdahale önlemleri geliştirmek çok önemli bir adımdır (Park ve ark., 2018).

Ağır metaller bitkilerde birikebilir (de Mendonça Pereira ve ark., 2020). Zirai faaliyetler gerçekleştirilen topraklarda ağır metallerin birikmesi, gıda güvenliği sorunları, potansiyel sağlık riskleri ve toprak ekosistemleri üzerindeki zararlı etkileri nedeniyle artan bir endişe kaynağıdır. Bakı ve Zn insan sağlığı için gerekli elementlerdir. Fakat Cd, Hg ve Pb elementleri çok düşük konsantrasyonlarda bile organizmalar üzerindeki toksisiteleri

nedeniyle insan sağlığı için büyük endişe kaynağıdır. Bakır, Cd, Hg, Pb ve Zn metalleri sebzelerin yenilebilir ve yenmez kısımlarında çeşitli konsantrasyonlarda birikirler. Sebzelerin yenilebilir kısımlarının alınması sonucu topraktaki ağır metaller insanlara geçer ve insan sağlığına zarar verir. Bu nedenle sebzelerde ağır metal birikimini kontrol etmek ve sınırlamak önemlidir. Bunu sağlamanın yolu ağır metallerin topraktan sebzeye transfer özelliklerinin iyi bilinmesine dayanmaktadır (Zheng ve ark., 2007). Mekanize tarımın balaması, artan kimyasal kullanımı, spreyle, koruyucular, gıda işleme ve paketleme gibi nedenlerden de gıdalar ağır metallerle kontamine olabilir. Olumsuz etkiyi minimuma indirmek için çeşitli gıdalardaki eser element seviyelerini ölçmek ve sürekli izlemek önemlidir. Eser element gıda bileşimi verileri hem tüketiciler hem de sağlık çalışanları için önemlidir ve son yıllarda gıda etiketleme mevzuatı bu gerekliliği vurgulamıştır. Gıda gibi karmaşık matrislerde eser element tayini, enstrümantal analizden önce genellikle kapsamlı numune hazırlama ve ekstraksiyon işlemleri ile olmaktadır (Matos-Reyes ve ark., 2010).

Tarım ve Orman Bakanlığı, gıdalarda bulunabilen belirli bulaanların maksimum limitlerini belirlemek ve bu bulaanların kaynağının belirlenip riskin ortadan kaldırılması amacıyla bir yönetmelik yayımlamıştır (TGK, 2011, TGK, 2023). Bu yönetmelik bitki toksinleri, elementleri vb. kirleticilerin yanı sıra ağır metalleri gibi bulaanları da kapsamaktadır. Yönetmeliğe göre bebek ve devam sütleri ile ek gıdalardaki ağır metaller için belirlenen limit aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1.Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (TGK, 2011, TGK, 2023)

Metaller	Gıda	Maksimum Limit (ppb)
As	Bebek formülü ve Devam formülü	Maksimum limit; gıdanın piyasaya arz edilen hali için geçerlidir.
	• Toz olarak piyasaya arz edilenler	• 20
	• Sıvı olarak piyasaya arz edilenler	• 10
Cd	Bebek formülü ve Devam formülü	Maksimum limit; gıdanın piyasaya arz edilen hali için geçerlidir.
	• Toz olarak piyasaya arz edilen ve inek sütü veya keçi sütü proteinlerinden veya protein hidrolizatlarından üretilenler	• 10
	• Sıvı olarak piyasaya arz edilen ve inek sütü veya keçi sütü proteinlerinden veya protein hidrolizatlarından üretilenler	• 5
	• Toz olarak piyasaya arz edilen ve tek başına soya proteini izolatlarından veya soya proteini izolatları ile inek sütü veya keçi sütü proteinlerinin karışımından üretilenler	• 20
	• Sıvı olarak piyasaya arz edilen ve tek başına soya proteini izolatlarından veya soya proteini izolatları ile inek sütü veya keçi sütü proteinlerinin karışımından üretilenler	• 10
	Bebek ve küçük çocuk ek gıdası	
	Takviye edici gıdalar	• 40 • 1000
Hg	Takviye edici gıdalar	• 100
Pb	Bebek formülü ve Devam formülü	Maksimum limit; gıdanın piyasaya arz edilen hali için geçerlidir.
	• Toz olarak piyasaya arz edilenler	• 20
	• Sıvı olarak piyasaya arz edilenler	• 10

2.4. Ağır Metallerin Özellikleri

Atomik yoğunluğu suyun 5 katı ve üzerinde olan (Sardar ve ark., 2013), yoğunluğu ise 4 g/cm^3 'ten fazla olan metaller veya metaloidler grubuna verilen terim 'ağır metaller' olarak adlandırılır. Genellikle yüksek yoğunluğa sahip olan ağır metaller düşük konsantrasyonlarda bile toksik olabilmektedirler (Duruibe ve ark., 2007). Arsenik, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, gümüş (Ag), Pb ve Zn gibi metaller ve platin grupları ağır metaller sınıfındadır (Duruibe ve ark., 2007).

Elementel formda ve çeşitli kimyasal bileşiklerde bulunan ağır metaller tüm ekosistemde değişik konsantrasyonlardadırlar ve doğal olarak oluşurlar. Her formunun besin ağındaki özelliği ve ne kadar toksik olduğunu belirleyen farklı özellikleri mevcuttur. Fakat insan faaliyetleri bu dengeyi büyük ölçüde etkilemiş ve değişimine sebep olmuştur. İnsan sağlığı için en toksik metaller Cd, Hg ve Pb metalleridir. Yüksek oranda bu metallere maruz kalma böbrek hasarına ve kanserlere yol açabilmektedir (Ilyin ve ark., 2004).

Madencilik, ulaşım, tarım ve endüstriyel üretim gibi faaliyetler yüksek oranlarda ağır metal salmaktadırlar. Bazı metallerin eritilmesi, böcek ilaçları, gübreler, fosil yakıtların yakılması da metal kirliliğine sebebiyet vermektedirler (Sardar ve ark., 2013; Ilyin ve ark., 2004).

Ağır metallerin sızması, su kaynaklarından metallerin buharlaşması, atmosferik birikim, metal korozyonu ve çökeltilerin yeraltı sularına tekrardan süspansiyonu çevre kirliliğine neden olmaktadır. Çökeltiler suyu kirleten birinci etmendir (Jacob ve ark., 2018). Kirli su ile sulama, gübre eklenmesi ve endüstriyel emisyonlar toprakta metal kirliliğe sebep olan faktörlerdendir. Kirli suyun arıtılmasından sonra bile sudaki ağır metaller giderilemez. Bundan ötürü su ile toprağa karışan ağır metaller besin zincirine kolaylıkla geçer. İnsan faaliyetleri sonucu artan bir diğer önemli unsur havadaki ağır metal kirliliğidir. Atıkların eritilip yakılması, kömür ve petrol bunların başlıca sebepleridir. Kömür yakarken kömürdeki As ve Cr gibi metallerin atmosfere yayılması ve trafikteki petrol yakıt kullananların yoğunluğunun artması kontrolsüz kirliliğe sebebiyet vermektedir. Bu da özellikle gelişmekte olan ülkelerde ciddi bir çevre sorunudur (Sardar ve ark., 2013).

Yıllarca süregelen nüfus artışı ve sanayileşme ile birlikte insan yaşam kalitesi de etkilenmektedir. Buna bağlı olarak çevre kalitesi de olumsuz etkilenmektedir (Jacob ve ark., 2018). Bir organizmanın büyüüp gelişmesini ve dış koşulların tamamını bütün olarak sayan çevre kavramı organizmayı ve organizma grubunu inceler (Duruibe ve ark., 2007). Son

dönemlerde biyologların, ekolojistlerin ve çiftçilerin ilgi konusu olan ağır metallerin toprak üzerindeki etkisi artık çevreciler için de bir sorun haline gelmiştir. Çünkü insan faaliyetleri sonucu bozulan çoğu ağır metaller toprakta uzun süre kalabilmektedir. Böylece toprak kirliliği de artış göstermektedir (Grzebisz ve ark., 2002). Yer kabuğunun doğal bir bileşeni olarak ortaya çıkan a

Bu ağır metaller parçalanamazlar ve de yok edilemezler. Bu nedenle kalıcı çevresel kirleticiler grubunda sayılırlar (Duruibe ve ark., 2007). İnsan yapımı sayısız kimyasal maddeler, hava, yiyecek ve içme suyuyla doğaya yayılarak vücuda girer ve biyolojik birikime sebebiyet verebilirler (Duruibe ve ark., 2007; Sardar ve ark., 2013). Ağır metaller vücuda sindirim, cilt emilimi veya solunum yoluyla girerler (Sardar ve ark., 2013).

Atmosferin ve su kaynaklarının kalitesini etkileyen ağır metaller mahsüllerin üretimini ve kalitesini de etkilemektedir. Bu da insan ve hayvan sağlığını olumsuz etkiliyor. Beslenmemizdeki en önemli madde olan sebzeler insan sağlığı için bazı iyi özellikli eser elementleri sağlamaktadır. eser elementlerin tedarikçisi organik ve bitkisel kökenli olduğunda sağlık için önemli sayılmaktadır. Fakat inorganik veya metalik kaynaklı ise toksik hale gelmektedir. Yeşil yapraklı sebzeler maruziyeti yapraklarından aldığı için fazla miktarda ağır metal içerirler (Sardar ve ark., 2013).

2.4.1. Arsenik (As)

Arsenik (As), Zehirli Maddeler ve Hastalık Kayıt Ajansı tarafından Tehlikeli Maddeler Öncelik Listesinde birinci sırada yer alan metaldir (Ruiz-de-Cenzano ve ark., 2017; ATSDR, 2017). Çevrede organik ve inorganik formlarda bulunabilen bir metalloiddir. İnorganik As türleri biyolojik kullanılabilirliği ve fizyolojik-toksikolojik etkileri nedeniyle en tehlikeli türler arasında sayılmaktadır (Fontcuberta ve ark., 2011; Burló ve ark., 2012). Arsenit, As(III), arsenat ve As(V) inorganik As türlerine örnektir (Fontcuberta ve ark., 2011). İnorganik As, Uluslararası Kanseri Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından cilt ve akciğerler için sınıf-I insan kanserine olarak sınıflandırılmıştır (Hernández-Martínez ve Navarro-Blasco, 2013; Fontcuberta ve ark., 2011). İnorganik As reaktiftir ve kanser dışında da çok çeşitli toksik etkilere neden olabilir (Ljung ve ark., 2011). Deniz ürünlerinde bulunan arsenobetain gibi organik As bileşikler toksik değildir, sağlıkla ilgili bir endişe yaratmayabilir (Jackson ve ark., 2012).

Arseniğin çevredeki konsantrasyonu; tarımsal faaliyetler, yakma tesislerindeki atmosferik salınım ve endüstriyel faaliyetler gibi antropojenik kaynaklar vasıtasıyla artmaktadır (Fontcuberta ve ark., 2011). Tarım, sanayi, madencilik faaliyetleriyle açığa çıkan As çevreyi kirleterek insan sağlığı için riskli kirliliğe sebep olabilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) içme suyundan kaynaklanan As maruziyetinin zararlı etkileri için çevresel düzenleyici sınırını 0.01 mg'a düşürülmesini sağlamıştır. Yeraltı kuyu sularını tüketen toplumlarda jeolojik ve biyojeokimyasal koşullara bağlı olarak yüksek düzeyde As maruziyeti görülebilmektedir (Jackson ve ark., 2012). Bitki ve hayvanların As maruziyeti; kirlenmiş su ve topraklardan, havyan yemlerinde bulunan katkı maddelerinden ve As ihtiva eden pestisit kullanımından kaynaklanmaktadır (Ruiz-de-Cenzano ve ark., 2017).

