



www.ziraat.selcuk.edu.tr/dergi



Selçuk Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Dergisi 21 (41): (2007) 58-64

KONYA'DA TÜKETİME SUNULAN SÜT VE ÜRÜNLERİNİN AĞIR METAL İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Ahmet AYAR¹

Durmuş SERT¹

Nihat AKIN¹

¹ Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye

ÖZET

İnsan beslenmesinde önemli rol oynayan süt ve ürünleri, bazı kontaminasyonlarla insan sağlığı için riskli duruma gelebilir. Bu risk oluşturan kontaminasyonlardan biri de ağır metallerdir. Bu çalışmada her birinden 8 örnek olmak üzere toplam 96 örnek analiz edilmiştir. 12 farklı süt ve süt ürünü örneğinin Al, As, Cd, Pb ve Se gibi ağır metal içerikleri ICP-AES cihazı ile tespit edilmiştir. Araştırma sonuçları gerek sütün gerekse süt ürünlerinin Pb miktarları bakımından insan sağlığı için önemli riskler oluşturabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Süt ve süt ürünleri, ağır metal, ICP-AES.

DETERMINING OF HEAVY METAL CONTENTS OF MILK AND MILK PRODUCTS CONSUMED IN KONYA

ABSTRACT

The milk and milk products playing an important role on human nutrition may be hazardous with respect to human health. One of these hazardous contaminants is also heavy metals. In the present study, 8 samples from each product and total 96 samples were analyzed. The ICP-AES instrument was used to determine the levels of heavy metals such as Al, As, Cd, Pb and Se of 12 different milk and milk products. It was concluded that milk and dairy products could be highly hazardous for human health in regard to Pb contents

Keywords: Milk and milk products, heavy metal, ICP-AES.

GİRİŞ

Artan endüstrileşmeyle paralel olarak mineral maddeler doğal kaynaklarından dünyanın her tarafına yayılmışlardır. Bunların pek çoğu teknolojik işlemlerle değişime uğramıştır. Bunun sonucu olarak karışımlar ve çözeltiler haline geçmişler, akıntı, kanalizasyon suyu, çöpler ve tozlar vasıtasıyla suya, toprağa, havaya buradan da gıdalara bulaşmışlardır. Bunlar ağır metal olarak tanımlanan mineralleri de içerir. Temel besinlerle birlikte bitkiler ve hayvanlar ağır metal bileşenlerini de alabilir ve bu metaller bitki ve hayvanlarda konsantre bir şekilde bulunabilirler. Pb, Cd, Hg ve As gibi belirli ağır metallerin spesifik limit değerler üzerinde potansiyel olarak toksik etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, insanlar için önemli bir potansiyel tehlike söz konusudur. Ağır metal olarak tanımlanan bu metallerin çok düşük konsantrasyonları hayatın devamı için esansiyeldir. Bunlar esansiyel iz elementler olarak tanımlanırlar. Ancak bunların yüksek konsantrasyonları toksik etkiye sahiptir. Burada esansiyel ile toksik değerler arasındaki sınırın iyi belirlenmesi büyük önem taşımaktadır (Anonymous 2003).

Artan çevre kirliliği nedeniyle ağır metallere maruz kalma ile ilgili çalışmalar daha gerekli bir hal almıştır. Ağır metaller insanın vücuduna solunum ve sindirim

yoluyla girmektedir. Sindirim yoluyla alım beslenme alışkanlıklarına bağlıdır. Pb ve Cd'un önemli toksik metaller olduğu ve çocukların bu metallere karşı yetişkinlerden daha duyarlı olduğu belirlenmiştir (Tripathi ve ark. 1999).

Sütteki ağır metallerin seviyesi genetik özellikler, çevre şartları, laktasyon aşaması ve rasyon çeşidi gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebilmektedir. Ağır metallerin süt ürünlerinde bulunması uygulanan üretim yöntemi ve teknolojilere de bağlıdır (Merdivan ve ark. 2004). Laktasyon periyodu esnasında ineklerden elde edilen süt ve süt ürünlerinin pek çoğu ağır metal kontaminasyonuna maruz kalabilmektedir. Bu ürünler insan beslenmesinde önemli yer tutmaktadır. Yapılan değişik araştırmalar süt ürünleri ile alınan ağır metallerin insan ve hayvanlarda ciddi sağlık sorununa neden olabileceğini göstermiştir. Bu nedenle son zamanlarda çıkarılan gıda kanunları ve tebliğlerde gıdalarda bulunabilecek ağır metal limit değerleri belirlenmiştir (Şimşek ve ark. 2000).

