



Erzurum ve Çevresinde Üretilen Süt ve Süt Ürünlerinin Mevsimlere Göre Mineral Madde ve Ağır Metal İçeriği*

Korhan ÖZTURAN^{1a}, Mustafa ATASEVER^{2b}✉

1. Kara Kuvvetleri Komutanlığı, Ankara, TÜRKİYE.

2. Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Erzurum, TÜRKİYE.

ORCID: : 0000-0002 3914 2749^a, 0000-0002-1627-5565^b

Geliş Tarihi/Received	Kabul Tarihi/Accepted	Yayın Tarihi/Published
04.11.2019	16.12.2019	30.04.2020

Bu makaleye atıfta bulunmak için/To cite this article:

Özturan K, Atasever M: Erzurum ve Çevresinde Üretilen Süt ve Süt Ürünlerinin Mevsimlere Göre Mineral Madde ve Ağır Metal İçeriği. Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg., 15(1): 51-62, 2020. DOI: 10.17094/ataunivbd.642505

Öz: Bu çalışmada Erzurum ili merkezi ve bazı ilçelerinde üretilen inek sütleri ve süt ürünlerinin dönemsel olarak mineral madde içeriği ve ağır metal kirlilik düzeyleri ve bu değerlerin bölgenin toprak ve bitki yapısından ne düzeyde etkilendiği ortaya konulmuştur. Alınan 335 adet inek sütü, 82 adet süt ürünü, 26 adet toprak ve 26 adet çayır-mera bitkisinde Ca, Na, K, Mg, Cu, Fe, Zn, Pb, Ni ve Mn konsantrasyonları, İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. İncelenen inek sütü örneklerinde Ca miktarı 1258.48±350.76 mg/kg, Na miktarı 415.51±167.17 mg/kg, K miktarı 1768.58±461.64 mg/kg, Mg miktarı 107.33±31.19 mg/kg, Cu miktarı 0.079±0.103 mg/kg, Fe miktarı 0.64±3.45 mg/kg, Zn miktarı 1.406±0.751 mg/kg, Pb miktarı 0.031±0.048 mg/kg, Ni miktarı 0.034±0.273 mg/kg ve Mn miktarı 0.022±0.11 mg/kg düzeylerinde bulunmuştur. Erzurum ve yöresinde üretilen inek sütlerinde ulusal ve uluslararası değerlerle karşılaştırıldığında ağır metal açısından ileri düzeyde bir kirlilik olmadığı saptanmıştır. Bölge toprağında herhangi bir ağır metalle ileri düzeylerde kirlilik olmadığı belirlenmiştir. Süt örneklerinin dönemlere göre (yaz-kış) yapılan istatistiksel değerlendirmede Ca, Na, K, Cu ve Pb konsantrasyonlarında farklılık (P<0.01) olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağır Metaller, Bitkiler, Mineraller, Süt Ürünleri, Toprak Kirleticileri.

Mineral and Heavy Metal Contents of Milk and Milk Products Produced in Erzurum Province According to Seasons

Abstract: In this study, the mineral content and heavy metal pollution levels of cow's milk and dairy products produced in Erzurum province and some districts were determined and how much these levels are affected from soil and plant structure are introduced. Ca, Na, K, Mg, Cu, Fe, Zn, Pb, Ni and Mn concentrations of samples taken from 335 cow milks, 82 milk products, 26 soils and 26 pasture-meadow plants are determined by using Inductive Couple Plasma Optic Emission Spectroscopy (ICP-OES). In the examined cow milk samples, 1258.48±350.76 mg/kg of Ca, 415.51±167.17 mg/kg of Na, 1768.58±461.64 mg/kg of K, 107.33±31.19 mg/kg of Mg, 0.079±0.103 mg/kg of Cu, 0.64±3.45 mg/kg of Fe, 1.406±0.751 mg/kg of Zn, 0.031±0.048 mg/kg of Pb, 0.034±0.273 mg/kg of Ni and 0.022±0.11 mg/kg of Mn were determined. When compared with national and international values, it was found that there is no advanced pollution in heavy milk produced in Erzurum and its region. It was determined that there is no heavy pollution with any heavy metal in the soil of the region. It was determined that the milk samples showed different concentrations of Ca, Na, K, Cu and Pb (P<0.01) in the statistical evaluation according to periods (summer and winter).

Keywords: Dairy Products, Heavy Metals, Minerals, Plants, Soil Pollutants.

✉ Mustafa Atasever

Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Erzurum, TÜRKİYE.

e-posta: atasever@atauni.edu.tr

*Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalında yapılmış aynı isimli doktora tezinden alınmıştır.

GİRİŞ

Hızlı kentleşmenin ve endüstriyel gelişmenin bir sonucu olarak dünyada yaygın görülen ağır metal kontaminasyonuna ilişkin çevresel kirlilik, gıda zinciri yoluyla halk sağlığını tehdit eder boyutlara gelmiştir (1). Türkiye’de de sanayileşme ve kentleşmenin yaygınlaşmasının bir sonucu olarak toprak, su ve hava kaynaklarında kirlilik problemiyle sıklıkla karşılaşılmaktadır.

Çevre ve gıda kirlenmesine neden olan binlerce kimyasal madde artıkları arasında, doğaya yayılmış bulunan her türlü metal kalıntılarının önemli bir payı vardır. Biyolojik sistemlerde çevresel kontaminant olarak bilinen metalik kirleticilerin düzeyi, kontaminasyonun yoğun olduğu bölgelerde yaşayan hayvanlarda ve yetişen bitkilerde yüksek boyutlara ulaşmaktadır. Bu durum gıda zinciri boyunca giderek artan düzeylerde birikerek zincirin son halkasında bulunan insanlara ulaşmaktadır. Böylece gıda yolu ile bu tür kontaminantlarla karşı karşıya kalan bireyler, akut toksik etki ya da uzun süreli alımlarla kronik geri dönüşsüz sağlık problemleri ile karşılaşmaktadırlar (2). Besin kaynaklı ağır metal zehirlenmelerinde çocuklar yetişkinlere göre daha duyarlıdır.

