

Çiğ Süt Örneklerinde Ağır Metal Düzeyinin Belirlenmesi

Determination of Heavy Metal Levels in Raw Milk Sample

Burak ŞAHİN¹ 
Gülşah ÇANAKÇI ADIGÜZEL² 

¹Kastamonu Üniversitesi, Devrekani Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği Meslek Yüksek Okulu, Veterinerlik Anabilim Dalı, Kastamonu, Türkiye
²Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Erzurum, Türkiye

ÖZ

Teknolojik gelişime paralel olarak sanayileşme sürecinin hızlanması gıda zinciri ile ağır metal veya metalik bileşiklerin canlılara geçişine, ciddi sağlık problemlerinin oluşumuna sebep olmaktadır. Bu çalışma ile Erzurum merkez ve ilçelerinden toplanan çiğ süt örneklerindeki ağır metal düzeyinin belirlenmesi ve halk sağlığı açısından öneminin ortaya konması amaçlanmıştır. Erzurum ve ilçelerini kapsayacak şekilde 5 ayrı bölgeden toplanan 50 adet çiğ süt örneği, Atatürk Üniversitesi Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometre (ICP-MS) cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Örneklerin istatistiksel analizleri ise, GraphPad Prism 7.0 ile yapılmış ve sonuçlar one-way ANOVA yöntemine göre değerlendirilmiştir. Erzurum merkez ve ilçeleri olmak üzere 5 farklı bölgeden toplanan süt örneklerinde alüminyum 478,7-698,1 µg/L, arsenik 0,650-0,871 µg/L, civa 0,0016-0,015 µg/L, kadmiyum 0,038-0,083 µg/L ve kurşun 0,89-2,61 µg/L arasında belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre örneklerin ağır metal düzeyleri Türk Gıda Kodeksinde belirtilen limit değerlerin altında belirlenirken, Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi (JECFA) tarafından belirtilen limit değerler açısından ise sadece Al seviyesinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Ağır metal, ICP-MS, süt

ABSTRACT

In parallel with technological development, the industrialization period also accelerated, and this led to the transition of heavy metals or metallic compounds to living beings by the food chain and caused serious health problems. The aim of this study is to determine the level of heavy metals in raw milk samples collected from the center and districts of Erzurum in order to detect its importance in terms of public health. Fifty raw milk samples collected from 5 different areas involving the center and all districts of Erzurum were analyzed by using the Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer (ICP-MS) device present in Atatürk University Eastern Anatolia High Technology Application and Research Center. Statistical analyses of the samples were conducted by using GraphPad Prism 7.0, and the results were evaluated according to the One-way analysis of variance method. It was detected that aluminium was 478.7-698.1 µg/L, arsenic was 0.650-0.871 µg/L, mercury was 0.0016-0.015 µg/L, cadmium was 0.038-0.083 µg/L, and lead was 0.89-2.61 µg/L in milk samples collected from 5 different regions including center and all districts of Erzurum. According to the results obtained in the study, while the heavy metal levels of the samples were determined to be below the limit values specified in the Turkish Food Codex; only the aluminium level was found to be high in terms of the limit values specified by Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA).

Keywords: Heavy metal, ICP-MS, milk

GİRİŞ

Besin öğelerini yeterli ve dengeli oranlarda ihtiva eden süt, insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Ancak teknolojinin gelişmesine paralel olarak sanayi faaliyetlerinin artmasıyla süt, halk sağlığını tehdit eden toksik unsurlara maruz kalmaktadır. Halk sağlığını tehdit eden önemli faktörlerden biri olan ağır metallerin süt ve süt ürünlerine bulaşması farklı yollarla olabilmektedir. Bu nedenle sütlerin sağımından tüketime kadar geçen süredeki kontaminasyon riskleri, sağım, depolama ve paketlenme koşullarındaki hijyen düzeyinin en yüksek seviyede tutulması gerekmektedir.^{1,2}

*Bu makale Burak ŞAHİN'in aynı başlıklı yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

Received/Geliş Tarihi: 07.12.2021

Accepted/Kabul Tarihi: 14.02.2022

Publication Date/Yayın Tarihi: 12.10.2022

Corresponding author/Sorumlu Yazar:
Gülşah ÇANAKÇI ADIGÜZEL
E-mail: gulsah@atauni.edu.tr

Atif: Çanakçı Adigüzel G, Şahin B.
Çiğ Süt Örneklerinde Ağır Metal Düzeyinin Belirlenmesi. *Vet Sci Pract.* 2022; 17(2), 61-65.