Türk gıda kodeksi gıda maddelerinde belirli bulaşanların maksimum seviyelerinin belirlenmesi hakkındaki tebliğe göre gıdalarda Al 15 mg/kg, As 0.1-1 mg/kg, Pb 0.02 (süt) ile 0.2 mg/kg (süt tozu) arasında, Cd 0.01 ile 1 mg/kg'dan daha fazla bulunmamalıdır. Se

hakkında ise bir sınırlama getirilmemiştir (Anonymous 2002). Bu araştırmanın amacı Türk toplumunun beslenmesinde çok önemli rol oynayan süt ve süt ürünlerindeki ağır metal kontaminasyonlarını belirlemektir. Bu sayede bu ürünlerin halk sağlığı yönünden bir risk oluşturup oluşturmadığı tespit edilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Örnek Toplama

Süt ve süt ürünü örnekleri Konya'da faaliyet gösteren değişik süt işletmelerinden ve diğer satıcı marketlerden temin edilmiştir. Aylık alınan örneklerin farklı bölgelerde üretilmiş olmasına dikkat edilmiştir. Süt ve süt ürünü örneklerinden 4 ay süreyle farklı olacak şekilde 2 şer örnek, her birinden 8 toplam 96 örnek alınmıştır. Satın alınan peynir ve çiğ süt örnekleri önceden iyice temizlenmiş polietilen torbalara konulmuştur. Her bir üründen ürünün tüm özelliklerini taşıyacak şekilde yaklaşık 100 g örnek alınmıştır. Yoğurt ve tereyağı örnekleri orijinal ambalajları ile birlikte satın alınmıştır.

Mineral Madde Analizi

Mineral madde miktarı belirlenirken 500 mg örnek krozeler içerisine tartılmış ve mikrodalga fırınında (MARS 5, Cem Corporation) 200°C, 170 psi'de 30 dakika süreyle yakılmıştır. Kül birkaç damla nitrik asitle (%65'lik) (Sigma, USA) çözündürülmüş ve deionize su ile 50 ml'ye seyreltilmiştir. Minerallerin konsantrasyonu ICP AES (VARIAN-CCD Simultaneous ICP-AES, Australia) otomatik örnekleme sistemi ile ölçülmüştür. ICP-AES uygulama şartları Tablo 1'de verilmiştir. Minerallerin test edilmesi için kullanılan dalga boyu Al, As, Cd, Pb, Se için sırasıyla 396.15, 188.98, 228.80, 220.35, 196.03 nm'dir (Anonymous 1998).

İstatistiksel Analiz

Süt ve ürünlerinde belirlenen ağır metallere ait veriler ANOVA testine tabi tutulmuş, örnekler ve ortalamalar arası farklılıkları tespit etmek için Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Costat 1990).

Tablo 1. ICP-AES uygulama şartları.

Uygulama şartları	
Güç	1400 W
Gaz çıkışı	13,5 L/min
Gaz akışı	1,5L/min
Nebulizer gaz	0,90 L/min
Örnek alım (aspirasyon) oranı	2,25 L/min
Ön akış (püskürtme) zamanı	45s
Okuma zamanı	3x24 s

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Mikro elementler son zamanlarda olağanüstü önem

kazanmıştır; çünkü onların varlığı üretim prosesi, çevresel kirlenme, sanitasyon şartları ve hayvan besleme gibi kalitatif parametreleri göstermekte ve bu süt özelliklerini ve sağlık yönünü etkileyebilmektedir. Al, Cd, Pb ve As gibi bazı elementler çevresel kirlenmeyle ilişkisi nedeniyle önemlidir; Al, Cd, Se gibi diğer elementler ise süt ve ürünlerinin işlenmesi ve üretiminde kullanılan alet ve materyalden serbest kalabilmesi nedeniyle önem arz eder. Al, Cd ve Pb kazein ile lipitlere bağlıdır ve asitliğin artışı pıhtıdan ayrılmalarına neden olur. Bu da kazein misellerinin demineralizasyonu olarak ifade edilir. Tuzlama işlemi de osmoz ile bu elementlerin kaybolmasına neden olur (Coni ve ark. 1996). Süt ve süt ürünlerinde belirlenen minerallerin miktarları Tablo 2, 3, 4 ve 5'de verilmiştir.