Süt ve ürünlerindeki ağır metal kontaminasyonu; sağım hayvanlarının maruz kaldığı bulaşmaya bağlı olarak hammaddeden veya üretim ve depolama sırasında süt ürünleri ile temas eden makine ve ekipmanlardan kaynaklanan bulaşmalardan ileri gelmektedir.

Teknolojik işlemler sırasında veya süt ve ürünlerinin muhafaza edilmesinde kullanılan metal kaplardan ve işletme suyundan kaynaklanan metalik kontaminasyondaki başlıca elementler alüminyum, bakır, çinko, demir, kalay, kurşun, arsenik, kadmiyum gibi metallerdir (3).

Ağır metaller atmosferden kuru veya ıslak çökeltme yoluyla, kirli sular ve arıtma çamuru uygulamalarıyla, katı atıklarla, bazı pestisit türleriyle ve fosfatlı gübrelerle topraklarda birikmekte; ortam koşullarına bağlı olarak flora ve fauna bünyesine geçerek besin zincirinde üst basamaklara kadar transfer olmaktadır. Ağır metallerin topraktaki biyolojik prosesler üzerine toksik etkisi; onların mobiliteleri, topraktaki konsantrasyonları, ana materyalin kimyasal bileşimi ve bileşimin çözünürlüğüne bağlıdır. Söz konusu ağır metallerin topraktaki yüksek konsantrasyonları özellikle kültür topraklarında gübreleme, bitki gelişimi ve ürün üzerine olumsuz etkiler yapmaktadır (4).

Bu çalışmada;

Erzurum ve çevresinde üretilen inek sütleri ve süt ürünlerindeki ağır metal ve mineral madde düzeylerini incelemek, kontaminasyon miktarları ve bunların sebeplerini tespit etmek, Süt ve ürünlerinin ağır metal ve mineral madde içeriğine mevsimsel değişiklikler ile ilçeler arası farklılıkları belirlemek, Süt ve ürünleri toplanan merkezlerden toprak ve çayır bitkisi örnekleri de alarak, toprağın ve

bitkilerin süt ve ürünlerinin ağır metal ve mineral madde içeriğine etkilerini saptamak amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Çalışmada materyal olarak 335 adet çiğ inek sütü, 82 adet süt ürünü ve yöreye ait 26 adet toprak ve 26 adet çayır bitkisi örnekleri kullanılmıştır. Örnekler Erzurum merkezi ve 6 bölgesi olmak üzere toplam 7 merkezden elde edilmiştir. Sütler ve süt ürünleri kış (I. dönem) ve yaz (II.dönem) aylarında alınmıştır. Toprak ve bitki numuneleri toprağın tav olduğu Mayıs-Haziran aylarında toprak için 0-20 cm derinlikten TS 9923 (5) ve TS 10309 (6)'e göre alınmıştır. Çalışmanın toprak ve bitki numunelerinin örnek hazırlama ve çözümü işlemleri Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü laboratuvarlarında, diğer örnekler ve tüm işlemler ise 9'uncu Kolordu A Tipi Gıda Kontrol Müfreze Komutanlığı laboratuvarlarında yapılmıştır.

Örneklerin muhafazasında ve işlenmesinde kullanılan tüm malzemeler, Jorherm (7)'in önerdiği şekilde yıkama işlemine tabi tutularak hazırlanmıştır. Analizi yapılacak süt ve ürünleri örneklerinde organik bileşikler yok etmek ve inorganik bileşikler de çözünür faza geçirmek amacıyla yapılan çözümü işlemleri kapalı sistem yaş yakma metodu kullanılarak

gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Ethos Touch Control (Milestone) mikrodalga çözümü sistemi ve aksesuarları (tetraflorometoksil (TFM) kaplar ile Microwave Digestion Rotor (MDR) 1000/10 yüksek basınç rotorları ve basınç-sıcaklık kontrol sensörleri) kullanılmıştır. Örneklerin çözülmesinde %65'lik nitrik asit (Merck, 1.00452.2500) ve %30'luk hidrojen peroksit (Merck, 1.08597.1000) kombinasyonu kullanılmıştır. Toprak ve bitki numunelerinin çözülmesinde DTPA yöntemi (8,9) kullanılmış ve laboratuvarında ön işlemlerden geçirildikten sonra ICP-OES cihazıyla okunmak suretiyle mineral madde ve ağır metal düzeyleri belirlenmiştir.

İstatistiksel Analiz

Elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde SPSS paket programı kullanılmıştır. Toprak, bitki, süt ve ürünleri örneklerinde ilçeler arasındaki mineral içeriğine bağlı farklılıkları tespit edebilmek için Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi, dönemsel farklılıkları tespit edebilmek için ise t- testi yapılmıştır.

BULGULAR

Erzurum ve bazı ilçelerinden temin edilen toprak ve çayır bitkisi, inek sütleri ve süt ürünleri örneklerinin mineral madde ve ağır metal düzeyleri Tablo 1-5'de verilmiştir.

Tablo 1. Toprak örneklerinin alınan merkezlere göre ortalama mineral madde ve ağır metal içeriği (mg/kg).**Table 1.** The Average mineral and heavy metal content of soil samples according to the regions (mg/kg).