Cite this article as: Çanakçı Adigüzel G, Şahin B. Determination of Heavy Metal Levels in Raw Milk Sample. *Vet Sci Pract.* 2022; 17(2), 61-65.



Copyright@Author(s) - Available online at veterinarysciences-ataunipress.org
Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Sütte en sık bulunan ağır metaller; bakır (Cu), arsenik (As), kurşun (Pb), cıva (Hg) ve kadmiyum (Cd)' dir.³ Sütte tespit edilen alüminyum ağır metalini taşıma potansiyeline sahip temel etken sudur. Alüminyumun direk kana geçen miktarı %1' den daha az olup, sindirim sistemiyle alındıktan sonra, serumda ortalama 1-2 µg/L seviyelerinde bulunmaktadır.⁴ Arsenik ağır metaline, ilk olarak İngiltere/Manchester'da şekerlerde, Japonya/Monhaga'da sütte ve Hindistan'da ise su, yiyecek ve ilaçlarda rastlanmıştır.⁵ Kadmiyuma bağlı zehirlenme sonucu ortaya çıkan ilk hastalık, Japonya Toyama'da 1950 yılında görülen ve kronik zehirlenmeye neden olan İtai İtai'dir.⁶ Kurşunun vücutta yoğun birikimine bağlı olarak, sinir sisteminde şiddetli nörolojik bozukluklara, dolaşım sisteminde hipertansiyona, boşaltım sisteminde periferik nöropatiye, interstisyel nefritlere, üreme sisteminde erkeklerde testiküler atrofiye, bayanlarda fertilitide azalmaya sebep olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü ile Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün işbirliği ile oluşturulan uzmanlar komitesi tarafından kurşun metali için tolere edilebilir haftalık alım miktarı 3000 mg olarak belirlenmiş olup, çocuklar için ise güvenli sınır değeri, bu miktarın yarısı olarak kabul edilmektedir.⁷

Bazı gıdalarda izin verilen maksimum ağır metal limitleri 1881/2006/EC sayılı Gıdalardaki Belirli Bulaşanların Maksimum Limitlerinin Belirlenmesi Hakkında Avrupa Birliği Komisyon Tüzüğü ve TGK (Türk Gıda Kodeksi) tarafından ilgili yönetmeliklerinde; kadmiyum için 0,05-1,0 mg/kg, cıva için 0,5-1,0 mg/kg ve kurşun için 0,02-0,5 mg/kg olarak belirlenirken, alüminyum ve arsenik için limit bildirilmemiştir. Tablo 1.' de Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi (JECFA) tarafından yetişkinler için belirlenen bazı ağır metallerin tolere edilebilir vücuda alım düzeylerinin haftalık değerleri verilmiştir.⁸

Bu çalışma ile çiğ süt örneklerindeki alüminyum, arsenik, cıva, kadmiyum ve kurşun ağır metal düzeylerinin belirlenmesi ve halk sağlığı açısından taşınmış olduğu risklerin ortaya konulması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışmada Birim Etik Kurul Kararı Atatürk Üniversitesi Rektörlüğü Veterinerlik Fakültesi 2019/18 karar numarasıyla 27 Kasım 2019 tarihinde alınmıştır. Çalışma deneyleri Atatürk Üniversitesi Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (DAYTAM) Müdürlüğü'nden 14 Kasım 2019 tarihinde alınan izin ile ICP-MS cihazı ile yapılmıştır.

Örneklerin Toplanması ve Analizi

Erzurum merkez ve ilçelerinden (kuzey, güney, doğu, batı) yerleşim yerlerine yakın ve trafik yoğunluğunun fazla olduğu 5 ayrı bölgeden toplanan 50 adet çiğ süt örneği steril numune kapları kullanılarak toplanmış ve uygun muhafaza şartları sağlanarak, çalışmanın yapıldığı Atatürk Üniversitesi Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (DAYTAM) Müdürlüğü'ne getirilmiştir.

Tablo 1. JECFA (Gıda katkı maddeleri uzman komitesi) tarafından yetişkinler için belirlenen bazı ağır metallerin tolere edilebilir vücuda alım düzeyleri

Ağır Metal	Tolere Edilebilir Alım Düzeyi
Alüminyum	2 mg/kg/hafta
Arsenik	15 µg/kg/hafta
Cıva	1,6 µg/kg/hafta
Kadmiyum	0,007 mg/kg/hafta
Kurşun	0,025 mg/kg/hafta