Aluminyum Miktarı

Tablo 2, 3, 4 ve 5'den de görüldüğü gibi Al miktarı süt ve süt ürünleri arasında önemli farklılıklar göstermiştir. Bu farklılıklar istatistiksel yönden önemli bulunmuştur (P<0.01). En yüksek Al miktarı ortalama olarak 8.78 mg/kg ile süzme yoğurtta en düşük ise 2.85 mg/kg ile dondurmada belirlenmiştir (Tablo 5). Bilindiği gibi süzme yoğurt üretiminde Türkiye'de henüz modern bir üretim tekniği geliştirilmemiştir. Yani üretim klasik yöntemlerle yapılmaktadır. Kullanılan malzemelerin de kalitesiz ve kontrolsüz olması nedeniyle önemli Al kontaminasyonları gerçekleşebilmektedir. Yine diğer yoğurt çeşitlerinde de Al konsantrasyonu yüksek bulunmuştur. Bunun da nedeni muhtemelen aynıdır. Dondurmada Al seviyesinin düşük çıkmasının üretimin fabrikasyon şartlarında gerçekleştirilmesinden ve üretimde Al içeren malzemelerin kullanılmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca dondurma üretiminde kullanılan diğer katkılarda Al miktarının çok düşük olması da etkili olmuştur. Yine süzme yoğurdun genel olarak İç Anadolu bölgesine has bir ürün olması ve bu bölge topraklarının özellikleri de Al miktarının yüksek çıkmasında etkili olmuş olabilir.

Peynir çeşitleri arasında en yüksek Al miktarı tulum peynirinde belirlenmiştir (Tablo 4). Tulum peynirleri de daha çok aile işletmeleri tarafından üretilmektedir. Üretim kontrolsüzdür. İşleme esnasında yoğurma işlemi Al malzemelerde gerçekleştirildiğinden peynire geçiş oranı artabilmektedir. Peynirler arasında en düşük Al miktarı lor peyniri ile beyaz peynirde belirlenmiştir. Bilindiği gibi beyaz peynir fabrikasyon şartlarında ve kontrollü bir şekilde üretilmektedir. Ayrıca beyaz peynirdeki kurumadde miktarının düşük olması ve peynirler için kullanılan ambalaj materyallerinin Al içermemesi konsantrasyonun düşük çıkmasında etkili olmuştur. Peynir çeşitleri arasında en önemli sapmayı tulum peyniri örnekleri göstermiştir. Bunun da nedeni değişik üretim teknikleri ile üretimde kullanılan farklı alet ve

ekipmanlardır. Lor peynirlerinde de önemli sapmalar görülmüştür. Bilindiği gibi lor peyniraltı suyundan elde edilmektedir. Bu nedenle de genellikle lorlardaki Al miktarları düşük çıkmaktadır. Ancak, lorun bazen mandıralarda ve aile işletmelerinde sütün kaynatılarak üretilmesi esnasında Al miktarları yüksek çıkabilmektedir. Süt ve süt ürünlerinde belirlenen Al miktarları Türk Gıda kodeksinde belirlenen maksimum sınırların altında bulunmuştur.

Gerek süt örnekleri gerekse diğer süt ürünü örnekleri Al miktarları bakımından kendi aralarında önemli farklılıklar göstermiştir (Tablo 2). Bu farklılıkların

Tablo 2. Süt, tereyağı, dondurma, süttozu ve PAST örneklerinde belirlenen bazı ağır metallerin miktarları (mg/kg).

	Al	As	Cd	Pb	Se
Süt	8.27±0.37a*	0.00±0.00b	0.019±0.002a	0.11±0.07a	0.23±0.05a
	8.92±0.16a	0.00±0.00b	0.030±0.001a	0.09±0.08a	0.00±0.00a
	5.65±0.07c	0.00±0.00b	0.020±0.004a	0.11±0.18a	0.35±0.08a
	6.88±0.25b	0.08±0.00a	0.002±0.00b	0.11±0.11a	0.35±0.07a
Tereyağı	8.66±0.23a	0.17±0.03a	0.021±0.001b	0.10±0.06b	0.00±0.00d
	6.95±0.07b	0.05±0.01b	0.003±0.00c	0.10±0.05b	0.74±0.05a
	8.34±0.48a	0.18±0.13a	0.038±0.005a	0.15±0.11a	0.42±0.02b
	6.59±0.13b	0.18±0.15a	0.000±0.000c	0.11±0.05ab	0.10±0.55c
Dondurma	2.22±0.17b	0.09±0.08b	0.041±0.004b	0.08±0.11b	0.00±0.00
	3.31±0.16a	0.00±0.00c	0.004±0.00c	0.05±0.11bc	0.00±0.00
	2.38±0.11b	0.17±0.06a	0.065±0.007a	0.18±0.08a	0.00±0.00
	3.48±0.11a	0.11±0.08b	0.005±0.00c	0.02±0.04c	0.00±0.00
Süttozu	3.12±0.17c	0.00±0.00c	0.042±0.002a	0.08±0.06a	0.00±0.00
	3.63±0.18bc	0.13±0.09ab	0.017±0.024a	0.07±0.08a	0.00±0.00
	6.48±0.12a	0.10±0.01b	0.001±0.00a	0.07±0.05a	0.00±0.00
	3.88±0.11b	0.15±0.09a	0.037±0.009a	0.00±0.00b	0.00±0.00
PAST**	9.29±0.41a	0.00±0.00b	0.00±0.00c	0.11±0.17a	0.00±0.00
	7.74±0.20b	0.03±0.06a	0.002±0.00c	0.03±0.03b	0.00±0.00
	5.12±0.17c	0.00±0.00b	0.009±0.00b	0.13±0.03a	0.00±0.00
	6.19±0.27c	0.01±0.01b	0.027±0.002a	0.07±0.04b	0.00±0.00