Arsenik, gıdaların çoğunda yaygın olarak bulunan ve esansiyel olmayan toksik bir element olmasından ötürü insan sağlığında dikkat edilmesi gereken bir metaldir. Sebzeler, bakliyatlar ve tahıllar besin zincirinde As alımında önemli yollardan biridir (Matos-Reyes ve ark., 2010). Balık, deniz yosunları ve kabuklu deniz ürünlerindeki As seviyeleri, tahıl, sebze ve etlere göre daha yüksek oranda As biriktirme eğilimindedir. As çoğunlukla toksikolojik açıdan daha düşük etkiye sahip formu olan organik formda bulunur (Hernández-Martínez ve Navarro-Blasco, 2013). İnorganik As'ye maruz kalmanın en büyük kaynakları arasında gıdalar ve içme suları bulunmaktadır (Fontcuberta ve ark., 2011). Pirinç diğer tahıllara göre As birikimine daha çok duyarlı bir tarım ürünüdür. İnorganik As ve dimetil-As asit (DMA) pirinç tanelerinde bulunan baskın tür olduğundan dolayı (Jackson ve ark., 2012) 'pirinç bazlı tahıl ürünleri' As'ye maruz kalmanın ana etkeni sayılmaktadır (Hernández-Martínez ve Navarro-Blasco, 2013; Burló ve ark., 2012; Matos-Reyes ve ark., 2010).

Bebek sütü ve mamalarında kullanılan ham maddeler, toksik mineral ve eser elementler içerebilir. Bu süt ve mamalarda kullanılan tahıllar içinde yer alan pirinçte inorganik As bulunması bebek sağlığı açısından riskli olabilir (Carbonell-Barrachina ve ark., 2012; Ljung ve ark., 2011). Pirinç; tatsızlığı, malzeme özellikleri, düşük alerjen seviyesi, glüten içermemesi ve besin değeri açısından bebek sütü ve mamalarında önemli bir yer edinmektedir. Ayrıca çölyak hastalığındaki gibi gıda intoleransı olan bebeklerde pirince bağımlılık daha yüksektir ve pirinç temel tahıl görevi görmektedir. Glütensiz bebek pirinçleri 4. ayda bebeklerin beslenmesine dâhil edilir. (Burló ve ark., 2012). Bebekler

tarafından tahıl bazlı gıda alımının fazla olması da bebeklerin sağlığında ciddi sorunlar doğurmaktadır. Bebek sđtđ ve mamalarında bulunan As seviyelerinin tespiti açısından sıkı bir kontrol sağlanmalıdır (Hernández-Martínez ve Navarro-Blasco, 2013). Son zamanlarda artan bebek morbitide ve mortalitesinin nedenleri arasında yaşamın erken dönemlerinde, düşük seviyede de olsa iğeme suyundan kaynaklı inorganik As maruziyeti sayılmaktadır (Burló ve ark., 2012; Ljung ve ark., 2011). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA), 2009 da yayınladığı rapora göre 3 yaş altındaki çocuklar beslenmeyle birlikte yetişkinlere göre 2-3 kat daha fazla inorganik As'ye maruz kalmaktadır (Jackson ve ark., 2012; EFSA, 2009). Sđtten kesilmiş bir yaşındaki bebeklerin sağlarındaki As oranı bir aylık bebeklere göre on kat daha fazla bulunmuştur. Bebek sđtđ ve mamaları ile beslenen bebeklerin sağlarındaki As oranı, emzirilen bebeklerinkine göre daha yüksek düzeyde çıkmıştır (Burló ve ark., 2012).

Arsenik açısından gıda değerlendirmelerinde, çoğu ÷lke maksimum konsantrasyon seviyesini tanımlamamıştır. Toksikite bakımından inorganik As formu daha önemlidir. Toplam As'nin %0.02-%6.8'i inorganik form olarak kabul edilebilir (Fontcuberta ve ark., 2011).

2.4.2. Cıva (Hg)

Cıva, periyodik tabloda gečiř elementleri arasında II B grubunda yer alır. Soy metallerle (altın [Au], Ag, platin [Pt] ve paladyum [Pd]) etkileşime girerek alaşım oluşturabilir (Schroeder ve Munthe, 1998). Sucul sistemlerde Hg, organik, inorganik ve elementel formlarda bulunmaktadır. Oda sıcaklığında sıvı formda bulunan tek metal elementel olan Hg, yüksek uçuculuğa ve daha düşük suda çözünürlüğe sahiptir. +1 ve +2 olmak üzere iki değer bulanan sulu inorganik Hg'nin +2 değerliğine sahip olanları çevrede daha çok bulunmaktadır (Wang ve ark., 2004). Cıva hidrosfer, litosfer, biyosfer ve atmosfer olmak üzere küresel ortamda yaygın olarak bulunan en zehirli ağır metallerden birisidir (Feng ve ark., 2010; Zhang ve Wong, 2007). Su, toprak, biyota ve sediment gibi çevresel ortamlarda da bulunan Hg, atmosfer hariğe, genelde inorganik Hg tuzları ve organik Hg şeklinde dir. $HgCl_2$ (cıva klorür), $Hg(OH)_2$ ve HgS (cıva sülfür) çevrede yaygın bulunan Hg tuzlarıdır. CH_3HgCl ve CH_3HgOH bileşikleri gibi organomerküriklerle (dimetil Hg ve fenil Hg) birlikte organik bileşiklerin ana formlarını oluştururlar (Zhang ve Wong, 2007). Atmosferik Hg genelde gaz halinde bulunur ve atmosferdeki toplam Hg'nin (Hg_T) yaklaşık %80'i Hg^0 gaz şeklinde dir. Yüksek uçuculuğundan dolayı Hg^0 bir yıldan fazla atmosferde

kalabilir ve uzun süreli atmosferik taşınmadan ötürü çevresel sorun yaratabilir. Gaz formundaki Hg atmosferde baskın görünse de partikül fazındaki Hg atmosferde Hg birikiminde etkin rol oynamaktadır (Wang ve ark., 2004). En yaygın Hg türlerinden bir diğeri olan Hg^{2+} insanlar ve çevre için oldukça toksik etkiye sahiptir. Anaerobik ortamlarda lipolitik metilcıvaya (MeHg) dönüşür ve bu form, sucul ekosistemlerde bulunan bentik organizmalarda ve biyoakümülyasyon yoluyla besin zincirindeki diğeri yaşayanların sinir sistemlerinde hasara neden olabilmektedir (Wang ve ark., 2023). Monometilcıva (MMHg) ve dimetilcıva (DMHg), Hg döngüsünün ayrılmaz bileşenleri olan alkillenmiş türleridir. Bu türlerin dağılımları doğal ve antropojenik süreçlerden etkilenmektedir (Fitzgerald ve ark., 1998).

Cıva, genellikle jeolojik ve antropojenik kontaminasyonlardan kaynaklanan oldukça toksik ve bozunmayan bir metaldir (Wang ve ark., 2023). Ayrıca tehlikeli bir çevresel kirleticidir (Wang ve ark., 2004). Cıva suda, toprakta ve havada taşınabilir aynı zamanda geri dönüştürülebilir olduğundan yüksek derecede kirliliğe neden olmaktadır (Wang ve ark., 2023). Cıva emisyon kaynakları üçe ayrılır; doğal, antropojenik ve yeniden yayılan kaynaklar. Yeniden yayma emisyonuna çöken Hg'nin yeniden harekete geçirilmesi örnek verilebilir (Wang ve ark., 2004). Antropojenik Hg kirliliği kaynakları, tarımsal malzemeler, kentsel deşarjlar, madencilik ve yanma endüstriyel deşarjlardır (Zhang ve Wong, 2007; Wang ve ark., 2004). Çevredeki Hg birikiminin en önemli yolu atmosferik birikmedir. Atmosferdeki Hg miktarının, sanayi devriminden bu yana on kat arttığı tahmin edilmektedir. Antropojenik kaynaklardan yanma ve atık yakma yoluyla ortaya çıkan Hg miktarı yıllık 2000-2200 tondur. Doğal olarak atmosfere salınan Hg kirliliğinin kaynakları arasında, ormanlar, göller, volkanlar, topraklar ve açık okyanuslar yer alır. Bu oranın yılda toplam 2000 ton olduğu belirtilmektedir (Zhang ve Wong, 2007).

İnsanlar hem organik hem de inorganik Hg'ye maruz kalmaktadır. Cıvanın inorganik formlarda ve düşük konsantrasyonlardaki insan maruziyet yolları solunum yolu, balık ve diğeri gıdaların tüketimidir. İdrar, kan numuneleri, saç teli, anne sütü gibi değerler organik ve inorganik Hg maruziyetini değerlendirmek için kullanılabilen değerler arasında sayılmaktadır. Solunum ile maruziyet, elementel Hg buharının solunmaya başlaması ve alveolar zardan hızla yayılıp, akciğerlerde emilimi ile meydana gelmektedir (Zhang ve Wong, 2007). Halk sağlığını doğrudan etkileyen Hg buharına uzun süre maruz kalmak solunum yollarında sorunlar çıkmasına neden olur. Ortaya çıkan sorunlar arasında göğüs

ağrısı, dispne, öksürük, solunum fonksiyon bozukluğu ve hemoptizi yer alır. Dünya Sağlık Örgütü tolere edilebilir Hg maruziyetinin sınırını yıllık ortalama 200 ng/m³ ve 1000 ng/m³ arasında belirlemiştir (Cordy ve ark., 2011). Art arda birkaç saat boyunca 100000 ve 200000 ng/m³ arasında elementel Hg buharına maruz kalmak akut bronşit ve pnömoniye neden olur. Alveolar ve bronşiyal seviyelerde Hg buharının emilmesi akciğer ödemine, kılcal hasara, hava yolu astar hücrelerinin deskuamasyonu ve proliferasyonuna neden olur (Zhang ve Wong, 2007).