Süt numuneleri ICP-MS'de ağır metal analizleri öncesi kapalı ortamda yüksek basınçlı mikrodalga fırında (Milestone connect ETHOS UP mikrodalga) parçalanarak berrak çözeltileri elde edilmiştir. Bunun için örnekler oda sıcaklığında iyice karıştırıldıktan sonra 1 mL alınarak cihazın teflon numune kaplarına yerleştirilmiştir. Numunelerin üzerine 4,00 mL %65'lik HNO₃ ve 2,00 mL %30'luk hidrojen peroksit (H₂O₂) ilave edilerek mikrodalga cihazında 180°C'de ve 270 barda yakılmıştır. İşlem sonunda teflon kaplar 15-20 dakika soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra soğutulmuş kaplar özenle açılarak kapak ve teflon kap iç duvarı ultra saf su ile yıkanmıştır. Elde edilen berrak çözeltiler ultra saf su ile kantitatif olarak 25 ml hacme tamamlanarak numuneler ağır metal analize hazır hale getirilmiştir. Ayrıca teflon beherlerin birine sadece ultra saf su, nitrik asit ve hidrojen peroksit ilave edilerek herhangi bir numune olmadan kör çözeltiler olarak hazırlanmıştır. Analizi yapılacak numuneler, ölçüm yapılana kadar numune saklama dolabına yerleştirilmiştir.

ICP-MS, yüksek derecedeki plazmaya, genelde argon, gönderilerek bağların parçalandığı ve iyonlaştırma metoduna dayanan bir sistemdir. Çalışmada kullanılan materyal solüsyon şeklinde sprey odacığı ve nebulizöre girmekte, sisleştirme işlemi burada olmaktadır. İçlerindeki en küçük parçacıklar kullanılan plazmaya taşınmakta ve geri kalan ise atık kısmına gitmektedir. 10000 K'lere varan sıcaklıklarda iyonize işlemi plazma üzerinde gerçekleşmekte ve iyonların ara birime gelmesiyle, pozitif iyonlar oluşmaktadır. Pozitif iyonların, kütle filtresine yönlendirilmesi ve kütle spektrometresinde iyonların ölçümüyle birlikte, işlem tamamlanmaktadır.⁹

Bu işlemlerin tamamı Atatürk Üniversitesi Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (DAYTAM) Müdürlüğü'nde gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Bu çalışmada istatistiksel analizler, GraphPad Prism 7,0 (GraphPad Software, San Diego, CA, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm istatistikler ort ± SH olarak sunulmuştur. Sonuçlar değerlendirilirken one-way ANOVA yöntemi kullanılmıştır. $P < ,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.¹⁰

BULGULAR

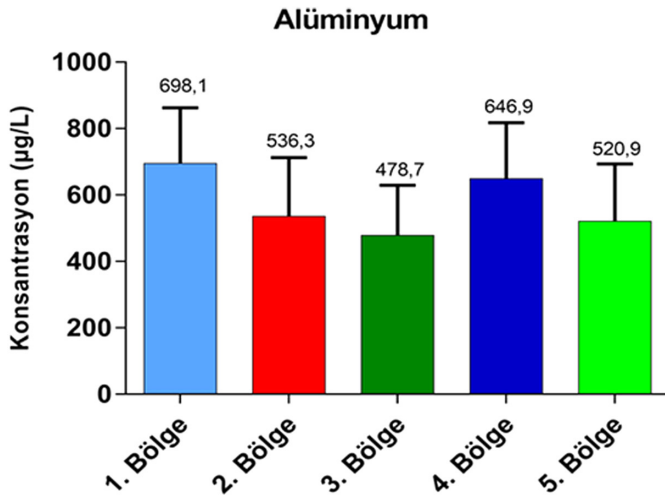
Erzurum merkez ve ilçelerinden steril numune kapları kullanılarak aseptik koşullarda alınan 50 adet çiğ süt örneği bazı ağır metal içeriği açısından incelenmiş ve sonuçlar, Tablo 2 ve Şekil 1-5'de verilmiştir.

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda; en yüksek alüminyum içeren sütlerin 1. bölgeden, en düşük alüminyum içeriğine sahip sütlerin 3. bölgeden (Şekil 1), en yüksek arsenik barındıran sütlerin