Merkez	Ca	Na	K	Mg	Cu	Fe	Zn	Pb	Ni	Mn
Çat	5939.50±296.28	660.90±564.4 ^a	384.60±128.69	1187.50±109.60	1.33±0.11	0.26±0.12	0.52±0.05 ^b	0.00±0.00	1.33±0.01	3.53±0.80
Dumlu	6651.78±1893.79	179.99±160.49 ^b	691.91±494.91	1086.29±487.81	1.83±0.73	3.20±4.79	0.98±0.36 ^b	0.20±0.59	3.59±2.53	7.59±3.20
Erzurum	7296.75±4132.97	47.93±45.51 ^b	588.58±304.69	912.10±356.15	2.04±0.48	2.61±3.08	0.61±0.46 ^b	0.29±0.37	2.74±1.14	12.54±7.38
Ilica	6537.75±1719.35	53.63±35.37 ^b	596.80±313.24	1016.20±703.20	2.02±0.37	2.21±1.95	2.35±1.82 ^{ab}	0.06±0.11	2.98±0.90	18.08±17.07
Narman	10185.50±4517.71	163.40±18.24 ^b	1689.75±1093.54	1401.50±89.80	1.41±0.26	0.92±0.37	3.74±3.50 ^a	0.13±0.18	2.94±0.87	30.64±31.02
Pasinler	5901.33±3929.77	179.10±188.51 ^b	1211.67±575.92	805.50±335.09	1.86±0.43	3.00±2.17	2.15±0.84 ^{ab}	0.81±0.81	2.68±0.49	8.48±2.46
Tortum	12045.00±77.78	110.79±62.95 ^b	744.65±203.15	1167.00±100.41	1.74±0.26	0.51±0.12	0.84±0.22 ^b	0.28±0.07	2.99±0.64	5.84±2.11
F Değeri	1.747	3.136*	2.050	0.459	0.625	0.377	2.809*	0.889	0.497	1.911
Ortalama	7278.77±2949.85	170.52±220.36 b	778.53±541.46	1054.55±429.23	1.82±0.53	2.33±3.23	1.43±1.38	0.25±0.48	2.99±1.65	11.39±11.60

*: P<0.05 a,b: Aynı sütundaki farklı harfler arasında istatistik açıdan önemli fark vardır. Ca: Kalsiyum, Na:Sodyum, K: Potasyum, Mg: Magnezyum, Cu: Bakır, Fe: Demir, Zn: Çinko, Pb:Kurşun, Ni:Nikel, Mn:Mangan.

Tablo 2. Bitki örneklerinin alınan merkezlere göre ortalama mineral madde ve ağır metal içeriği (mg/kg).**Table 2.** The Average mineral and heavy metal content of the plant samples according to the regions (mg/kg).

Merkez	Ca	Na	K	Mg	Cu	Fe	Zn	Pb	Ni	Mn
Çat	5830.95±1683.83	443.08±504.03	29651.50±306.18	2862.5±711.35 ^{ab}	20.39±7.72	405.71±167.74	35.56±6.52	0.30±0.11	2.069±0.153	13.41±2.49
Dumlu	7547.71±3659.03	1701.28±4002.88	25283.33±6172.52	2772.95±1106.83 ^{ab}	17.70±2.96	1567.17±1201.20	54.20±26.02	0.94±0.83	1.466±0.511	23.52±16.40
Erzurum	7010.60±1846.11	595.28±716.79	31148.50±10364.96	1674.48±503.78 ^b	18.30±2.03	659.50±394.18	41.71±16.29	0.44±0.09	1.198±0.410	21.60±6.10
Ilica	15437.75±11897.64	174.14±139.24	30954.25±4933.25	4517.28±2132.05 ^a	18.27±4.80	669.70±391.86	34.13±8.73	0.44±0.05	1.586±0.713	18.41±8.88
Narman	12697.30±13588.75	325.78±228.47	21978.50±16193.45	1125.15±809.21 ^b	17.04±6.23	431.89±171.59	35.73±24.80	0.15±0.11	1.077±0.361	26.93±8.48
Pasinler	3006.50±1915.99	688.31±465.18	21471.00±5575.13	1658.69±859.15 ^b	11.97±2.62	959.23±1379.43	27.34±5.77	0.80±1.09	1.063±0.362	16.35±13.96
Tortum	16469.00±842.87	299.75±63.51	29057.50±497.10	1461.6±131.38 ^b	20.57±2.84	559.02±68.58	40.65±5.84	0.21±0.17	1.434±0.169	19.18±1.08
F Değeri	2.005	0.247	0.997	3.3*	1.546	1.068	1.054	0.885	1.240	0.364
Ortalama	9105.26±6941.48	868.90±2372.27	26990.35±7341.42	2523.00±1481.04	17.59±4.02	965.09±934.82	42.19±19.59	0.61±0.64	1.410±0.504	20.76±11.51

*: P<0.05 a,b: Aynı sütundaki farklı harfler arasında istatistik açıdan önemli fark vardır. Ca: Kalsiyum, Na:Sodyum, K: Potasyum, Mg: Magnezyum, Cu: Bakır, Fe: Demir, Zn: Çinko, Pb:Kurşun, Ni:Nikel, Mn:Mangan.

Tablo 3. Erzurum ve ilçelerinden alınan süt örneklerinin ortalama mineral madde ve ağır metal içeriği (mg/kg).**Table 3.** Mineral and heavy metal content of milk samples taken from Erzurum and its districts (mg / kg).

Merkez	Ca	Na	K	Mg	Cu	Fe	Zn	Pb	Ni	Mn
Çat	1364.38±291.89 ^a	416.83±107.65 ^{abc}	1687.28±292.06 ^a	108.84±22.93 ^{ab}	0.057±0.048 ^b	0.585±0.866	1.367±0.498	0.022±0.022 ^b	0.008±0.009	0.010±0.005
Dumlu	1202.83±30.8 ^a	398.26±172.20 ^{bc}	1742.02±423.96 ^a	105.72±34.8 ^{ab}	0.056±0.074 ^b	0.497±0.790	1.342±0.563	0.025±0.037 ^b	0.017±0.050	0.020±0.047
Erzurum	1354.42±39.88 ^a	487.16±189.85 ^a	1913.51±581.8 ^a	116.71±31.79 ^a	0.124±0.148 ^a	0.421±0.815	1.425±0.466	0.051±0.072 ^a	0.026±0.065	0.016±0.028
İllica	1230.40±365.9 ^a	355.17±119.56 ^{bc}	1723.64±388.0 ^a	100.57±31.85 ^{bc}	0.062±0.08 ^a	1.653±8.805	1.523±1.308	0.015±0.026 ^b	0.116±0.700	0.055±0.276
Narman	1190.78±230.08 ^a	339.42±80.75 ^c	1723.21±422.49 ^a	100.54±27.92 ^{bc}	0.086±0.066 ^{ab}	0.376±0.460	1.486±0.354	0.035±0.032 ^{ab}	0.010±0.008	0.012±0.015
Pasinler	1325.31±331.18 ^a	433.05±174.34 ^{ab}	1811.36±303.07 ^a	111.13±22.09 ^{ab}	0.055±0.064 ^b	0.428±0.546	1.491±0.901	0.016±0.025 ^b	0.015±0.033	0.012±0.015
Tortum	991.45±349.77 ^b	384.06±155.65 ^{bc}	1401.59±336.01 ^b	90.02±29.72 ^c	0.053±0.083 ^b	0.672±1.575	1.035±0.852	0.022±0.035 ^b	0.037±0.128	0.022±0.058
F Değeri	4.821**	6.022**	4.589**	3.573**	4.947**	0.849	1.408	5.160**	0.895	0.915
Ortalama	1258.48±350.76	415.51±167.17	1768.58±461.64	107.33±31.19	0.079±0.103	0.64±3.45	1.406±0.751	0.031±0.048	0.034±0.273	0.022±0.11