Tatlı su ve deniz balıklarını tüketen insanların MeHg maruziyeti kaçınılmazdır (Fitzgerald ve ark., 1998). Yapılan toksikolojik çalışmalarda özellikle MeHg'nin insan fetüsü ve embriyosu için toksik olduğu kanıtlanmıştır (Wang ve ark., 2004). Sucul ekosistemde daha baskın olarak bulunan MeHg, kan-beyin ve plasenta bariyerlerini kolayca aşarak zekâ, hafıza, dil, işitme, ince motor, görsel hafıza ve dikkat gibi nörolojik fonksiyonları etkileyebilmektedir (Park ve ark., 2018). Özellikle MeHg'ye, metabolize edildiğinde ciddi zehirlenmeye veya zehirlenme semptomlarına yol açan Hg küresel, toksik bir kirleticidir (Hernández-Martínez ve Navarro-Blasco, 2013). Çevredeki Hg kirliliğinin azaltılması ve buna uygun politikalar geliştirilmesi açısından kaynakların doğrulanması gerekmektedir. Bu çevredeki kirliliğin azaltılması için kritik öneme sahiptir. Cıva izotop oranları ortamda bulunan Hg kaynaklarının izini sürmek açısından etkili olabilmektedir. İzotop oranlarının doğru ölçümü çoklu toplayıcı endüktif olarak eşleşmiş plazma kütle spektrometresinin (MC-ICP-MS) geliştirilmesi ve uygulanmasıyla olabilmektedir (Feng ve ark., 2010). İnsanların yaptığı faaliyetler Hg döngüsünü değiştirebilmekte ve Hg'nin çevreye salınımını artırabilmektedir. Toprağın işlenmesi, ağaçların kesimi, ormansızlaşma ve benzeri faaliyetler bitki örtüsünün kaybına yol açmakta ve toprak erozyonuna neden olabilmektedir. Bu durum Hg döngüsünde önemlidir. Çünkü Hg ile kirlenmiş toprak yüzeysel akışla yakınlarda bulunan su sistemlerine kolay taşınmaktadır. Oysaki bitki örtüsü erozyonu etkili bir şekilde azaltmaktadır ve böylece Hg salınım oranını düşürmektedir. Evsel atık suları da arıtılmadan su sistemlerine aktarılınca sulu Hg konsantrasyonunu arttırmaktadır (Wang ve ark., 2004). Nörotoksik bir metal olan Hg, merkezi sinir sistemini, periferik ve otonom sinir sistemini de etkilemektedir. Artan ağır metal insidansından kaynaklı insanların sağlığı ve üretkenliği olumsuz etkilenmektedir. Ayrıca hayvancılık sektöründe çiftlik verimi de olumsuz etkilenmektedir. Hayvancılık ürünlerinden insanların beslenmesine kadar olan

süreçte, süt, et, yumurta ve bunlardan elde edilen ürünlerdeki Hg içeriği insanları tehlikeye atmaktadır. Bu yüzden sürekli izlenmesi önerilmiştir (Tóth T ve ark., 2014).

2.4.3. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum; gümüşü beyaz renkte, yumuşak, suda çözünmeyen ve dövülebilir bir yapıdadır (Nivetha ve ark., 2019; Sharma ve ark., 2015). Kadmiyum ayrıca yer kabuğunda bulunan doğal elementlerden biridir ve 0.1 ile 5 µg/g arasında değişik konsantrasyonlarda bulunabilir (Rodríguez-Barranco ve ark., 2014). Bu elementin yapısı kristal ‘altıgen kapalı paketlenme’ şeklindedir ve periyodik tabloda 2B grubunda yer alır (Trivedi ve ark., 2015). Beşinci periyot 12. grupta yer alan Cd, d-blok elementidir (Nivetha ve ark., 2019; Sharma ve ark., 2015). Korozyona karşı bir metal olan Cd’nin yoğunluğu 8.645 g/cm³ şeklinde bulunmuştur. Dördüncü yörüngede 14 ekstra elektron bulunmasında dolayı daha kararlı bileşikler oluşturabilir. Ayrıca Cd-106, Cd-108, Cd-110, Cd-111, Cd-112, Cd-114, Cd-116 ve Cd-118 şeklinde 8 izotopu mevcuttur (Nivetha ve ark., 2019).

Kadmiyum’un başlıca antropojenik kaynakları; fosil yakıtlar, metal rafinasyon ve madencilik, fosfatlı gübreler, atık yakılması ve bertarafı şeklindedir (Rodríguez-Barranco ve ark., 2014; Sharma ve ark., 2015). Bunlara ek olarak volkanik patlama ve madencilik de yer kabuğundan dolaylı olarak toksin şekilde Cd maruziyetine neden olur. Bitkiler bu metali topraktan alır, dolayısıyla sigara içmeyen ve mesleki olarak maruz kalmayan topluluklarda bile Cd maruziyeti ortaya çıkabilir. Hem çevre hem de insanlar için Cd tehlikelidir. Atmosferde, suda ve yiyeceklerde bulunan bu metal düşük konsantrasyonda bile insanlara temas ettiğinde ölüm dahi ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir (Sharma ve ark., 2015). Bazı kaynaklara göre Cd, insan sağlığında potansiyel tehdit oluşturan en önemli elementler arasında ilk sıralarda yer almaktadır (Rodríguez-Barranco ve ark., 2014). Kadmiyum seviyesi insanlarda yaşla birlikte artar ve 40-50 yaş aralığında 30 mg seviyesine kadar çıkabilir. Bu seviye daha sonra az miktarda düşebilir (Sharma ve ark., 2015).

Toksik metallerden olan Cd; pillerde, pigmentlerde, stabilizatörlerde, kaplama uygulamalarında ve alaşımlarda kullanılır (Sharma ve ark., 2015; Trivedi ve ark., 2015; Nivetha ve ark., 2019). Plastiklerde, atom füzyonunu kontrol amaçlı nükleer reaktörlerde, bitkisel preparatlarda, antifungallerde, seramiklerde kullanılan Cd metali hava varlığında hızlıca Cd-oksit’e oksitlenebilir. Havadaki Cd’un esas kaynağı endüstriyel faaliyetler olsa

da antropojenik Cd üretimi son 5 yılda yaklaşık %90 azalma göstermiştir. (Nivetha ve ark., 2019). Daha çok anot olarak şarj edilebilen nikel-Cd pillerde kullanılan bu metal pil elektrotları, enerji depolama cihazları ve katalizör destekleri gibi birçok alanda da kullanımı yaygındır. Bu alanlarda üründeki yüzey alanının geniş olması önemlidir. Örneğin pillerdeki elektrotların yüzey alanının geniş olması hücre akım yoğunluğunu artırır ve yüksek düzeyde güç iletilmesini sağlar. Bu nedenlerden ötürü Cd'nin kullanılmasını sınırlayabilen çok karmaşık ve maddiyatı yüksek yöntemler gerekmektedir. Araştırmacılar alternatif yöntemleri araştırarak Cd'un sınırlı kullanımı için çalışmalara yönelmişlerdir (Trivedi ve ark., 2015).

Kadmiyum, kanserojendir ve nörotoksik bir elementtir. Emilimi bebeklerde yetişkinlere göre daha yüksek görünse de erken yaşta maruz kalma ve bununla beraber oluşan yan etkiler hakkında çok fazla bilgi bulunmamaktadır (Ljung ve ark., 2011). Pirinç ve suyla Cd'nin fazla, Ca ve D vitaminin az miktarda alınması gebelik ve emzirme dönemini etkilemektedir (Sharma ve ark., 2015). Hamilelik dönemlerinde, plasenta Cd'ye karşı bir bariyer görevi görerek fetüse sadece %10'dan daha küçük bir miktar aktarılmasını sağlar. Aynı şekilde çok düşük bir miktar anne sütüne aktarılır. Böylelikle anne karnındaki bebek ve yeni doğan da korunmuş olur (Rodríguez-Barranco ve ark., 2014).

Toksik metal olan Cd insanların dışında doğadaki yaşam için de tehlikelidir. Mitojen görevi görerek dokularda kanser hücrelerini teşvik edebilir. DNA onarımını ve hücre proliferasyonunu uyarır. Ayrıca apoptozu da inhibe eder ve Cd konsantrasyonu artarsa bu durum nekrozla sonuçlanabilir. Böbrekte doku hasarına sebebiyet vererek hücre ölümüne neden olur. Özellikle batarya fabrikalarında rastlanan, çalışanların maruz kaldığı Cd-oksit tozunun solunması ile böbrek hastalığı ve amfizem görülebilmektedir. Bu metale uzun süreli maruz kalma kansorejen etkinin görülmesine neden olur. Ayrıca uzun süre maruz kalma sonucunda, epitel hücreleri de DNA, RNA ve protein biyosentezini inhibe ederek zarar verici hücrelere dönüşmesine neden olur (Sharma ve ark., 2015).

Kadmiyum'a karşı maruziyet gıdalardan, çevreden gelen tütün dumanından ve evlerdeki tozlardan ötürü çok genç yaşta oluşmaktadır (Rodríguez-Barranco ve ark., 2014). Kadmiyum'un erken yaşta maruziyeti durumunda östrojen benzeri etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Ljung ve ark., 2011). Gıda bazlı Cd maruziyetinin %80'inden fazlası tahıl ve sebzelerden kaynaklanmaktadır (Rodríguez-Barranco ve ark., 2014). İnsanlarda oluşan gıda bazlı maruziyet emilimi çok düşük bir orandadır ve bu oran yaklaşık %3 ve %5 arasındadır.

İnsan vücudunda Cd böbrek ve karaciğerde tutulur (Pandelova ve ark., 2012). Karaciğer, dalak, pankreas, kalp ve testis gibi organlarda da bu metal emilim gösterip dağılabilir. Çok az miktarda bu metal böbrekten emilir ve böbrekteki Cd konsantrasyonu belirli bir seviyeye ulaştığında proteinüriye neden olur (Sharma ve ark., 2015). Uzun sürede ve aşırı Cd maruziyeti böbrek fonksiyonu ve kemik mineralizasyonu üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Ljung ve ark., 2011). Kadmiyum'un 10 ile 30 yıl arasında değişen uzun süreli biyolojik yarılanma ömrü vardır (Pandelova ve ark., 2012; Sharma ve ark., 2015). Kan tahlillerinde ortaya çıkan Cd son maruziyet durumunu göstermektedir. İdrar ve saçtaki oranı ise vücut yükünü yansıtır ve kümülatif uzun süreli maruziyetin bir göstergesidir (Rodríguez-Barranco ve ark., 2014). Akut olarak Cd'ye maruz kalmanın ardından baş ağrısı, baş dönmesi, öksürük, burunda tahriş, boğazda kuruluk, göğüs ağrısı ve pulmoner ödem ile iltihaplanmaya sebep olabilir (Sharma ve ark., 2015). Dünya Sağlık Örgütüne göre Cd maruziyeti 5 ng/m³ güvenlik eşiğini aşmamalıdır. Ancak endüstrilere yakın alanlarda bu durum değişmekte ve sınır aşılmaktadır (Rodríguez-Barranco ve ark., 2014). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi, olumsuz etkilerin kanıtlarına dayanarak haftalık tolere edilebilir Cd alımını 7'den 2.5 µg/kg'a indirdi. Yapılan çalışmalarda da Avrupa'daki yetişkinlerin haftalık ortalama Cd maruziyetinin de bu seviyelerde olduğunu kaydetti (Ljung ve ark., 2011). Kadmiyum konsantrasyonu östrojen reseptörünü aktifleştirerek östrojene bağlanmasını bloke eder. Bu durumdan iskelet sistemi etkilenecek osteotoksositeye neden olabilir. Üremede çok önemli bir faktör olan semendeki sperm konsantrasyonu da Cd maruziyeti sonucu azalır. Testis hücrelerine iyon taşıyıcı zincirler ve Ca kanalı aracılığıyla giren Cd seviyesi yükseldiğinde menideki sperm sayısını azaltarak kısırılığa neden olur. Tütün, yiyecek ve hava ile maruziyet sonucu Cd, endotel disfonksiyonlarını etkileyerek kardiyovasküler hastalıklara sebep olabilir (Sharma ve ark., 2015).