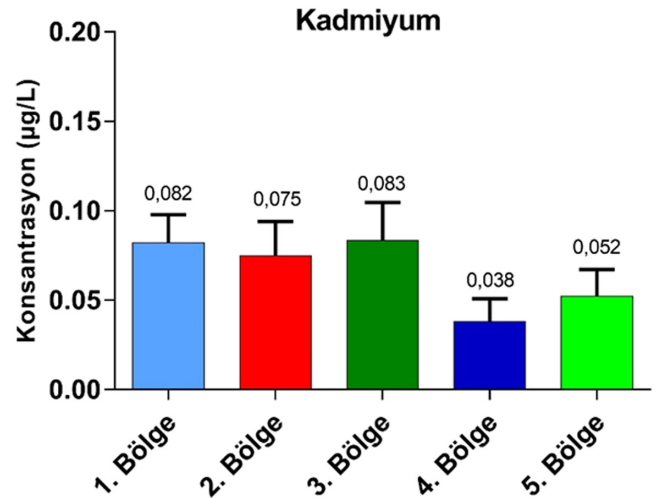
Tablo 2. Çiğ süt örneklerinin ağır metal içeriklerine dair değerlerin dağılımı (ort ± SH)

	n	Al (µg/L)	As (µg/L)	Pb (µg/L)	Hg (µg/L)	Cd (µg/L)
Bölge 1	10	698,1 ± 179,9 ^{ns}	0,795 ± 0,17 ^{ns}	1,741 ± 0,612 ^{ns}	0,004 ± 0,003 ^{ns}	0,082 ± 0,016 ^{ns}
Bölge 2	10	536,3 ± 176,7 ^{ns}	0,790 ± 0,21 ^{ns}	0,895 ± 0,240 ^{ns}	0,007 ± 0,006 ^{ns}	0,075 ± 0,019 ^{ns}
Bölge 3	10	478,7 ± 150,8 ^{ns}	0,652 ± 0,19 ^{ns}	1,06 ± 0,319 ^{ns}	0,001 ± 0,001 ^{ns}	0,083 ± 0,021 ^{ns}
Bölge 4	10	646,9 ± 145,2 ^{ns}	0,871 ± 0,23 ^{ns}	1,662 ± 0,905 ^{ns}	0,007 ± 0,007 ^{ns}	0,038 ± 0,013 ^{ns}
Bölge 5	10	520,9 ± 172,7 ^{ns}	0,724 ± 0,18 ^{ns}	2,608 ± 1,009 ^{ns}	0,015 ± 0,01 ^{ns}	0,052 ± 0,015 ^{ns}

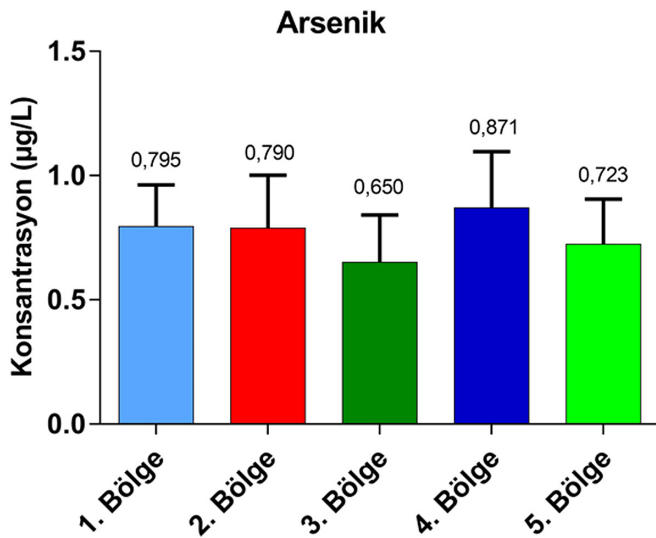
^{ns}P > ,05 (anlamlı bir fark yok) n:örnek sayısı, Al: Alüminyum, As: Arsenik, Pb: Kurşun, Hg: Cıva, Cd: Kadmiyum



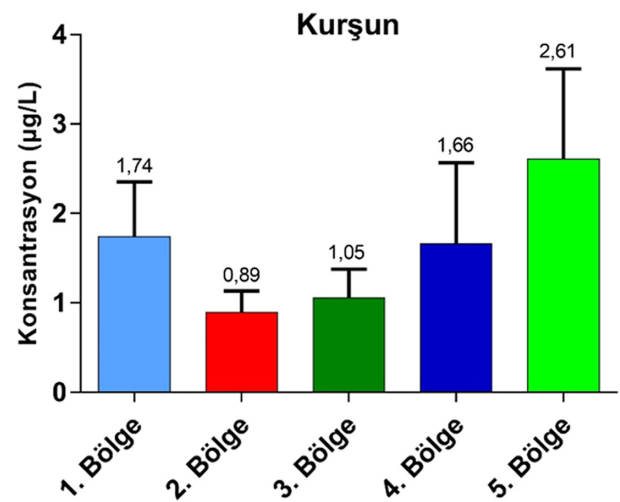
Şekil 1. Alüminyum miktarının, örnek alınan yerleşim yerlerine göre değişim grafiği.