** : P<0.01 a,b,c : Aynı sütündeki farklı harfler arasında istatistikî açıdan önemli fark vardır. Ca: Kalsiyum, Na:Sodyum, K: Potasyum, Mg: Magnezyum, Cu: Bakır, Fe: Demir, Zn: Çinko, Pb:Kurşun, Ni:Nikel, Mn:Mangan.

Tablo 4. Süt ve süt ürünleri örneklerinin ortalama mineral madde ve ağır metal içeriği (mg/kg).**Table 4.** The Mineral and heavy metal content of milk and milk samples (mg/kg).

Ürün	Ca	Na	K	Mg	Cu	Fe	Zn	Pb	Ni	Mn
Süt	1258.48±350.76 ^c	415.51±167.17 ^c	1768.58±461.64 ^a	107.33±31.19 ^c	0.079±0.103 ^b	0.64±3.45	1.406±0.751 ^b	0.031±0.048 ^b	0.034±0.273	0.022±0.11
Beyaz Peynir	4919.27±1382.11 ^a	13204.53±1371.52 ^a	1565.40±238.18 ^a	199.12±29.27 ^a	0.153±0.090 ^a	0.751±0.306	7.023±2.798 ^a	0.035±0.032 ^b	0.032±0.013	0.035±0.022
Yoğurt	1777.00±248.59 ^b	653.82±176.31 ^b	1777.74±619.62 ^a	168.00±27.34 ^b	0.095±0.051 ^b	0.297±0.176	1.394±0.636 ^b	0.020±0.023 ^b	0.011±0.008	0.010±0.009
Tereyağı	173.41±74.57 ^d	93.33±48.86 ^d	213.09±71.93 ^b	17.53±9.95 ^d	0.101±0.097 ^b	0.447±0.353	0.461±0.522 ^c	0.072±0.075 ^a	0.028±0.030	0.011±0.010
F Değeri	575.441**	9677.249**	82.905**	193.244**	5.324**	0.153	290.670**	5.932**	0.081	0.403
Ortalama	1501.9±1106.9	1335.73±3333.43	1672.56±569.02	113.56±46.46	0.087±0.101	0.613±3.096	1.760±1.799	0.032±0.049	0.032±0.245	0.021±0.099

** : P<0.01 a,b,c,d : Aynı sütündeki farklı harfler arasında istatistikî açıdan önemli fark vardır. Ca: Kalsiyum, Na:Sodyum, K: Potasyum, Mg: Magnezyum, Cu: Bakır, Fe: Demir, Zn: Çinko, Pb:Kurşun, Ni:Nikel, Mn:Mangan.

Tablo 5. Süt ve ürünlerinde dönemlere göre mineral madde ve ağır metal içeriği (mg/kg).**Table 5.** Mineral and heavy metal content of milk and milk products by periods (mg/kg).

Mineral Madde	Dönem	Süt		Beyaz Peynir		Yoğurt		Tereyağı	
		Ortalama±Standart sapma	t	Ortalama±Standart sapma	t	Ortalama±Standart sapma	t	Ortalama±Standart sapma	t
Ca	I.Dönem	1403.627±367.155	28.05**	6087.733±561.986	1.12	1829.467±273.520	0.39	184.003±33.922	2.84
	II.Dönem	1081.615±228.378		3750.800±845.813		1724.533±217.485		159.686±100.596	
Na	I.Dönem	493.888±177.323	24.32**	13288.667±1520.007	0.24	562.753±55.923	7.02*	98.750±17.185	3.99
	II.Dönem	320.001±84.541		13120.400±1253.347		744.893±208.547		87.882±68.430	
K	I.Dönem	1869.484±517.424	16.02**	1534.000±284.701	0.52	1336.416±241.623	9.52**	214.672±49.659	3.66
	II.Dönem	1645.632±346.688		1596.800±185.332		2219.067±565.288		210.038±92.745	
Mg	I.Dönem	119.450±28.814	0.31	208.100±23.913	0.62	165.269±18.057	1.65	17.997±4.269	3.52
	II.Dönem	92.551±27.454		190.141±32.103		170.739±34.726		17.165±13.823	
Cu	I.Dönem	0.114±0.124	97.29**	0.230±0.042	0.06	0.109±0.029	3.04	0.164±0.088	0.71
	II.Dönem	0.037±0.043		0.076±0.047		0.080±0.065		0.049±0.073	
Fe	I.Dönem	0.778±4.590	1.57	0.848±0.321	0.46	0.219±0.117	3.24	0.407±0.235	4.93*
	II.Dönem	0.471±0.868		0.655±0.266		0.376±0.194		0.505±0.447	
Zn	I.Dönem	1.258±0.833	2.81	8.842±2.536	1.05	1.615±0.505	1.48	0.550±0.670	0.47
	II.Dönem	1.528±0.654		5.203±1.640		1.174±0.693		0.395±0.392	
Pb	I.Dönem	0.044±0.060	70.41**	0.048±0.039	8.87**	0.010±0.020	2.04	0.093±0.096	4.76*
	II.Dönem	0.014±0.020		0.021±0.012		0.029±0.022		0.058±0.050	
Ni	I.Dönem	0.048±0.364	2.19	0.035±0.012	0.15	0.011±0.008	0.01	0.028±0.029	0.01
	II.Dönem	0.017±0.061		0.029±0.014		0.011±0.008		0.029±0.034	
Mn	I.Dönem	0.024±0.143	0.24	0.037±0.026	1.22	0.009±0.006	2.95	0.011±0.009	0.40
	II.Dönem	0.019±0.044		0.033±0.019		0.011±0.011		0.012±0.011	