2.4.4. Kurşun (Pb)

Kurşun, atom numarası 82 ve atom ağırlığı 207.19 olan mavimsi veya gümüşü gri renkte bir metaldir. Atom ağırlıkları 204, 206, 207 ve 208 olan dört tane izotopu bulunmaktadır (Tangahu ve ark., 2011). Ayrıca merkezi sinir sistemini etkileyen toksik bir metaldir (Dorea ve Donangelo, 2006). Yoğunluğu 11.3 g/cm³ olan Pb 207.19 atom ağırlığına sahiptir. Kaynama noktası:1740 °C, erime noktası:327.5 °C'dir. Üzerinde en çok çalışma

yapılan Pb formu inorganik Pb'dir (Skerfving ve Bergdahl, 2007). Organik ve inorganik Pb bileşikleri, IARC tarafından grup 2B (insanlar için kanserojen), grup 2A (insanlar için kanserojen) ve grup 3 (insanlar için kanserojenliği sınıflandırılmayan) olarak ayırmıştır. Petrolde, boru yapımında, kablolarda, seramik alanlarında ve boya sanayisinde kullanılan Pb doğal olarak yer kabuğunda bulunur (Başaran, 2022).

Kurşun hem merkezi hem de periferik sinir sistemlerinde toksik etkiler oluşturabilir (Başaran, 2022; Skerfving ve Bergdahl, 2007). Kan, böbrek, üreme organları, endokrin ve bağışıklık sistemi, kardiyovasküler sistem ve gastrointestinal sistem bunlara örnek olarak verilebilir (Skerfving ve Bergdahl, 2007; de Mendonça Pereira ve ark., 2020). Dünya çapında çevresel bir kirletici olan Pb, düşük seviyelerde bile beyin gelişimini etkiler ve dolayısıyla yaşamın sonraki evrelerinde nörodavranış üzerinde olumsuz etki bırakır. Nörogelişimin kritik evresinde beyin plastisitesini baskılar (Dórea, 2019). Özellikle yenidoğanların korteksindeki sinaptik bağlantılarda, nöral gelişim sırasında en yüksek etkiyi gösterebilir (Gulson ve ark., 2001). Kısaca subklinik beyin işlev bozuklukları ve nörogelişimsel bozukluklardan sorumludur (Park ve ark., 2018). Nörogelişimsel bozukluğa neden olan Pb, dikkat eksikliği bozukluğuna, mental retardasyona, serebral palsiye ve otizm gibi durumlara sebebiyet vermektedir (Winneke, 2011). Nörotoksik bir metaldir (Dórea, 2019; Ljung ve ark., 2011). Kümülatif özelliklere sahiptir ve çevresel olarak meydana gelmektedir (de Mendonça Pereira ve ark., 2020; Dórea, 2019). Kurşun düşük seviyelerde asemptomatik özellik gösterebildiğinden dolayı özellikle çocuklardaki kan seviyelerinde belirlenmesi zordur (Dórea, 2019).

Kurşun'un besinlerle etkileşime girme şeklini, nasıl oluştuğunu bilmek maruziyeti azaltmak ve zehirlenme riskini en aza indirmek açısından önemlidir (Dorea ve Donangelo, 2006). Bebek sütü ve mamaları ve hamilelik süresince dışarıdan alınan besinlere maruz kalınan anne sütü potansiyel Pb kaynakları arasındadır. Bunun yanı sıra ev tozu da kan seviyesindeki Pb'ye etki etmektedir (Gulson ve ark., 2001). Plasentaya geçebilen Pb'nin, hayvan deneylerinde kanserojen olduğuna dair çalışmalar mevcuttur (Skerfving ve Bergdahl, 2007). Fetüsün ve bebeğin Pb'ye maruz kalma durumu karmaşık yapıdadır. Çünkü annedeki emilim besinlerle gelen Ca ve fosfor etkileşimlerine bağlıdır. Kalsiyum içerikli besinler veya takviyeler önemli derecede Pb taşıyabilmektedir. Böylece annedeki Pb birikimi kemik-kalsiyum metabolizması ile etkileşime giren tüm faktörlere bağlıdır. Fetal gelişim sırasındaki maruz kalma emzirme döneminden daha önemlidir. Emzirme döneminde

gelişen psikolojik sağlık, besinsel değer ve korunma gibi faktörler bebek sütü ve mamalarında olmadığından Pb oranları yüksektir (Dorea ve Donangelo, 2006).

Ev boyası ve benzinden Pb'nin çıkartılmış olması önemli ölçüde Pb zehirlenmesini azaltmış olsa da düşük düzeyde Pb maruziyeti her alanda bulunmaktadır ve beslenme bunlardan yalnızca biridir (Gardener ve ark., 2019). Kurşun doğada her yerde bulunabilir. İnsanlar bu metale, içme suyu, besin zinciri ve hava yoluyla maruz kalmaktadır. İnsanlarda toksik etki beslenme durumu, fizyolojik faktörler, maruziyet düzeyi ve süresine göre değişmektedir (Dorea ve Donangelo, 2006). Avustralya, Kanada ve Almanya'da yapılan bazı çalışmalar inek sütüyle yapılan bebek sütü ve mamalarındaki Pb miktarının anne sütünden daha fazla olduğunu ortaya çıkarmıştır (Pandelova ve ark., 2012). Yetişkinler çeşitli gıdaları kısıtlayarak Pb düzeylerini azaltabilirken, bebeklerde bu durum sadece süt diyetlerine bağlı olmaktadır. Ayrıca toz haldeki bebek sütü ve mamalarının hazırlanması sırasında kullanılan su içeriği de Pb seviyesini etkilemektedir. Yüksek düzeyde Ca içerikli besinler Pb alımı açısından risklidir. Çünkü bebeklerdeki Ca oranı, Pb alımı ve depolanmasında etkilidir. Yağ ve laktoz gibi süt bileşenleri Pb emilimini arttırmaktadır (Dorea ve Donangelo, 2006).

Bebeklerin beslenmesi her türlü koşulun önüne geçmektedir; kültürel, dini gibi... Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde birçok hastalıkların ve yetersiz beslenmeden kaynaklı ölümlerin, beslenme ile önüne geçilebileceği bilinmektedir. Bu nedenle bebek sütü ve mamalarının maruziyet açısından toksik elementlerden yana belirli sınırlar içinde olmasına özen gösterilmelidir. Bebek ve çocuklardaki pek çok gelişimsel sorun toksik metallere maruz kalmayla doğrudan orantılıdır. Bebek sütü ve mamalarındaki toksik metal seviyeleri yeni doğan ve çocuklardaki bağırsak eliminasyonlarını bozmaktadır. Tahıllarda ve süt ürünlerinde bulunan Pb, yeni doğan ve çocuklar için ilk katı gıda sayılabilir. Bu nedenle bebek sütü ve mamalarındaki Pb seviyesi uluslararası kuruluşlar tarafından belirlenir (Kazi ve ark., 2010).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1.Örneklerin Toplanması

Arsenik, Cd, Hg ve Pb metal konsantrasyonlarının araştırılmasında bebeklerin beslenmesinde kullanılan farklı markalarda süt, mama ve ek gıdalar kullanılmıştır. Örnekler Hatay ilindeki satış noktalarından (market, süpermarket ve eczane) Aralık 2022 ile Ocak 2023 arasında 10 adet bebek sütü (0-6 ay), 15 adet devam sütü (<24 ay), 11 adet özel tıbbi amaçlı mama (hipoalerjenik, anti reflü, laktozsuz, prematüre vs.) ve 15 adet bebek ek gıdası (>6 ay ve çocuklar için) olmak üzere toplam 51 adet bebek sütü, maması ve ek gıda şeklinde gruplandırılarak toplanmıştır. Toplanan örnekler analiz aşamasına kadar oda sıcaklığında ve kendi ambalajında muhafaza edilmiştir.

3.2. Kullanılan Kimyasallar

Analizlere hazırlık ve analiz aşamasında kullanılan nitrik asit (HNO_3) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) (Sigma, ABD) analitik saflıktaydı.

3.3. Yakma

Bebek sütü, mamaları ve ek gıda örneklerinden 0.5'er g teflon mikrodalga tüplere alındı. Tüplerin içine alınan toz haldeki numunelerin üzerlerine 8 ml %65 konsantrasyonda HNO_3 ve 2 ml %30 konsantrasyonda H_2O_2 eklenerek 15 dk boyunca gazın çıkması için beklendi. Ayrıca bu süre zarfında teflon kaplar 5 dk arayla karıştırılıp 15 dk sonra teflon tüplerinin ağzı kapatılarak mikrodalga fırınına koyuldu. Mikrodalgada (CEM-MARS) 4 basamaklı prosedürle (1600 W, %85 güç, 15 dk, 200 °C, 15 dk) yakma işlemi gerçekleştirildi. Yaş yakma sonrası 20 dk soğutma işlemi gerçekleştirilen örnekler 5 ml saf su eklenerek bekletildi, daha sonra filtre kâğıdından geçirilerek falkon tüplerinin içine süzüldü. Distile su ile son hacim 25 ml'ye tamamlanarak dilue edildi ve analiz zamanına kadar +4 °C'de saklandı.

3.4. Analiz

Hazırlanan çözeltilerdeki As, Cd, Hg ve Pb konsantrasyonları uygun şartlarda (1400 W güç, 20 rpm pompa hızı, 9.0 L/dk plazma akış, 1.65 L/dk aksillar akış, 0.93 L/min nebulizer akış) ICP-MS (Analytik Jena, Almanya) cihazı kullanılarak ölçüldü.

3.5. Validasyon

Doğruluk, kesinlik, tespit limiti (LOD) (As: 0.073, Cd: 0.003, Hg: 0.032, Pb: 0.047), tayin limiti (LOQ) (As: 0.244, Cd: 0.008, Hg: 0.107, Pb: 0.155), geri kazanım (%R) (As: 96.03, Cd: 97.84, Hg: 99.39, Pb: 108.81), relatif standart sapma (RSD) (As: 6.43, Cd: 7.63, Hg: 16.83, Pb: 11.02), ve korelasyon katsayısı (r^2) (As: 0.999915, Cd: 0.999865, Hg: 0.999282, Pb: 0.999641) parametreleri üzerinden metot validasyonu yapıldı.

3.6. İstatistiksel analizler

Elde edilen veriler paket programı (SPSS 27.0) kullanılarak istatistiksel açıdan analiz edildi. Shapiro-Wilk ve Levene testleri uygulanarak verilerin normal ve homojen dağılımlarına bakıldıktan sonra gruplar arasındaki farklılıklar ve istatistiksel anlamlılığı belirlemek için non-parametrik Kruskal-Wallis testi uygulandı. P değeri 0.05'ten küçük ya da eşit olan gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1.Arsenik bulguları

Hatay ilinde satış noktalarından (market, süpermarket ve eczane) toplanan bebek sütü ve mamalarında analiz sonucu elde edilen As konsantrasyonları (ppb) ortalama±standart hata, minimum ve maksimum olarak Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Bebek Sütü (n=10), Devam Sütü (n=15), Bebek Ek Gıdaları (n=15) ve Özel Tıbbi Amaçlı Mamaların (n=11) ortalama±standart hata, minimum–maksimum As konsantrasyonları (ppb)

	Bebek Sütü (n=10)	Devam Sütü (n=15)	Bebek Ek Gıdaları (n=15)	Özel Tıbbi Amaçlı Mama (n=11)	P	Toplam (n=51)
As	3.48±0.27 ^a	5.41±3.78 ^b	7.25±0.39 ^c	5.20±0.33 ^b	<0.01	5.53±0.26
	2.31-5.27	3.42-9.46	4.40-9.72	3.74-7.20		2.31-9.72

Aynı sütundaki farklı harfler gruplar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir (P≤0.05)

En düşük As konsantrasyonunun (3.48 ppb) bebek sütlerinde olduğu tespit edildi. En yüksek As konsantrasyonunun (7.25 ppb) ise bebek ek gıdalarında olduğu tespit edildi. Bebeklerin beslenmesi için satışa sunulan devam sütü ve özel tıbbi amaçlı mamalar ile bebek sütü ve ek gıda gıdalarındaki As ortalama konsantrasyonları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı (P≤0.01).