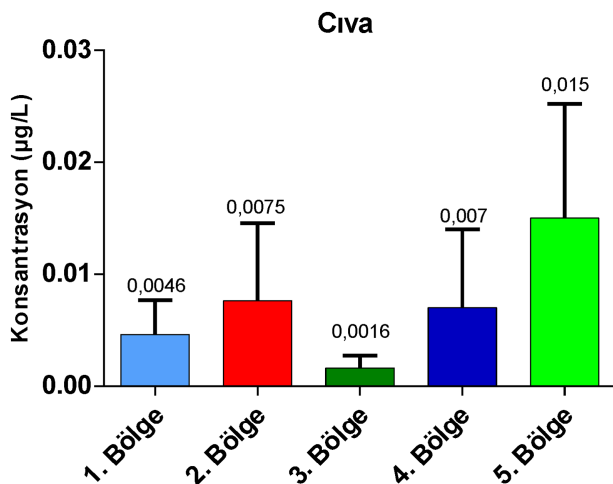
Şekil 4. Kadmiyum miktarının, örnek alınan yerleşim yerlerine göre değişim grafiği.



Şekil 2. Arsenik miktarının, örnek alınan yerleşim yerlerine göre değişim grafiği.



Şekil 5. Kurşun miktarının, örnek alınan yerleşim yerlerine göre değişim grafiği.



Şekil 3. Civa miktarının, örnek alınan yerleşim yerlerine göre değişim grafiği.

4.bölgeden, en düşük arsenik içeren sütlerin 3.bölgeden (Şekil 2), en yüksek civa ihtiva eden sütlerin 5.bölgeden, en düşük civa içeriğine sahip sütlerin 3.bölgeden (Şekil 3), en yüksek kadmiyum içeriğine sahip sütlerin 3. bölgeden, en düşük kadmiyuma sahip sütlerin 4. bölgeden (Şekil 4), en yüksek kurşun barındıran sütlerin 5.bölgeden, buna karşın en düşük kurşun içeriğine sahip sütlerin ise 2. bölgeden (Şekil 5) alındığı tespit edilmiştir. Ancak bölgeler arasındaki alüminyum, arsenik, civa, kadmiyum ve kurşun içerikleri arasında belirlenen farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmamıştır ($P > ,05$).

TARTIŞMA

Erzurum ve ilçelerinden toplanan 50 adet çiğ süt örneğinde bazı ağır metallerin (Al, As, Hg, Cd ve Pb) varlığı, ICP-MS yöntemiyle araştırılmış ve literatür verileriyle mukayese edilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde,¹¹ arsenik ve alüminyuma yönelik belirtilen herhangi bir limit olmadığından, değerlendirme yapılamamıştır. Bununla birlikte kadmiyum, civa ve kurşun açısından, bu çalışmada belirlenen maksimum ağır metal

limitlerinin yönetmelikte belirtilen limit değerlerin altında olduğu gözlemlenmiştir.

JECFA'ya göre alüminyum, arsenik, civa, kadmiyum ve kurşun miktarları, vücuda alım düzeyleri yönünden değerlendirilmiştir. Çalışma bulgularımızdan, Al değeri JECFA'ya göre 5. bölgede yüksek bulunurken, değerlendirilen diğer ağır metaller 5. bölgede düşük bulunmuştur.

Temurci ve Güner,¹² Ankara'da tüketime sunulan süt ve beyaz peynir örneklerinde ağır metal içeriklerinin tespitine yönelik yapmış oldukları çalışmada, ortalama alüminyum değerini 6000 µg/L ve kadmiyum değerini 114 µg/L olarak tespit ederken, kurşun varlığını ise belirlememişlerdir. Bu çalışmada ise en yüksek Al değeri 698,1 µg/L, kadmiyum değeri 0,083 µg/L ve kurşun değeri ise 2,61 µg/L olarak belirlenmiştir. Elde edilen araştırma verileri incelendiğinde, tespit edilen Al ve Cd değerlerinin Temurci ve Güner¹² tarafından yapılan çalışmada belirlenen değerlerin çok altında olduğu, çalışmamızda gözlemlenen Pb miktarının ise Türk Gıda Kodeksi ve JECFA'ya göre belirtilen limitlerin altında kaldığı gözlemlenmiştir.