*: P<0.05 ***: P<0.01. Ca: Kalsiyum, Na: Sodyum, K: Potasyum, Mg: Magnezyum, Cu: Bakır, Fe: Demir, Zn: Çinko, Pb: Kurşun, Ni: Nikel, Mn: Mangan.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Toprak örneklerinde yapılan analizler neticesinde elde edilen Ca, Na, K, Mg, Cu, Fe, Zn, Pb, Ni ve Mn ortalamaları sırasıyla; 7278.77±2949.85, 170.52±220.36, 778.53±541.4, 1054.55±429.23, 1.82±0.53, 2.33±3.23, 1.43±1.38, 0.25±0.48, 2.99±1.65, 11.39±11.60 mg/kg olarak; bitki örneklerinde ise bu değerler sırasıyla; 9105.26±6941.48, 868.90±2372.27, 26990.35±7341.42, 2123.00±1481.04, 17.59±4.02, 965.09±934.82, 42.19±19.59, 0.61±0.64, 1.41±0.50, 20.76±11.51 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu değerler Brohi ve ark. (10) nın belirttiği bitki değerleri ile benzerlik göstermektedir.

Erzurum yöresinde incelenen inek sütlerindeki mineral maddelerden Ca miktarının 1258.48±350.76 mg/kg ortalamaya sahip olduğu görülmektedir. Mevsimsel değişimlerin sütün Ca içeriğini önemli derecede etkilediği, buna göre yaz aylarında kışa nazaran Ca değerinde önemli derecede azalma olduğu görülmektedir. Ayrıca bölgeler arası farklılık da istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Araştırmada beyaz peynirdeki ortalama Ca değeri 4919.27±1382.11 mg/kg'dır. Bu değer süt, yoğurt ve tereyağı ile karşılaştırıldığında, ürünler arası farklılığın istatistiksel değerlendirilmesinde önemli çıkmıştır (P<0.01). Yoğurt ve tereyağındaki ortalama Ca miktarları ise sırasıyla 1777.00±248.59 mg/kg ve 173.41±74.57 mg/kg'dır.

Erzurum ve yöresinden alınan inek sütlerindeki Na ortalaması 415.51±167.17 mg/kg'dır. Na değeri beyaz peynir, yoğurt ve tereyağında ise sırasıyla 13204.53±1371.52 mg/kg, 653.82±176.31 mg/kg ve 93.33±48.86 mg/kg olduğu saptanmıştır. Mevsimsel değişimlerin sütün Na içeriğini çok önemli derecede etkilediği, yaz ayları döneminde Na değerinde önemli derecede azalma olduğu görülmüştür.

Erzurum ve yöresinden alınan inek sütlerindeki K ortalaması 1768.58±461.64 mg/kg'dır. Sütün K içeriğinin yaz ayları döneminde önemli derecede düştüğü saptanmıştır. Ayrıca ilçeler arası farklılık da istatistiksel açıdan önemlidir. Bu araştırmada beyaz peynir, yoğurt ve tereyağı K içeriği sırasıyla 1565.40±238.18 mg/kg, 1777.74±619.62 mg/kg, 213.09±71.93 mg/kg'dır.

Erzurum ve yöresinden alınan inek sütü, beyaz peynir, yoğurt ve tereyağı Mg ortalaması sırasıyla 107.33±31.19 mg/kg, 199.12±29.27 mg/kg'dır, 168.00±27.34 mg/kg, 17.53±9.95 mg/kg'dır.

Erzurum ve yöresinden alınan inek sütü, beyaz peynir, yoğurt ve tereyağı Cu ortalaması sırasıyla 0.079±0.103 mg/kg, 0.153±0.090 mg/kg, 0.095±0.051 mg/kg ve 0.101±0.097 mg/kg'dır. Mevsimsel değişimlerin sütün Cu içeriğini çok önemli derecede etkilediği, kış aylarındaki değerler yaz aylarına göre oldukça fazla bir seviyede olduğu saptanmıştır. Kış mevsiminde tüketilen yemlerde bakır düzeyinin daha yüksek olduğu ve kışın elde edilen sütlerin yaz sütlerine nazaran daha fazla bakır içerdiği bilinmektedir (11) Cu yönünden ilçeler arası farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Süt örneklerinin Cu miktarlarındaki bölgesel farklılıklar incelendiğinde; Cu miktarının en fazla Erzurum merkezde olduğu belirlenmiştir. Bu durum sanayi kuruluşları ve otoyolların bu bölgede daha yoğun olmasından kaynaklanmış olabilir. Araştırmada elde edilen Cu değeri, Tripathi ve ark. (12) ve Rodriguez ve ark. (13)'nin tespit ettiği Cu değerlerine yakın, Gültekin (14)'nin Bursa ili ve çevresinde 3 farklı bölgede (trafik yoğunluklu bölge, sanayi bölgesi ve kırsal alan) tespit ettiği (0.58, 0.96, 0.39 mg/kg) değerlerden düşüktür. Bölgede sütçülükte artık bakır kaplar yerine genellikle paslanmaz çelik kapların kullanılıyor olması düşük Cu miktarının sebeplerinden birisidir.