4.2. Kadmiyum bulguları

Hatay ilinde satış noktalarından (market, süpermarket ve eczane) toplanan bebek mamalarında analiz sonucu elde edilen Cd konsantrasyonları (ppb) ortalama±standart hata, minimum ve maksimum olarak Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Bebek Sütü (n=10), Devam Sütü (n=15), Bebek Ek Gıdaları (n=15) ve Özel Tıbbi Amaçlı Mamaların (n=11) ortalama±standart hata, minimum–maksimum Cd konsantrasyonları (ppb)

	Bebek Sütü (n=10)	Devam Sütü (n=15)	Bebek Ek Gıdaları (n=15)	Özel Tıbbi Amaçlı Mama (n=11)	P	Total (n=51)
Cd	TE ^a	TE ^a	5.01±1.19 ^b <TE-12.03	TE ^a	<0.01	1.47±0.47 TE-12.03

Aynı sütündeki farklı harfler gruplar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir (P≤0.05)

Bebek sütü, devam sütü ve özel tıbbi amaçlı mamalarda Cd tespit edilemedi. Bebek ek gıdalarında Cd konsantrasyonu 5.01 ppb olarak belirlendi. Bebeklerin beslenmesi için satışa sunulan ek gıda mamalar ile bebek sütü, devam sütü ve özel tıbbi amaçlı mamalardaki Cd ortalama konsantrasyonları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı (P<0.01).

4.3. Cıva bulguları

Hatay ilinde satış noktalarından (market, süpermarket ve eczane) toplanan bebek sütü ve mamalarında analiz sonucu elde edilen Hg konsantrasyonları (ppb) ortalama±standart hata, minimum ve maksimum olarak Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Bebek Sütü (n=10), Devam Sütü (n=15), Bebek Ek Gıdaları (n=15) ve Özel Tıbbi Amaçlı Mamaların (n=11) ortalama±standart hata, minimum–maksimum Hg konsantrasyonları (ppb)

	Bebek Sütü (n=10)	Devam Sütü (n=15)	Bebek Ek Gıdaları (n=15)	Özel Tıbbi Amaçlı Mama (n=11)	P	Total (n=51)
Hg	4.68±2.18 ^a TE-21.09	0.90±0.49 ^b TE-5.63	2.79±2.04 ^b TE-30.11	TE ^b	0.02	2.00±0.77 TE-30.11

Aynı sütündeki farklı harfler gruplar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir (P≤0.05)

Özel tıbbi amaçlı mamalarda ise Hg tespit edilemedi. En yüksek Hg konsantrasyonunun (4.68 ppb) ise bebek sütlerinde olduğu tespit edildi. Bebeklerin beslenmesi için satışa sunulan bebek sütü ile devam sütü, ek gıda ve özel tıbbi amaçlı

mamalardaki Hg ortalama konsantrasyonları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($P<0.02$).

4.4. Kurşun bulguları

Hatay ilinde satış noktalarından (market, süpermarket ve eczane) toplanan bebek sütü ve mamalarında analiz sonucu elde edilen Pb konsantrasyonları (ppb) ortalama±standart hata, minimum ve maksimum olarak Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Bebek Sütü (n=10), Devam Sütü (n=15), Bebek Ek Gıdaları (n=15) ve Özel Tıbbi Amaçlı Mamaların (n=11) ortalama±standart hata, minimum–maksimum Pb konsantrasyonları (ppb)

	Bebek Sütü (n=10)	Devam Sütü (n=15)	Bebek Ek Gıdaları (n=15)	Özel Tıbbi Amaçlı Mama (n=11)	P	Total (n=51)
Pb	10.42±0.71 ^a	10.55±1.25 ^a	16.63±1.84 ^b	10.84±1.18 ^a	0.02	12.37±0.80
	5.08-12.83	3.85-21.93	8.12-34.71	6.63-18.54		3.85-34.71

Aynı sütündeki farklı harfler gruplar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ($P\leq 0.05$)

En düşük Pb konsantrasyonunun (10.42 ppb) bebek sütlerinde olduğu tespit edildi. En yüksek Pb konsantrasyonunun (16.63 ppb) ise bebek ek gıdalarında olduğu tespit edildi. Bebeklerin beslenmesi için satışa sunulan ek gıdalar ile bebek sütü, devam sütü ve özel tıbbi amaçlı mamalardaki Pb ortalama konsantrasyonları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($P<0.02$).

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada örnek olarak toplanan, farklı yaş aralıklarındaki bebeklerin beslenmesi için satışa sunulan 51 adet bebek sütü, devam sütü, özel tıbbi amaçlı mama ve bebek ek gıdalarının As, Cd, Hg ve Pb konsantrasyonları ICP-MS cihazıyla araştırıldı.

Analiz sonuçları incelendiğinde, bebek sütlerindeki ortalama (ppb) As (3.48), Hg (4.68) ve Pb (10.42); devam sütlerindeki As (5.41), Hg (0.90) ve Pb (10.55); ek gıdalardaki As (7.25), Cd (5.01), Hg (2.79) ve Pb (16.63) ve özel tıbbi amaçlı mamalardaki As (5.20) ve Pb (10.84) konsantrasyonlarının TKG Bulaşanlar Yönetmeliği'nde maksimum limitlerin altında olduğu tespit edildi. Özel tıbbi amaçlı mamalardaki Hg ve ek gıda hariç diğer süt ve mamalarda Cd tespit edilmedi. Ortalama konsantrasyonlara (ppb) bakıldığında süt ve mama örneklerinde As (7.25), Cd (5.01) ve Pb (16.63) en fazla bebek ek gıda örneklerinde, Hg'nin ise en yüksek konsantrasyonu (4.68) bebek sütünde belirlendi. Tüm örneklerde konsantrasyonlar Pb>As>Hg>Cd şeklinde sıralanmıştır. Toplanan örnek grupları ortalama metal konsantrasyonları (ppb) açısından değerlendirildiğinde yüksek konsantrasyonlar bebek ek gıda mamalarında, en düşük konsantrasyonlar ise özel tıbbi amaçlı mamalarda gözlemlendi. Bu nedenle ağır metal konsantrasyonları değerlendirilmeleri bakımından özel tıbbi amaçlı mamaların ve bebek sütlerinin, devam sütleri ve ek gıdalara oranla daha düşük konsantrasyonlarda As, Cd, Hg ve Pb içerdiği belirlendi.

Yetersiz ve dengesiz beslenme büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkilemektedir. Özellikle yeni doğanlarda beslenme bozuklukları ölüme neden olabilir. Yeni doğanların en önemli besin kaynağı anne sütüdür. Anne sütünün verilemediği bazı durumlarda (kemoterapi ve radyoterapi alma, memedeki herpetik lezyon ya da bebekteki galaktozemi rahatsızlığı gibi) kullanılan bebek sütü, mama ve ek gıdaları hiçbir şekilde bebeklerin sağlıkları üzerinden zararlı etkileri olmalı ve yapısındaki besin maddeleri de güvenilir olmalıdır. Bu standardı oturtmak ve eksik olan besin değerlerini ölçmek amacıyla bebek sütü, mama ve gıdaları uluslararası oluşturulan 'Codex Alimentarius' adlı gıda komisyonuna göre üretilir. Ayrıca Mama Kodu adlı yasa da (WHO, 1981) bu güvenliği sağlamak ve devam ettirmek amacıyla 1981 yılında WHO ve Birleşmiş Milletler Çocuk Fonu tarafından ortaya çıkarılmıştır (Bülbül, 2017; Codex Alimentarius, 2024).

Dünya Sağlık Örgütüne göre tüm dünyada ilk altı ay sadece anne sütü ile beslenen bebeklerin oranı %40 dan daha azdır (Bülbül, 2017). Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa

da anne sütünün yerini alan en önemli gıda bebek sütü ve mamalarıdır. Gelişmekte olan ülkelerde anne sütünün yerini, tatlandırılmış katı ve sıvı besinlere ek olarak diğer sütler almaktadır. Bazı ülkelerde ek gıdaya geçiş erken dönemi (0-1 aylık gibi) kapsamaktadır (Ljung ve ark., 2011). Lübnan da 0-1 aylık bebeklerin çoğunda bebek mamalarına başlama gözlemlenmiştir (Elaridi ve ark., 2020). Türkiye Nüfus ve Sağlık Araştırması'na (HÜNE, 2019) göre 2018 yılında yapılan değerlendirmede bebek sütü ve mamalarının tüketimi 0-1 aylık bebeklerde %59, 2-3 aylık bebeklerde %45 ve 4-5 aylık bebeklerde %14 gibi giderek azalan bir oran elde edilmiştir (Öztürk ve ark., 2023). Bebek sütü ve mamalarının erken dönemde başlatılmasını etkileyen sebepler arasında mama üreticilerinin pazarlama teknikleri, annenin yaşam biçimi, rahatlığı ve en önemlisi farkındalığı yer almaktadır (Bülbül, 2017).

Dünya Sağlık Örgütü bebeklerin altıncı aydan sonra tamamlayıcı ek gıdalara geçilmesini ve aynı zamanda en az 2 yaşına kadar da anne sütüne devam edilmesinin önemini vurgulamıştır. Annede var olan; kemoterapi ve radyoterapi alma, aktif tüberküloz, memedeki herpetik lezyon ya da bebekteki galaktozemi rahatsızlığı gibi bazı durumlarda bebek anne sütü ile beslenmeyebilir. Fakat annenin mastit, Hepatit B taşıyıcısı olması, rubella enfeksiyonu, memede apse gibi durumlar emzirmeye engel teşkil etmemektedir (Bülbül, 2017). Sağlıklı büyüme ve gelişme için büyüme çağındaki bebeklerin uygun beslenmesi oldukça kritik öneme sahiptir. Aksi takdirde vücut fonksiyonlarının bozulması ve vücutta birçok eksikliğin oluşması söz konusudur (Öztürk ve ark., 2023).

Anne sütü ile bebek sütü ve mamaları ile beslenen bebeklerin beslenme düzenleri arasında bazı farklar görülür. Örneğin bebek sütü ve mamaları ile beslenen bebeklerde 6. haftadan itibaren yüksek miktarda süt tüketimi görülür. 2004 yılında yapılan bir araştırmada ABD'deki bebeklerin %30'u 4 aylıktan daha erken dönemde püre haline getirilmiş gıdalarla ve bebek gevrekleri ile tanışmaktadır. İsveç'te ulusal gıda kurulu 4-6 aylık bebeklerin 0.5-1 çay kaşığı oranında tat porsiyonlarının verilmesini önermektedir (Ljung ve ark., 2011).