Ayar ve ark.¹³ in Konya'da tüketime sunulan süt ve ürünlerinin ağır metal içeriklerinin belirlenmesine yönelik yaptıkları çalışmada, Al, As, Cd ve Pb değerlerinin çalışmamızda belirlenenden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Mısır,¹⁴ Doğu Azerbaycan ve İran¹⁵ da yapılan benzer çalışmalarda çiğ süt örnekleri Pb ve Cd yönünden incelenmiş ve sonuçların çalışmamızda elde edilen değerlerden yüksek olduğu belirlenmiştir. Macaristan'da Poti ve ark.¹⁶ tarafından 20 adet inek sütü numunesinde yapılan çalışmada Pb, Cr ve Cd ağır metallerinin tayini yapılmış, Pb ve Cd sonuçları ortalama olarak sırasıyla 23 µg/L, 12 µg/L olarak bulunmuştur. Bu sonuçların çalışmamızda elde edilen değerlerden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

60 adet süt ve süt ürünü örneğinde yapılan çalışmada¹⁷ ortalama Al değeri 168,25 ± 92,2 µg/kg, As değeri 3,2 ± 1,95 µg/kg, Cd değeri 4,55 ± 2,6 µg/kg, Hg değeri 23,15 ± 10,4 µg/kg ve Pb değeri 15,4 ± 8,53 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, çalışmamızda elde edilen değerler ile karşılaştırıldığında Al hariçindeki diğer ağır metallerin konsantrasyonlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Ogut ve ark.¹⁸ tarafından, Isparta'da sanayi, kırsal, trafiğin yoğun olduğu ve tarımsal alanlar olmak üzere 4 farklı bölgeden toplanan çiğ süt örneklerinde ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada, kırsal, trafiğin yoğun olduğu ve tarımsal bölgelerde tolere edilebilir düzeyde ağır metal yükü tespit edilmiş olup bu sonuçlar, mevcut çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca çiğ sütte Cd ve Pb düzeylerinin tespiti amacıyla yapılan başka çalışmalarda^{19,20} elde edilen sonuçların, bu çalışmada belirlenen Pb ve Cd değerlerinden daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Tebriş'de süt ve süt ürünleri örneklerinde yapılan bir çalışmada,²¹ süt örneklerinde Cd değerinin ortalama 2,343 ± 0,611 ppb ile 9,873 ± 0,056 ppb, As değerinin 3,246 ± 0,024 ppb ile 7,536 ± 0,017 ppb ve Pb değerinin 6,066 ± 0,041 ppb ile 10,83 ± 0,050 ppb arasında olduğu tespit edilmiştir. Pb, Cd ve As değerlerinin belirlediğimiz değerlerden yüksek olduğu görülmüştür.

2019 yılında Sırbistan'da Davidov ve ark.²² nın 150 süt örneğinde bazı ağır metal yüklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, ortalama As 58 µg/L, Cd 10 µg/L ve Pb 80 µg/L düzeyinde

belirlenmiştir. As, Cd ve Pb ağır metal konsantrasyon değerlerinin verilerimizden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Sivas ve yöresinde bulunan 5 süt fabrikasından 50 adet süt örneği temin edilerek Beykaya ve ark.²³ tarafından yapılan çalışmada, Cd içeriği ortalama 8,896 µg/kg düzeyinde bulunmuştur. Sütlerin %92'inde Pb miktarının tespit edilebilir miktarın altında, %8'inde ise ortalama 304,1-503,4 µg/kg aralığında olduğu bildirilmiştir. Sivas'ta yapılan çalışmada belirlenen Cd ve Pb içeriklerinin, çalışmamıza nazaran yüksek olduğu görülmüştür.

Singh ve ark.²⁴ 2019 yılında Hindistan'dan topladıkları süt ve süt ürünleri üzerinde yaptıkları çalışmada, ortalama olarak Cd 3,38-26,4 ppb, Pb 3,16-13,89 ppb, As 3,77-21,04 ppb ve Hg 3,34-10,68 ppb olarak belirlenmiştir. Yaptığımız çalışmaya göre elde edilen değerler yüksektir.

Kazakistan'ın Almaty bölgesinde yapılan çalışmada²⁵ 120 adet çiğ süt örneğindeki ortalama Cd değeri 0,0025-0,0029 ppm ve Pb içeriği ise 0,0010-0,0080 ppm arasında tespit edilmiştir. As ve Hg değerleri ise ölçülebilir limit değerine ulaşmamıştır. Bulunan değerler çalışmamızda yer alan Cd ve Pb değerinin üzerinde görülmüştür. As ve Hg değerleri ölçülebilir değerlerin altında görüldüğü için çalışmamıza nazaran düşük çıkmıştır.