Erzurum ve yöresinden alınan inek sütlerindeki Fe ortalaması 0.640 ± 3.450 mg/kg'dır. Yaz ve kış mevsiminde hayvan beslemede kullanılan yem türünün sütün metal içeriğine etki ettiği belirtilmiştir. Özellikle Pb, Fe, Cu ve Zn düzeyinin kışlık yemlerde daha yüksek olduğu dolayısıyla bu artışın kış sütlerine de yansdığı bildirilmiştir (15). Araştırmada belirlenen Fe değeri; birçok araştırmacının (14,16-18) tespit ettiği değerlerden düşük, Lante ve ark. (19) ve Lindmark-Mansson ve ark. (20)'in bildirdiği miktarlardan fazladır. Araştırmada beyaz peynirde tespit edilen ortalama Fe değeri 0.751 ± 0.306 mg/kg'dır. Elde edilen bu Fe değeri birçok araştırmacının (18,21-24) bildirdikleri Fe değerlerinden düşüktür. Bu durum Erzurum bölgesinde trafik yoğunluğunun ve sanayinin diğer birçok bölgeye göre daha düşük düzeylerde olmasıyla alakalı olabilir. Araştırmada yoğurttaki ortalama Fe değeri 0.297 ± 0.176 mg/kg bulunmuştur. Bu değer Güler (17), Musaiger ve ark. (25) ve Sanchez-Segarra ve ark. (26)'nın yoğutta tespit ettikleri Fe değerlerinden düşüktür. Tereyağındaki ortalama Fe değeri 0.447 ± 0.353 mg/kg'dır. Bu miktar Szefer (27)'in tereyağında bulunduğu Fe değerinden düşüktür. Sütteki Fe ve Cu düzeyinin yüksek olması, süt yağının oksidasyonunu artırmakta ve ürünlerde tat ve aroma bozukluklarına neden olabilmektedir.

Erzurum ve yöresinden alınan inek sütü, beyaz peynir, yoğurt ve tereyağı Zn ortalaması sırasıyla 1.406 ± 0.751 mg/kg, 7.023 ± 2.798 mg/kg, 1.394 ± 0.636 mg/kg ve 0.461 ± 0.522 mg/kg'dır. Zn, DNA ve RNA sentezinde dolayısıyla protein sentezinde rol almakta ve özellikle hücre yenilenmesi, dokuların gelişmesi ve onarılmasında önemli bir yer tutmaktadır (15,28). Bu araştırmada elde edilen Zn değeri birçok araştırmacının (29-32) bildirdiği değerlerden daha düşüktür.

Erzurum ve yöresinden alınan inek sütü, beyaz peynir, yoğurt ve tereyağı Pb ortalaması

sırasıyla 0.031 ± 0.048 mg/kg, 0.035 ± 0.032 mg/kg, 0.020 ± 0.023 mg/kg ve 0.072 ± 0.075 mg/kg'dır. Bu sonuçlar sütlerde az da olsa Pb kirliliği olduğunu göstermektedir. Mevsimsel değişimlerin sütün Pb içeriğini çok önemli derecede etkilediği, kış aylarındaki (0.044 ± 0.060) değer yaz aylarına (0.014 ± 0.020) göre daha fazla olduğu görülmektedir. Bu araştırmada Mayıs ayında toprak ve bitki örneklerinde bulunan Pb seviyesinin düşük seviyelerde bulunduğu göz önüne alındığında, sütün yaz ayları ortalama değerinin düşük seviyelerde tespit edilmesi normaldir. Kış aylarında tespit edilen yüksek Pb miktarının sebebi olarak; Erzurum'da soba ve kaloriferlerin yanma sürelerinin uzun olması, kullanılan kömür miktarının fazla ve kalitesiz olması, kış mevsiminde Pb içeriğinin yüksek çıkmasına neden olarak söylenebilir. Diğer bir sebep de trafikten kaynaklanan kontaminasyonlardır. Zira çevredeki en önemli Pb kaynaklarından biri de benzine katılan tetraetil kurşun veya tetrametil kurşundur. Benzine katılan bu bileşikler yanma sonucu egzoz gazları ile havaya çeşitli kurşun bileşikleri halinde yayılırlar (33). Buradan da toprağa ve bitkiye aktarılan bu bileşikler, hem solunum hem de beslenme yoluyla vücuda alınmış olurlar (34). Ayrıca mevsimsel değişimin ve beslemede kullanılan yemin sütlerin Pb içeriklerine etki edeceği düşünülmektedir. Özellikle Pb, Fe, Cu ve Zn düzeylerinin kışlık yemlerde yüksek olduğu, dolayısıyla bu artışın kışlık sütlerde de gözlendiği bildirilmiştir (11). Pb yönünden ilçeler arası farklılıkta istatistiksel açıdan önemlidir. Süt örneklerinin Pb miktarlarındaki bölgesel değerleri incelendiğinde; Pb miktarının en fazla Erzurum merkezde (0.051 ± 0.072 mg/kg) olduğu görülmektedir. Erzurum merkez ve civarının, kışın kullanılan yakıtlar ve daha yoğun trafiği nedeniyle Pb miktarı bu bölgeden alınan örneklerde fazla çıkmıştır. Araştırmada elde edilen Pb değeri; birçok araştırmada (18,35-37) bildirilen

değerlerden fazla ve bazı araştırmacıların (24,38-40) tespit ettiği miktarlardan düşüktür. Rubio ve ark. (41) yaptıkları çalışmada 3 ile 7 yaşlarındaki inek sütlerindeki Pb değerini yaşa göre karşılaştırmışlardır. Sadece 7 yaşındaki hayvanların sütlerinde belirlenen Pb miktarı bu çalışmaya nazaran daha yüksek bulunmuştur. Bunun da Pb'nin kemiklerde birikmesinden ve yaşın ilerlemesiyle vücutta tutulma konsantrasyonunun artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Erzurum ve yöresinden alınan inek sütü, beyaz peynir, yoğurt ve tereyağı Ni ortalaması sırasıyla 0.034 ± 0.0273 mg/kg, değeri 0.032 ± 0.013 mg/kg, 0.011 ± 0.008 mg/kg ve 0.028 ± 0.030 mg/kg'dır. Araştırmada elde edilen Ni değeri birçok araştırmacının (31, 40, 42-44) elde ettiği değerden düşüktür.

Erzurum ve yöresinden alınan inek sütü, beyaz peynir, yoğurt ve tereyağı Mn ortalaması sırasıyla 0.022 ± 0.110 mg/kg, 0.035 ± 0.022 mg/kg, 0.010 ± 0.009 mg/kg ve 0.011 ± 0.010 mg/kg'dır. Araştırmada elde edilen Mn değeri diğer bazı çalışmalara (21, 27, 45, 46) nazaran daha düşüktür.