Bebeklerin beslenme şekilleri; doğal beslenme, yapay beslenme ve karışık beslenme olarak 3 grupta toplanabilir. Anne sütü ile beslenme doğal beslenmedir. Sadece inek sütü veya mama ile beslenme yapay beslenmedir. Hem anne sütü hem de diğer süt veya mamalarla beraber beslenme karışık beslenmedir (Bülbül, 2017). Günümüzde var olan bebek sütü ve mamaları Codex Alimentarius standartlarına uyarlanmış (Gökçay ve ark., 2012) ve 4 grupta toplanmıştır (Gökçay ve ark., 2012; Bülbül, 2017). 0-6 ay arasında

kullanılan mamalar ‘1 numara’ olarak ele alınmış (Gökçay ve ark., 2012; Bülbül, 2017), bunlar bebek sütü ve bebek maması şeklinde adlandırılmıştır. İki ve 3 numaralı bebek mamaları ise 6. aydan sonra kullanılmaları için üretilmiş devam sütleri şeklindedir ve devam mamaları olarak da adlandırılır (Demir ve ark., 2017; Gökçay ve ark., 2012). Son olarak da 4. grupta bebeğin ilk 6 ayda tükettiği sültere doygun olması ve artık çeşitlilik istemesine dayanarak kavanoz mamaları veya kaşıık mamaları üretilmiştir (Gökçay ve ark., 2012).

Bebeklik çağı toksikokinetik açısından sürekli değışkenlik gösterir. Bu nedenle beslenme sürecindeki yeni doğan ve süt çocuklarının ağır metaller açısından sağıık riskinin değeriendirilmesi büyüme ve gelişme bakımından önemlidir. Yeni doğan ve diğeri bebeklerin böbrek sistemleri gelişmemiş olduğundan ağır metallere (özellikle Pb ve Cd metalleri) karşı daha hassastırlar. Gıda Bilim Komitesi gıdalardaki bu metallerin mümkün olduğui kadar azaltılmasını önermektedir (Jurowski ve ark., 2019).

İsveç’te bebek sütü ve mamaları ile yapılan çalışmada tahıl bazlı gıdaların süt bazlı gıdalara oranla daha yüksek oranda ağır metal (As, Cd, vb.) içediğı belirlenmiştir. Özellikle pirinç bazlı bebek sütü ve mamalarının yüksek konsantrasyonda As içediğı gözlemlenmiştir. Oldukça reaktif olan As metali kanser vb. birçok toksik etkilere sebep olmaktadır. Bu durum karşısında çocuklar daha duyarlıdır. Düşük miktarda içme suyunda bulunan inorganik As’e erken dönemlerde maruz kalmak, çocuk gelişimlerinin bozulmasına, bebek hastalıklarına ve bebek ölümleriyle sonuçlanmasına neden olmaktadır. Bu yüzden pirinç bazlı ve içme su ile hazırlanan mamaların kullanımına özellikle dikkat etmek önem arz etmektedir. İngiltere’de 4.5 yaşından küçük çocukların, Danimarka’da 3 yaşından küçük çocukların As maruziyetinden ötürü pirinç sütü tüketmeleri önerilmemektedir (Ljung ve ark., 2011).

Bebek sütü ve mamalarında Pb ve Cd düzeylerinin araştırıldığı Kırşehir ilinde yapılan çalışmada; 6 farklı marka, 3 farklı yaş grubu ve 2 farklı üretim tarihi göz önünde bulundurulmuştur. Eczaneler ve süpermarketlerde satışı sunulan toplam 36 adet bebek mamasında en yüksek Cd konsantrasyon düzeyi çalışmamızda tespit edilen en yüksek konsantrasyonun (12.03 ppb) oldukça üzerinde (90 ppb) olduğui tespit edilirken en düşük Cd konsantrasyonu tespit sınırının altında olduğui bildirilmiştir. Pb konsantrasyonlarının ise tüm bebek mamalarında cihazın tespit edebildiğı değerielerin altında olduğui bildirilmiştir (Öztürk ve ark., 2023).

2006'da Ankara'da yeni doğan ve bebeklerin tüketimi için satışa sunulan 3 farklı (tahıl bazlı n=23, süt bazlı n=28 ve karışık n=12) içeriğe sahip 21 farklı markaya ait toplam 63 adet bebek mamalarında yapılan çalışmada ortalama Pb konsantrasyonu 7.14 ppb ve Cd konsantrasyonu 4.72 ppb olarak bildirilmiştir. Süt bazlı mamalardaki Pb kontaminasyonunun istatistiksel olarak anlamlı olmamakla beraber diğer mamalara oranla yüksek olduğu, Cd düzeylerinin ise istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olduğu gözlemlenmiştir (Sipahi ve ark., 2014). Bu çalışmayla kıyaslandığında çalışmamızda Hatay'dan toplanan bebek mamalarının ortalama Pb konsantrasyonu (12.37 ppb) daha yüksekken Cd konsantrasyonu (1.47 ppb) ise düşüktür. Ayrıca Hatay'dan toplanan süt bazlı bebek mamalarında Cd tespit edilmesi ve diğer ek gıda ile özel tıbbi amaçlı mamalara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olduğu gözlemlendi. Ortalama Pb kontaminasyonu açısından ise çalışmaya dâhil edilen bebek mamaları arasında en düşük ortalama (10.42 ppb) bebek sütlerinde tespit edildi.

Gana'nın Wa şehrinde marketler ve bebek bakım merkezleri gibi yerlerde satışa sunulan 22 adet farklı bebek mamalarında yapılan çalışmada ortalama Cd konsantrasyonu (51 ppb, ortalama As konsantrasyonu 28 ppb ve ortalama Pb konsantrasyonu 137 ppb olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmadaki Pb değerinin yüksek olması biyobirikim açısından endişe oluşturduğunu ve Pb atılımına destek amaçlı vücuda Fe alınıp önlenmesi gerektiği önerilmektedir (Amarh ve ark., 2023). Gana'da satışa sunulan bebek mamalarındaki değerlerle kıyaslandığında çalışmamızda ortalama Cd konsantrasyonu 1.47 ppb, ortalama As konsantrasyonu 5.53 ppb ve ortalama Pb konsantrasyonu 12.37 ppb olarak gözlemlenmiştir. Pb konsantrasyonu diğer elementlere oranla anlamlı derecede yüksek çıkmıştır.

Türkiye piyasasında 0-24 ay yaş grubundaki bebeklerin tüketmesi için satışa sunulan toplamda 36 adet bebek mamalarında (18 farklı marka olmak üzere) ICP-MS ile yapılan analizlerde ortalama Pb düzeyi 25 ppb, Cd 2 ppb, As 21 ppb ve Hg 1 ppb olarak tespit edildiği bildirilmiştir. Bu çalışmada 0-24 ay arası için hesaplanan Pb ve Hg maruziyet değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiş olup, 0-6 ay arasında ise As ve Cd maruziyetinin diğer aylara göre anlamlı derecede yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada analiz edilen As ve Cd konsantrasyonlarının yüksek olması, 0-6 ay arası bebeklerin bireysel özellikleri, besin çeşitliliği açısından sınırlı mama çeşidi tüketmeleri ve tüketim şekli (su veya süt ile), bebek sütü ve mamasının üretim koşulları gibi nedenlerden

dolayı ağır metal maruziyet yüksekliğini nedenini açıklamaktadır (Başaran, 2022). Türkiye piyasasında bebeklerin tüketimi için satışı sunulan süt ve mamalar ile kıyasladığımızda çalışmamızda ortalama Pb 12.37 ppb, Cd 1.47 ppb, As 5.53 ppb ve Hg 2 ppb olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre Hg metali hariç diğer metallerin konsantrasyonları bizim çalışmamızdan daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bebek sütlerinde Hg konsantrasyonunun diğer gruplardan yüksek olması; mamaların farklı yağ oranı ve içeriğe sahip olmaları yanında bebek sütlerinin temel bileşenini oluşturan sütün yüksek yağ oranı nedeniyle Hg gibi lipofilik kirleticilerin yüksek birikim ve atılım potansiyeline bağlı olabileceği düşünülmektedir (MacLachlan, 2011; Piñana ve ark., 2015; Mendonça ve ark., 2017; Boué ve ark., 2018; Gómez-Nieto ve ark., 2020; Wang ve ark., 2023)

Polonya'daki eczanelerde yeni doğan ve bebeklerin kullanımı için satışı sunulan özel tıbbi amaçlı mamalarda ortalama Pb konsantrasyonu 17.29 ppb ve ortalama Cd konsantrasyonu 10.59 ppb olarak tespit edildiği belirtilmiş ve herhangi bir sağlık tehlikesi olmadığı belirtilmiştir (Jurowski ve ark., 2019). Polonya'daki eczanelerde yeni doğan ve bebeklerin kullanımı için satışı sunulan özel tıbbi amaçlı mamalar ile kıyaslandığında çalışmamızda Hatay ilinde satışı sunulan özel tıbbi amaçlı mamalarda ortalama Pb konsantrasyonu 10.84 ppb ve Cd tespit edilmediği gözlemlenmiştir.

Polonya da yapılan başka bir araştırmada ise bebeklerin tüketimi için çoğunluğu toz formda satışı sunulan bebek sütü ve mamalarındaki Pb seviyeleri 10 ppb, balık bazlı bebek mamalarında en yüksek As 18 ppb ve Hg içerikleri 13 ppb, pirinç bazlı bebek sütü ve mamalarında As miktarı 14 ppb olarak tespit edildiği gözlemlenmiştir. Soya bazlı mamalarda ortalama Cd düzeyi 9 ppb, süt bazlı bebek mamalarında ortalama Cd düzeyi 3 ppb altında olduğu ve en yüksek ortalama Cd düzeyi 10 ppb ile sebze öğününde bulunduğu tespit edildiği gözlemlenmiştir (Mania ve ark., 2015). Polonya da bebeklerin tüketimi için satışı sunulan bebek mamaları ve ek gıdalarla kıyasladığımızda çalışmamızda ortalama konsantrasyonlar sırasıyla Pb yüksek (12.37 ve 16.63 ppb), As düşük (7.25 ppb), Hg düşük (2.79) ppb ve Cd düşük (5.01 ppb) olduğu gözlemlenmiştir.

İsveç'te satışı sunulan 9 adet bebek sütü ve mamalarında yapılan çalışmada Pb konsantrasyonu 0.5-1.7 ppb ve Cd konsantrasyonu 0.10-1.5 ppb şeklinde tespit edilmiştir. As konsantrasyonu diğer tüm gıdalarda 0.2-3 ppb oranında iken, özellikle pirinç bazlı gıdalarda 17-33 ppb oranında bulunmuştur. Bu çalışmada tahıl bazlı gıdaların süt bazlı gıdalara oranla yüksek miktarda As ve Cd içerdiği belirtilmiştir (Ljung ve ark., 2011).

İsveç'te yapılan çalışma bulgularıyla kıyaslandığında çalışmamızda ortalama Pb, Cd ve As konsantrasyonları daha yüksek (sırasıyla 12.37, 1.47, 5.53 ppb), olduğu belirlenmiştir.