Bu çalışmada çiğ sütte belirlenen alüminyum, civa, arsenik, kadmiyum ve kurşun ağır metal düzeyleri literatür verileri ile karşılaştırıldığında, büyük bölümünden daha düşük olduğu gözlemlenirken, Türk Gıda Kodeksi'ne göre de incelenen sütlerdeki ağır metal düzeyi, belirlenen limitlerin altında olduğu tespit edilmiştir. Ancak sütlerde tespit edilen alüminyum düzeyi JECFA'nın belirlediği standartlara göre yüksek bulunmuştur.

Özellikle beslenme açısından büyük önem arz eden süt ve süt ürünlerinde ağır metal birikiminin azaltılması için;

- Meralardaki ağır metal kontaminasyonlarının önlenmesi, gübre ve pestisit kullanımının kontrolü,
- Sanayi, trafik yoğunluğu gibi çevresel faktörlere bağlı olarak sütte ağır metal kalıntıları artabileceğinden, işletmelerin bu alanlardan uzak yerlere kurulması,
- Toprakta, hayvanların otlatıldığı otlaklardan, içme sularından belli aralıklarla örneklerin alınarak, incelenmesi ve denetimlerin yapılması,
- Farklı metotlar kullanılarak, elde edilen verilerin güvenilirliğinin artırılması,
- Toprakta ağır metal kalıntılarının yüksek oranda bulunması durumunda, ilgili meslek grubu ile koordineli bir şekilde toprak ıslahının gerçekleştirilmesi,
- Sütteki ağır metal kontaminasyonlarının alet ve ekipmanlardan da geçtiği düşünüldüğünde, gerekli kriterlere sahip uygun malzemelerin kullanımı, hijyen ve sanitasyona dikkat edilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak; bu çalışmada toplanan çiğ süt örneklerinde incelenen ağır metal düzeyi standartlarda belirtilen limitlerden düşük bulunmuştur. Bu durum Erzurum ve ilçelerinden elde edilen sütlerin araştırılan ağır metaller yönünden güvenilir olduğunu göstermektedir.

Etik Komite Onayı: Bu çalışma için etik komite onayı Atatürk Üniversitesi'nden alınmıştır. (Tarih: 27.11.2019, Karar No: 2019/18)

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir - G.Ç.A.; Tasarım - G.Ç.A., B.Ş.; Denetleme - G.Ç.A., B.Ş.; Kaynaklar - B.Ş.; Malzemeler - G.Ç.A., B.Ş.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi - G.Ç.A., B.Ş.; Analiz ve/veya Yorum - G.Ç.A., B.Ş.; Literatür Taraması - G.Ç.A., B.Ş.; Yazıyı Yazan - G.Ç.A.; Eleştirel İnceleme - B.Ş.

Çıkar Çatışması: Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Finansal Destek: Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) tarafından desteklendi (Proje no: TYL-2020-8497).

Ethics Committee Approval: Ethical committee approval was received from the Ethics Committee of Atatürk University, (Date: 27.11.2019, Decision No: 2019/18).

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept – G.Ç.A.; Design – G.Ç.A., B.Ş.; Supervision – G.Ç.A., B.Ş.; Resources – B.Ş.; Data Collection and/or Processing – G.Ç.A., B.Ş.; Analysis and/or Interpretation – G.Ç.A., B.Ş.; Literature Search – G.Ç.A., B.Ş.; Writing Manuscript – G.Ç.A.; Critical Review – B.Ş.

Declaration of Interests: The authors have no conflicts of interest to declare.

Funding: This study supported by Atatürk University Scientific Research Projects Coordination (BAP) (Project no: TYL-2020-8497).