Sonuç olarak; Erzurum bölgesinde üretilen süt ve ürünlerinin mineral madde açısından bölgenin toprak ve bitki yapısı da dikkate alındığında iyi bir seviyede olduğu görülmüştür. Bölgenin toprak ve bitki yapısıyla uyumlu olarak süt ve ürünlerinin ağır metal kirlilik düzeyinin de alt seviyelerde olduğu ortaya konulmuştur. Süt sanayinde kullanılan alet ve ekipmanlar, metalik kontaminasyon açısından büyük önem taşımaktadır. Makine, ekipman ve diğer süt kapları uygun metallere üretilmelidir. Kullanılan metallerin sert olması, darbelerden kolayca zarar görmemesi, tuz, asit ve alkalilere karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Kolay temizlenebilir nitelikte olması süt sanayii için oldukça önemlidir. Paslanmaz çelik malzeme, süt sanayii için uygun materyal olarak bilinmektedir. Günümüzde gıda

maddeleri üretimi bölgesel ya da ulusal düzeyde yapılmasına karşılık, tüketimi uluslararası boyuta taşınmıştır. Bu durum ise gıda maddelerinin daha sağlıklı ve güvenilir bir şekilde üretilmesinin, işlenmesinin, tüketime sunulmasının ve kontrolünün önemini artırmaktadır. Vücuda alınan metalik unsurların taşıdığı riskler göz önüne alındığında, bu olumsuz faktörlerin minimum düzeye indirilebilmesi için süt ve ürünlerinin üretimi sırasında uygulanan tüm teknolojik işlemlerin tekniğine göre yapılması; tüketime sunuluncaya kadar uygun koşullarda ve ambalajlarda saklanması gerekmektedir. Gıda maddelerindeki kontaminasyon kaynağı hakkında bilgi edinmek ve oluş şeklini belirlemek için üretim prosesinde kontrolün kaçınılmaz olduğu ve ancak bu yolla hedeflenen ürün kalitesine ulaşılabileceği asla gözardı edilmemeli, süt ve ürünlerinin gıda maddeleri içerisinde üretimden tüketimine kadar olan tüm safhalarında kontaminasyona açık olduğu unutulmamalıdır. Süt ve ürünlerinin ağır metallere kontaminasyonu halk sağlığı açısından çok önemlidir. Süt ürünleri sıklıkla tüketilmesi nedeniyle, ağır metal içermesi durumunda, çeşitli hastalıkların ve lezyonların yaygınlığının nedeni olabilir. Besin zincirine ve dolayısıyla süte de kontamine olan ağır metallere özellikle endüstri ve tarımdan kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Ağır metallere insanların olumsuz etkilerinden kaçınmak ve süt ve ürünlerinin kalitesini artırmak için süt üretilen alanlarda çevre kirliliğinin önlenmesi önemlidir. Meralar ve tarım alanları endüstri ve sanayi alanlarından uzak olmalıdır. Gıda ambalajı olarak kullanılan malzemeler, insan sağlığı açısından zararsız olmalıdır. Genel halk sağlığı açısından da çevre kirliliği hususunda etkin duyarlılığa ihtiyaç vardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

1. Şimşek O., Gültekin R., Öksüz O., Kurultay S., 2000. The effect of environmental pollution on the heavy metal content of raw milk. *Nahrung*, 44, 360-363.
2. Erdiñç BD., 1998. Bazı gıdalarımızda metalik kontaminant düzeylerinin belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Türkiye.
3. Metin M., 2001. Süt Teknolojisi. Sütün Bileşimi ve İşlenmesi. Ege Üniversitesi Basımevi, Yayın No, 33, İzmir.
4. Karaca A., Turgay O., Kızılkaya R., Haktanır K., 1996. Topraklara ağır metal ilavesinin bazı biyolojik olaylara etkisi. Tarım ve Çevre İlişkiler Sempozyumu, Mersin, 111-121.
5. TS 1992. TS 9923. Toprak kalitesi – Yüzeysel topraktan numune alma, numunelerin taşınma ve muhafaza kuralları. UDK 624.131.36.
6. TS 2006. TS10309. Toprak kalitesi – Partikül büyüklüğü analizi ve toprak sabitelerinin tayini için toprak numunelerinin hazırlanması – Islak hazırlama metodu. ICS 13.080.05;13.080.20.
7. Jorherm L., 1993. Determination of metals in food stuffs by using atomic absorption spectrophotometry after dry ashing. NMKLI interlaboratory study of lead, cadmium, zinc, copper, iron, chromium and nickel. *J AOAC Int*, 76,798-813.
8. Lindsay WL., Norwell WA., 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper, *Soil Sci Soc Am J*, 421-423.
9. TS 2004. TS ISO 14870. Toprak kalitesi – Tamponlanmış DTPA çözeltisi yardımıyla eser elementlerin özütlenmesi, ICS 13.080.10.
10. Brohi AR., Aydeniz A., Karaman MR., Erşahin S., 1994. Bitki Besleme. GOP Üniversitesi Ziraat Fak. Yay.4, Tokat.
11. Coni E., Bocca A., Lanni D., Caroli S., 1995. Preliminary evaluation of the factors influencing the trace element contents of milk and dairy products. *Food Chemistry*, 52,123-130.
12. Tripathi RM., Raghuanth R., Sastry VN., Krishnamoorthy TM., 1999. Daily intake of heavy metals by infants through milk and milk products. *Sci Total Environ*, 227, 229-235.
13. Rodriguez EMR., Alaejos MS., Romero CD., 2001. Mineral concentrations in cow's milk from the Canary Island. *J Food Comp and Analysis*. 14, 419-430.
14. Gültekin R., 1998. Bursa ili çevresinde alınan çiğ süt örneklerinde bazı mineral madde ve ağır metallerin tespiti üzerine bir araştırma. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Türkiye.
15. IDF 1992. Trace Elements In Milk And Milk Products. *Int Dairy Fed Bul No*,278.
16. Garcia MIH., Puerto PP., Baquero MF., Rodriguez ER., Martin JD., Romero CD., 2006. Mineral and trace element concentrations of dairy products from goats' milk produced in Tenerife (Canary Island). *Int Dairy J*, 16, 182-185.
17. Güler Z., 2007. Levels of 24 minerals in local goat milk, its strained yoghurt and salted yoghurt (tuzlu yoğurt). *Small Ruminant Res*, 71, 130-137.
18. Laçın A., 2005. Kahramanmaraş bölgesinde keçi sütünde eser element analizi. Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Türkiye.
19. Lante A., Lomolino G., Cagnin M., Spettoli P., 2006. Content and characterisation of minerals in milk and in Crescenza and Squacquerone Italian fresh cheeses by ICP-OES. *Food Cont*, 17, 229-233.
20. Lindmark-Mansson H., Fonden R., Petterson HE., 2003. Composition of Swedish dairy milk. *Int Dairy J*, 13, 409-425.