Suudi Arabistan Krallığında'da 2020 yılında Riyad, Cidde ve Dammam şehrindeki eczane ve ana pazarlarda, bebeklerin kullanımı için satışa sunulan toplam 111 adet bebek sütü ve mamalarının (0-6 ay n=39, 7-12 ay n=22, işlenmiş tahıl n=33, bisküviler n=17) ICP-MS ile yapılan analizinde tahıl bazlı ve bisküvilerde ortalama As konsantrasyonları 11.1-15.5 ppb Cd konsantrasyonları 5.18-8.76 ppb, Pb konsantrasyonları 35.2-53.8 ppb ve olarak tespit edildiği bildirilmiştir (Alharbi ve ark., 2023). Suudi Arabistan Krallığı'nda satışa sunulan mamalar ile kıyasladığımızda çalışmamızdaki bebek süt, mama ve ek gıdalarındaki ortalama konsantrasyonların (As:7.25 ppb, Cd:5.01 ppb ve Pb:16.63 ppb) daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Çin'in başkenti Pekin'de yapılan bir çalışmada, yerli (n=27) ve ithal () olmak üzere toplam 93 adet inek sütü bazlı bebek sütü ve mamalarında As (0.89-7.87) ppb, Cd (0.13-3.58 ppb) ve Pb (0.36-5.57 ppb) konsantrasyonları belirlenmiştir. Yerli ve ithal mamalarda toksik metallerin arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı fakat yerli mamalardaki Cd içeriğinin diğerlerine oranla daha düşük seviyede olduğu gözlemlenmiştir (Su ve ark., 2020). Çin'de satışa sunulan bebek sütü ve mamaları ile kıyasladığımızda çalışmamızdaki ortalama As (5.53 ppb) ve Cd (1.47 ppb) konsantrasyonlarının aralıkta olduğu, Pb konsantrasyonunun (12.37 ppb) ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Mısır'da 2014-2016 yılları arasında Gizza'daki market ve eczanelerde satışa sunulan 18 farklı markaya ait toplam 83 adet bebek mamalarında (0-6 ay n=32, 6-12 ay n=24, 1-3 yaş n=27) ICP OES analizi ile ortalama Cd konsantrasyon aralıklarının <5-17 ppb olduğu ve incelenen Cd içeriklerinin izin verilen sınırlar içinde tespit edildiği bildirilmiştir. Bu çalışmadaki ortalama Pb düzeyinin ise tespit limitinin altında olduğu bildirilmiştir (Ghuniem ve ark., 2020). Mısır'da satışa sunulan bebek mamaları ile kıyasladığımızda çalışmamızda ortalama Cd (1.47 ppb) konsantrasyonlarının düşük Pb (12.37 ppb) konsantrasyonlarının ise yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

İstanbul ilinde yapılan çalışmada yerel pazarlarda satışa sunulan bebek mamalarında ICP-OES analizi ile ortalama Cd konsantrasyonunun 0.25 ppm ve As konsantrasyonunun ise ölçüm seviyesinin altında tespit edildiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmaya göre incelenen bebek mamalarının sağlık riski taşımadığının tespit edildiği bildirilmiştir (Demir ve ark., 2017). Hatay ilinde yaptığımız çalışmadaki ortalama Cd (1.47 ppb) ve As (5.53 ppb)

konsantrasyonlarının İstanbul'da yapılan çalışmadaki değerlere oranla yüksek olduğu gözlemlenmiştir.



6. SONUÇ

Bu çalışmada, Hatay’da market, süpermarket ve eczanelerde satışa sunulan bebek ve devam sütleri ile özel tıbbi amaçlı mama ve bebek ek gıdalarından alınan örneklerde esansiyel olmayan bazı (As, Cd, Hg ve Pb) ağır metal kontaminasyonları ve düzeylerinin araştırılarak bebek sağlığı için taşıdığı riskleri ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Ağır metaller; gıda zincirine girebilmeleri nedeniyle bitki, hayvan ve insan sağlığı üzerinde potansiyel sağlık risklerine yol açabilen kimyasal maddelerdir. Metaller günümüz koşullarında tarımsal, kentsel ve sanayi faaliyetleri gibi farklı yollardan çevreye yayılarak tehlike oluşturmaktadır.

Her ne kadar bebek sütleri, devam sütleri, özel tıbbi amaçlı mamalar ve bebek ek gıdaların üretim aşamasında uygun şartlar sağlansa da metaller ve diğer kirleticiler bulaşan şeklinde gıdalarda kontaminasyona yol açabilmektedir. Yapılan bu çalışmayla elde edilen veriler doğrultusunda bebek sütleri, devam sütleri ile özel tıbbi amaçlı mamalar ve bebek ek gıdalarının tüketimine bağlı olarak ortaya çıkabilecek riskler ile bebek ve toplum sağlığı açısından literatüre katkıda bulunabileceği düşünülmektedir. Ayrıca elde edilen sonuçların ileride yapılacak çalışmalara katkı sunacağı düşünülmektedir.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda satış noktalarında toplanan bebek sütleri, devam sütleri, özel tıbbi amaçlı mamalar ve bebek ek gıdalarının esansiyel olmayan As, Cd, Hg ve Pb ağır metal konsantrasyonlarının belirlenen yasal limitlerin altında olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan metallerin toksik özellikleri, konsantrasyonları, tüketim süreleri ve miktarlarıyla tüketen bebeklerin vücut ağırlığı gibi parametrelerine dayalı sağlık riski değerlendirmesi yapılması potansiyel riskin ortaya konulmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. **Agostoni C ve Domellöf M.** Infant formulae: from ESPGAN recommendations towards ESPGHAN-coordinated global standards. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, **2005**, 41(5), 580-583.
2. **Al Khalifa AS ve Ahmad D.** Determination of key elements by ICP-OES in commercially available infant formulae and baby foods in Saudi Arabia. *African Journal of Food Science*, **2010**, 4(7), 464-468.
3. **Alharbi NS**, Akamsiei RM, Almainan LA, AL-Samti MA, Al-Mutairi HS, Al-owais BS, ... ve Bineid MA. (). Occurrence and dietary exposure assessment of heavy metals in baby foods in the Kingdom of Saudi Arabia. *Food Science & Nutrition*, **2023**.
4. **Al-Saleh I**, Al-Mohawes S, Al-Rouqi R ve Elkhatib R. Selenium status in lactating mothers-infants and its potential protective role against the neurotoxicity of methylmercury, lead, manganese, and DDT. *Environmental research*, **2019**, 176, 108562.
5. **Amarh FA**, Agorku ES, Voegborlo RB, Ashong GW ve Atongo GA. Health risk assessment of some selected heavy metals in infant food sold in Wa, Ghana. *Heliyon*, **2023**, 9(5).
6. **ATSDR** (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). ATSDR's substance priority list, **2017**.
7. **Başaran B.** An assessment of heavy metal level in infant formula on the market in Turkey and the hazard index. *Journal of Food Composition and Analysis*, **2022**, 105, 104258.
8. **Boué G**, Cummins E, Guillou S, Antignac JP, Le Bizet B ve Membré JM. Public health risks and benefits associated with breast milk and infant formula consumption. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **2018**, 58.1: 126-145.
9. **Burló F**, Ramírez-Gandolfo A, Signes-Pastor A J, Haris PI ve Carbonell-Barrachina ÁA. Arsenic contents in Spanish infant rice, pureed infant foods, and rice. *Journal of food science*, **2012**, 77(1), T15-T19.
10. **Bülbül, S.** Bebek beslenmesinde kullanılan mamalar. *Türkiye Çocuk Hatalıkları Dergisi*, **2017**, 215-220.
11. **Carbonell-Barrachina ÁA**, Ramírez-Gandolfo A, Wu X, Norton GJ, Burló F, Deacon C ve Meharg AA. Essential and toxic elements in infant foods from Spain, UK, China and USA. *Journal of Environmental Monitoring*, **2012**, 14(9), 2447-2455.
12. **Codex Alimentarius.** Erişim tarihi: 18 Ocak 2024: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>
13. **Cordy P**, Veiga MM, Salih I, Al-Saadi S, Console S, Garcia O, ... ve Roeser M. Mercury contamination from artisanal gold mining in Antioquia, Colombia: The world's highest per capita mercury pollution. *Science of the Total Environment*, **2011**, 410, 154-160.
14. **de Mendonça Pereira BF**, de Almeida CC, Leandro KC, da Costa MP, Conte-Junior CA ve Spisso BF. Occurrence, sources, and pathways of chemical contaminants in infant formulas. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **2020**, 19(4), 1378-1396.
15. **Demir F**, Yildirim M, Mermer NK ve Derun EM. Determination of some element concentrations of first infant milk formula and health risk assessment. In CBU International Conference Proceedings, **2017**, 5, 937-942.
16. **Dorea JG ve Donangelo CM.** Early (in uterus and infant) exposure to mercury and lead. *Clinical nutrition*, **2006**, 25(3), 369-376.
17. **Dória JG.** Environmental exposure to low-level lead (Pb) co-occurring with other neurotoxicants in early life and neurodevelopment of children. *Environmental Research*, **2019**, 177, 108641.
18. **Duruibe JO**, Ogwuegbu MOC ve Egwurugwu JN. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. *International Journal of physical sciences*, **2007**, 2(5), 112-118.
19. **Elaridi J**, Dimassi H, Al Yamani O, Estephan M ve Hassan H F. Determination of lead, cadmium and arsenic in infant formula in the Lebanese market. *Food Control*, **2021**, 123, 107750.
20. **Elaridi J**, Dimassi H, Estephan M ve Hassan HF. Determination of aluminum, chromium, and barium concentrations in infant formula marketed in Lebanon. *Journal of Food Protection*, **2020**, 83(10), 1738-1744.
21. **European Food Safety Authority (EFSA).** Guidelines on submission of a dossier for safety evaluation by the EFSA of active or intelligent substances present in active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food. *EFSA Journal*, **2009**, 7(8), 1208.
22. **Feng X**, Foucher D, Hintelmann H, Yan H, He T ve Qiu G. Tracing mercury contamination sources in sediments using mercury isotope compositions. *Environmental science & technology*, **2010**, 44(9), 3363-3368.