REFERENCES

- Seğmenoğlu MS. *Türkiye'de Tüketime Sunulan Organik ve Geleneksel Süt ve Süt Ürünlerinin Bazı Metal Düzeyleri Yönünden Karşılaştırılması*. Türkiye: Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2012.
- İstanbuluoğlu H, Oğur R, Tekbaş ÖF, Bakır B. Süt ve Süt Ürünlerinde Ağır Metal Kirliliği. *Türkiye Klinikleri J Med Sci*. 2013;33(2):410-419. [CrossRef]
- Özturan K, Atasever M. Süt ve Ürünlerinde Mineral Maddeler ve Ağır Metaller. *Atatürk Univ Vet Bil Derg*. 2018;13(2):229-241. [CrossRef]
- Öztürk B. *Sıçanlarda Alüminyumun Farklı Doz ve Sürelerde Uygulanmasının Eritrosit Ozmotik Frajlitesi ve Eser Elementler Üzerine etkisi*. Türkiye: İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2011.
- İbiş R. Termik Santral Uçucu Külünün Atık Sulardan Arsenik Uzaklaştırmada Etkinliğinin Araştırılması. Türkiye: Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2010.
- Dağhan H. Doğal Kaynaklarda Ağır Metal Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *MKÜ Ziraat Fak Derg*. 2011;16:15-25.
- Özbolet G, Tuli A. Ağır Metal Toksisitesinin İnsan Sağlığına Etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Derg*. 2016;25(23783):502-521. [CrossRef]
- Serencam H, Arslaner A, Müge K. Ceviz Peynirde Ağır Metal Kontaminasyon Kaynağı ve Düzeyinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Eng Sci*. 2018;13:21-26.
- Ateş M. Nanoparçacıkların Ölçme ve İnceleme Teknikleri. *Türk Bilimsel Derlemeler Derg*. 2018;11:63-69.
- Frenzel D, Köppen C, Bauer OB, et al. Effects of single nucleotide polymorphism ala270ser (rs316019) on the function and regulation of hOCT2. *Biomolecules*. 2019;9(10):578. [CrossRef]
- Anonim. Türk gıda kodeksi bulaşanlar yönetmeliği. Tarihli ve 28502 Sayılı. Resmi Gazete; 2012.
- Temurci (Usta) H, Güner A. 2006. *Ankara'da tüketime sunulan süt ve beyaz peynirlerde ağır metal kontaminasyonu* (vol. 1, pp. 20-28). Atatürk Üniversitesi Vet Bil Derg. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/33871>
- Ayar A, Sert D, Akın N. Konya'da Tüketime Sunulan Süt ve Ürünlerinin Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi. *Selçuk Univ Ziraat Fak Derg*. 2007;21:58-64.
- Malhat F, Hagag M, Saber A, Fayz AE. Contamination of cows milk by heavy metal in Egypt. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2012;88(4):611-613. [CrossRef]
- Dizaji A, Eshaghi A, Golshani A, Nazeradl K, Yari AA, Hoda S. Evaluation and determination of toxic metals (Lead and cadmium) in cow milk collected from East Azerbaijan, Iran. *Eur J Exp Bio*. 2012;2: 261-265.
- Póti P, Pajor F, Bodnár Á, Bárdos L. Accumulation of some heavy metals (Pd, Cd and Cr) in milk of grazing sheep in North-East Hungary. *J Microbiol Biotechnol Food Sci*. 2012;2:389-394.
- Rezaei M, Akbari Dastjerdi HA, Jafari H, et al. Assessment of dairy products consumed on the arakmarket as determined by heavy metal residues. *Health*. 2014;06(5):323-327. [CrossRef]
- Ogut S, Canbay HS, Uludağ H. Effect of environmental factors on heavy metal content of raw milk. *Akad Gıda Derg*. 2016;14: 105-110.
- Shahbazi Y, Ahmadi F, Fakhari F. Voltammetric determination of Pb, Cd, Zn, Cu and Se in milk and dairy products collected from Iran: an emphasis on permissible limits and risk assessment of exposure to heavy metals. *Food Chem*. 2016;192:1060-1067. [CrossRef]
- Coroian A, Miresan V, Cocan D, et al. Physical-chemical parameters and the level of heavy metals in cow milk in the Baia Mare area. *Banats J Biotech*. 2017;8:69-74.
- Beikzadeh S, Ebrahimi B, Mohammadi R, Beikzadeh M, Asghari-Jafarabadi M, Foroumandi E. Heavy metal contamination of milk and milk products consumed in Tabriz. *Curr Nutr Food Sci*. 2019;15(5):484-492. [CrossRef]
- Davidov I, Kovacevic Z, Strojancovic D, et al. Contamination of cow milk by heavy metals in Serbia. *Acta Sci Vet*. 2019;47(1):1-4. [CrossRef]
- Beykaya M, Yıldırım Z, Özbey A, Yıldırım M. Sivas ilindeki bazı süt işletmelerine gelen sütlerin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi. *TURJAF*. 2019;7:105-109.
- Singh M, Ranvir S, Sharma R, Gandhi K, Mann B. Assessment of contamination of milk and milk products with heavy metals. *Indian J Dairy Sci*. 2020;72(6):608-615. [CrossRef]
- Sarsembayeva NB, Abdigaliyeva TB, Utepova ZA, Biltebay AN, Zhumagulova SZ. Heavy metal levels in milk and fermented milk products produced in the Almaty region, Kazakhstan. *Vet World*. 2019;13(4): 609-613. [CrossRef]