21. Cichoscki AJ., Valduga E., Valduga AT., Tornadizo ME., Fresno JM., 2002. Characterization of Prato cheese, a Brazilian semi-hard cow variety: evolution of physico-chemical parameters and mineral composition during ripening. *Food Control*, 13, 329-336.
22. Durmaz H., Tarakçı Z., Sagun E., Sancak H., 2006. Effect Ripening Time on Mineral Contents of Herby Cheese. *J Anim Vet Advances*, 5, 1050-1052.
23. Kira CS., Maihara VA., 2007. Determination of major and minor elements in dairy products through inductively coupled plasma optical emission spectrometry after wet partial and neutron activation analysis. *Food Chem*, 100, 390-395.
24. Mendil D., 2006. Mineral and trace metal levels in some cheese collected from Turkey. *Food Chem*, 96, 532-537.
25. Musaiger AO., Al-Saad JA., Al-Hooti DS., Khunji ZA., 1998. Chemical composition of fermented dairy products consumed in Bahrain. *Food Chem*, 61, 49-52.
26. Sanchez-Segarra PJ., Garcia-Martinez M., Gordillo-Otero MJ., Diaz-Valverde A., Amaro-lopez MA., Moreno-Rojas R., 2000. Influence of the addition of fruit on the mineral content of yoghurt: nutritional assessment. *Food Chem*, 70, 85-89.
27. Szefer P., Nriagu JO., 2007. *Mineral Components in Food*. CRC Press, London.
28. Berdanier CD., Dwver J., Feldman EB., 2008. *Handbook of Nutrition and Food*, Second Edition. CRC Pres, London.
29. De la Fuente MA., Montes F., Guerrero G., Juarez M., 2003. Total and soluble content of calcium, magnesium, phosphorus and zinc in yoghurts. *Food Chem*, 80, 573-578.
30. Özdemir C., Çelik Ş., Özdemir S., Bakırcı L., Dönmez B., 2000. Erzurum ve yöresinde üretilen inek sütlerinin mineral madde düzeyi ve ağır metal varlığı üzerinde bir araştırma. VI. Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu, Tekirdağ.
31. Özrenk E., 2002. Van ili ve ilçelerinde üretilen inek sütlerinin ağır metal kirlilik düzeyi ve bazı mineral madde içerikleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Türkiye.
32. Şenol AS., 2004. Sakarya bölgesinde kırsal ve kentsel bölgelerden toplanan sütlerde ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Türkiye.
33. Vural N., 1996. *Toksikoloji, Metalik Zehirler*. A.Ü. Eczacılık Fak Yay 3, Ankara.
34. Jaradat QM., Momani KA., 1998. Contamination of roadside soil, plants and air with heavy metals in Jordan, a comparative study. *Turk J Chem* 23, 209-220.
35. Algan G., Tekinşen OC., Gök V., 2003. Konya yöresi inek sütlerinde bazı ağır metal içeriklerinin saptanması. Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu, 22-23 Mayıs, 359-362, İzmir.
36. Licata P., Trombetta D., Cristani M., Giofre F., Martino D., Calo M., Naccari F., 2004. Levels of toxic and essential metals in samples of bovine milk from various dairy farms in Calabria, Italy. *Env Int*, 30, 1-6.
37. Tajkarimi M., Faghih MA., Poursoltani H., Nejad AS., Motallebi AA., Mahdavi H., 2008. Lead residue levels in raw milk from different regions of Iran. *Food Control*, 19, 495-498.
38. Anastasio BA., Caggiano R., Macchiato M., Paolo C., Ragosta M., Paino S., Cortesi ML., 2006. Heavy metal concentrations in dairy products from sheep milk collected in two regions of Southern Italy. *Acta Vet Scan*, 47, 69-74.
39. Ayar A., Sert D., Akın N., 2007. Konya'da tüketime sunulan süt ve ürünlerinin ağır metal

- içeriklerinin belirlenmesi. Selçuk Üni Vet Fak Derg 21, 58-64.
40. Vural A., Narin İ., Erkan ME., Soylak M., 2008. Trace metal levels and some chemical parameters in herby cheese collected from South eastern Anatolia-Turkey. Environ Monit Assess, 139, 27-33.
41. Rubio MR, Sigrist ME., Encinas T., Baroni EE., Coronel JE., Boggio JC., Beldomenico HR., 1998. Cadmium and lead levels in cow's milk from a milking region in Santa Fe Argentine. Bul Env Cont Toxicol, 60, 164-167.
42. Kılıçel F., Tarakçı Z., Sancak H., Durmaz H., 2004. Otlulorların mineral madde ve ağır metal içerikleri. YYÜ Zir Fak Tarım Bil Derg, 14, 41-45.
43. Sağun E., Tarakçı Z., Sancak H., Durmaz H., 2005. Salamura otlulor peynirde olgunlaşma süresince mineral madde değişimi. YYÜ Vet Fak Derg, 16, 21-25.
44. Tarakçı Z., Küçüköner E., 2006. Comparison of basic nutrients, mineral and heavy metal content of herby dairy products. Int J Food Sci and Tech, 1-4.
45. Martin-Hernandez C., Amigo L., Martin-Alvarez PJ., Juarez M., 1992. Differentiation of milks and cheeses according to species based on the mineral content. Z Lebensm Unters Forsch, 194, 541-544.
46. Martino FAR., Sanchez MLF., Sanz-Medel A., 2001. The potential of double ICP-MS for studying elemental distribution patterns in whole milk, skimmed milk and milk whey of different milks. Analytica Chim Acta, 442, 191-200.