23. **Fitzgerald WF**, Engstrom DR, Mason RP ve Nater EA. The case for atmospheric mercury contamination in remote areas. *Environmental science & technology*, **1998**, 32(1), 1-7.
24. **Fontcuberta M**, Calderon J, Villalbi JR, Centrich F, Portana S, Espelt A, ... ve Nebot M. Total and inorganic arsenic in marketed food and associated health risks for the Catalan (Spain) population. *Journal of agricultural and food chemistry*, **2011**, 59(18), 10013-10022.
25. **Gardener H**, Bowen J ve Callan SP. Lead and cadmium contamination in a large sample of United States infant formulas and baby foods. *Science of the Total Environment*, **2019**, 651, 822-827
26. **Ghuniem MM**, Khorshed MA ve Khalil MM. Determination of some essential and toxic elements composition of commercial infant formula in the Egyptian market and their contribution to dietary intake of infants. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, **2020**, 100(5), 525-548.
27. **Gómez-Nieto B**, Motyzhov V, Gismera MJ, Procopio JR ve Sevilla MT. Fast-sequential determination of cadmium and copper in milk powder and infant formula by direct solid sampling high-resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Microchemical Journal*, **2020**, 159, 105335.
28. **Gökçay G**, Tijen EREN ve Devecioğlu E. Bebek mamalarındaki katkı maddeleri. *Çocuk Dergisi*, **2012**, 12(2), 60-65.
29. **Grzebisz W**, Ciesla L, Komisarek J ve Potarzycki J. Geochemical assessment of the heavy metals pollution of urban soils. *Polish Journal of Environmental Studies*, **2002**, 11(5), 493-500.
30. **Gulson BL**, Mizon KJ, Palmer JM, Patison N, Law AJ, Korsch MJ ve Donnelly JB. Longitudinal study of daily intake and excretion of lead in newly born infants. *Environmental Research*, **2001**, 85(3), 232-245.
31. **Hacettepe Üniversitesi Nüfus Etütleri Enstitüsü**. 2018 Türkiye Nüfus ve Sağlık Araştırması. Hacettepe Üniversitesi Nüfus Etütleri Enstitüsü, T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı ve TÜBİTAK, Ankara, Türkiye. **2019**. Erişim: https://hips.hacettepe.edu.tr/tr/2018_turkiye_nufus_ve_saglik_arastirmasi-55. Erişim tarihi: 11.02.2024
32. **Hernández-Martínez R** ve Navarro-Blasco I. Survey of total mercury and arsenic content in infant cereals marketed in Spain and estimated dietary intake. *Food Control*, **2013**, 30(2), 423-432.
33. **Ikem A**, Nwankwoala A, Oduyungbo S, Nyavor K ve Egiebor N. Levels of 26 elements in infant formula from USA, UK, and Nigeria by microwave digestion and ICP-OES. *Food Chemistry*, **2002**, 77(4), 439-447.
34. **Ilyin I**, Berg T, Dutchak S ve Pacyna J. Heavy metals. *EMEP assessment part I European perspective. Norwegian Meteorological Institute, Oslo*, **2004**, 107-128.
35. **Jackson BP**, Taylor VF, Punshon T ve Cottingham KL. Arsenic concentration and speciation in infant formulas and first foods. *Pure and Applied Chemistry*, **2012**, 84(2), 215-223.
36. **Jacob JM**, Karthik C, Saratale RG, Kumar SS, Prabakar D, Kadirvelu K ve Pugazhendhi A. Biological approaches to tackle heavy metal pollution: a survey of literature. *Journal of environmental management*, **2018**, 217, 56-70.
37. **Jurowski K**, Krośniak M, Fołta M, Cole M ve Piekoszewski W. The toxicological analysis of lead and cadmium in prescription food for special medical purposes and modified milk products for newborns and infants available in Polish pharmacies. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, **2019**, 51, 73-78.
38. **Kazi TG**, Jalbani N, Baig JA, Arain MB, Afridi HI, Jamali MK ve Memon AN. Evaluation of toxic elements in baby foods commercially available in Pakistan. *Food chemistry*, **2010**, 119(4), 1313-1317.
39. **Kiani A**, Arabameri M, Moazzen M, Shariatifar N, Aeenehvand S, Khaniki GJ ve Shahsavari S. Probabilistic health risk assessment of trace elements in baby food and milk powder using ICP-OES method. *Biological Trace Element Research*, **2022**, 200(5), 2486-2497.
40. **Ljung K**, Palm B, Grandér M ve Vahter M. High concentrations of essential and toxic elements in infant formula and infant foods—A matter of concern. *Food chemistry*, **2011** 127(3), 943-951.
41. **MacLachlan DJ**. Estimating the transfer of contaminants in animal feedstuffs to livestock tissues, milk and eggs: a review. *Animal Production Science*, **2011**, 51.12: 1067-1078.
42. **Mania M**, Wojciechowska-Mazurek M, Starska K, Rebeniak M, Szynal T, Strzelecka A ve Postupolski J. Toxic Elements in Commercial Infant Food, Estimated Dietary Intake, and Risk Assessment in Poland. *Polish Journal of Environmental Studies*, **2015**, 24(6).
43. **Matos-Reyes MN**, Cervera ML, Campos RC ve De la Guardia M. Total content of As, Sb, Se, Te and Bi in Spanish vegetables, cereals and pulses and estimation of the contribution of these foods to the Mediterranean daily intake of trace elements. *Food Chemistry*, **2010**, 122(1), 188-194.
44. **Mendonça MA**, Araújo WMC, Borgo LA ve Alencar EDR. Lipid profile of different infant formulas for infants. *PLoS One*, **2017**, 12.6: e0177812.

45. **Mir-Marqués A**, González-Masó A, Cervera ML ve de la Guardia M. Mineral profile of Spanish commercial baby food. *Food Chemistry*, **2015**, 172, 238-244.
46. **Nivetha A**, Mangala Devi S ve Prabha I. Fascinating physic-chemical properties and resourceful applications of selected cadmium nanomaterials. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, **2019**, 29, 1423-1438.
47. **Öztürk K**, Çalışkan ÇE, Akıncı Z ve Çiftçi H. Assessment of some element content and potential health risks in infant formulas available in Turkish markets. *Turkish Journal of Analytical Chemistry*, **2023**, 5(1), 17-24.
48. **Pandelova M**, Lopez WL, Michalke B ve Schramm KW. Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, and Zn contents in baby foods from the EU market: Comparison of assessed infant intakes with the present safety limits for minerals and trace elements. *Journal of Food Composition and Analysis*, **2012**, 27(2), 120-127.
49. **Park Y**, Lee A, Choi K, Kim HJ, Lee JJ, Choi G ve Park J. Exposure to lead and mercury through breastfeeding during the first month of life: A CHECK cohort study. *Science of the Total Environment*, **2018**, 612, 876-883.
50. **Piñana CJ**, Pons NA, Carretero CB ve Val VA. Nutritional composition of infant milk formulas. Level of compliance in their manufacture and adequacy of nutritional needs. *Anales de Pediatría*, **2015**, 83.6: 417-429.
51. **Rodríguez-Barranco M**, Lacasaña M, Gil F, Lorca A, Alguacil J, Rohlman DS, ve Aguilar-Garduño C. Cadmium exposure and neuropsychological development in school children in southwestern Spain. *Environmental research*, **2014**, 134, 66-73.
52. **Ruiz-de-Cenzano M**, Rochina-Marco A, Cervera ML ve de La Guardia M. Evaluation of the content of antimony, arsenic, bismuth, selenium, tellurium and their inorganic forms in commercially baby foods. *Biological trace element research*, **2017**, 180(2), 355-365.
53. **Sager M**, McCulloch CR ve Schoder D. Heavy metal content and element analysis of infant formula and milk powder samples purchased on the Tanzanian market: International branded versus black market products. *Food chemistry*, **2018**, 255, 365-371.
54. **Saracoglu S**, Saygi KO, Uluozlu OD, Tuzen M ve Soylak M. Determination of trace element contents of baby foods from Turkey. *Food Chemistry*, **2007**, 105(1), 280-285.
55. **Sardar K**, Ali S, Hameed S, Afzal S, Fatima S, Shakoor MB ve Tauqeer HM. Heavy metals contamination and what are the impacts on living organisms. *Greener Journal of Environmental management and public safety*, **2013**, 2(4), 172-179.
56. **Schroeder WH ve Munthe J**. Atmospheric mercury-an overview. *Atmospheric environment*, **1998**, 32(5), 809-822.
57. **Sharma H**, Rawal N ve Mathew BB. The characteristics, toxicity and effects of cadmium. *International journal of nanotechnology and nanoscience*, **2015**, 3(10).
58. **Sim MR ve McNeil JJ**. Monitoring chemical exposure using breast milk: a methodological review. *American journal of epidemiology*, **1992**, 136(1), 1-11.
59. **Sipahi H**, Eken A, Aydın A, Şahin G ve Baydar T. Safety assessment of essential and toxic metals in infant formulas. *Turkish Journal of Pediatrics*, **2014**, 56(4).
60. **Skerfving S ve Bergdahl IA**. Routes of exposure, dose and metabolism of metals: Handbook on the Toxicology of Metals. In: Lead. 3rd Ed., Elsevier BV (Akademik press), **2007**, s.599-643
61. **Su C**, Zheng N, Gao Y, Huang S, Yang X, Wang Z, ... ve Wang J. Content and dietary exposure assessment of toxic elements in infant formulas from the Chinese market. *Foods*, **2020**, 9(12), 1839.
62. **Tangahu BV**, Sheikh Abdullah SR, Basri H, Idris M, Anuar N ve Mukhlisin M. A review on heavy metals (As, Pb, and Hg) uptake by plants through phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering*, **2011**.
63. **TGK**. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. Resmi Gazete, **2011**, 28157.
64. **TGK**. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. Resmi Gazete, **2023**, 32360.
65. **Tóth T**, Kopernicka M, Lazor P, Trebichalska P, Slavik M, Vollmannova A ve Bystricka J. The monitoring of mercury content in baby foods. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 3(special issue 3 (Food Sciences)), **2014**, 300-303.
66. **Tripathi RM**, Raghunath R, Mahapatra S ve Sadasivan S. Blood lead and its effect on Cd, Cu, Zn, Fe and hemoglobin levels of children. *Science of the total environment*, **2001**, 277(1-3), 161-168.
67. **Trivedi M**, Nayak G, Patil S, Tallapragada RM, Latiyal O ve Jana S. An evaluation of biofield treatment on thermal, physical and structural properties of cadmium powder. *Journal of Thermodynamics & Catalysis*, **2015**, 2(6).
68. **Wang Q**, Kim D, Dionysiou DD, Sorial GA ve Timberlake D. Sources and remediation for mercury contamination in aquatic systems-a literature review. *Environmental pollution*, **2004**, 131(2), 323-336.

69. **Wang Y**, Xu T, Song E, Wang Z, Cheng H, Ma Z ve Jiang X. Mercury adsorption and reduction by nonlinear optical material (NLOM) DMABR loaded on Sepiolite: A mechanism study. *Chemical Engineering Journal*, **2023**, 453, 139787.
70. **Winneke G**. Developmental aspects of environmental neurotoxicology: lessons from lead and polychlorinated biphenyls. *Journal of the neurological sciences*, **2011**, 308(1-2), 9-15.
71. **World Health Organization (WHO)**. *International code of marketing of breast-milk substitutes*. World Health Organization, **1981**.
72. **Zhang L ve Wong MH**. Environmental mercury contamination in China: sources and impacts. *Environment international*, **2007**, 33(1), 108-121.
73. **Zheng N**, Wang Q ve Zheng D. Health risk of Hg, Pb, Cd, Zn, and Cu to the inhabitants around Huludao Zinc Plant in China via consumption of vegetables. *Science of the total environment*, **2007**, 383(1-3), 81-89.



ÖZGEÇMİŞ

Hicran NURAL, İlk, orta ve lise eğitimini Samandağ'da tamamladı. 2010–2014 yılları arasında Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Bölümü lisans eğitimini aldı. 2020 yılında Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Veterinerlik Farmakoloji ve Toksikolojisi Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitime başladı. 2015 yılında Gebze Fatih Devlet Hastanesinde, 2019 yılında Hatay Eğitim ve Araştırma Hastanesinde hemşirelik yaptı. 2023 yılında Arsuz Devlet Hastanesinde kısa süreli hemşirelik yaptı ve 2024 yılı şubat ayı itibariyle Defne Devlet Hastanesinde çalışmaya devam etmektedir.