* Farklı harfler aynı tür örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir.

**Peyniraltı suyu tozu

Kurşun Miktarı

Kurşun gibi ağır metaller gıda maddelerine daha çok kirlenmiş hava, su ve topraktan bulaşmaktadır. Bu şekildeki kirlenmelere de sanayi bölgelerinde ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde rastlanmaktadır. Kurşun miktarı süt ve süt ürünleri arasında önemli farklılıklar göstermiştir. En yüksek kurşun miktarına kaşar (1.10 mg/kg) ve beyaz peynir (0.92 mg/kg) örneklerinde rastlanmıştır (Tablo 5). Pb'un kazein tarafından bağlanması nedeniyle Pb miktarı peynirlerde yüksek çıkmıştır. Ayrıca üretimde ve ambalajlamada kullanılan malzemeler de Pb miktarının artmasında etkili olmaktadır. En düşük Pb miktarı süttozu ve PAST'da belirlenmiştir.

Kurşun miktarı süte göre, peynir ve yoğurt çeşitleri ile tereyağında daha yüksek çıkmıştır. Peynirlerde belir-

nedeni örneklerin değişik zamanlarda değişik bölgelerden alınmış olması, farklı üretim tekniklerinin uygulanması, üretimde değişik alet ve ekipmanların kullanılması gösterilebilir.

İtalya'da sütte ve peynirde Al miktarı ortalama olarak 2.00 ve 3.00-5.00 mg/kg olarak belirlenmiştir (Lante ve ark.2006). Bu değerler süt ve peynirlerde belirlenmiş olduğumuz değerlerden daha düşüktür. Mendil (2006) beyaz peynirlerde Al miktarını 2.23 ile 11.82 mg/kg aralığında belirlenmiştir. Bulgularımız bu değerlerden daha düşüktür.

lenen Pb miktarları süt ve diğer süt ürünlerine göre önemli oranda daha yüksek bulunmuştur (P<0.01). Peynir örnekleri hariç diğer süt ve süt ürünleri arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık olmadığı görülmüştür. Burada kazeinin ve tereyağının Pb bağlayıcı etkisinden bahsedilebilir. Kurşun miktarı aynı ürünler içerisinde de farklılıklar göstermiştir. Ancak, bu farklılıklar Al kadar önemli değildir.

İtalya'da yapılan bir çalışmada sütte ve peynirde Pb ortalama 0.00 ve 0.60 mg/kg olarak belirlenmiştir (Lante ve ark.2006). Hırvatistan'da 15 çiftlik sütünde Pb miktarı 0.019-0.057 mg/l arasında bulunmuştur (Paclovic ve ark. 2004). Çek Cumhuriyetinde iki farklı çiftlikten nisan-temmuz ayları arasında alınan keçi sütü örneklerinde Pb miktarı 0.020 ile 0.004 mg/kg arasında değişmiştir (Hejtmankova ve ark 2002). Romanya'da değişik bölgelerden alınan peynir örneklerinde Pb mik-

tarı 0.03 ile 0.24 mg/kg arasında değişmiştir (Hura 2002). Türkiye’de peynir üzerine yapılan bir araştırmada Pb miktarı 0.14 (Çeçil Peyniri) ile 1.20 mg/kg (Çömlek peyniri) aralığında belirlenmiştir (Mendil 2006). Türkiye’de farklı bölgelerden alınan 75 süt örneğinde Pb 0.018 ile 0.049 mg/kg arasında bulunmuştur (Şimşek ve ark. 2000). Yaklaşık 75 süt örneğinde kurşun miktarı ise 0.017 ile 0.034 mg/L arasında değişmiştir (Tripathi ve ark. 1999). Analiz edilen örnekler tolere edilebilir seviyenin altında bulunmuştur. Yugoslavya’da sütlerin Pb miktarı 0.00 ile 0.02 mg/kg aralığında belirlenmiştir. 1996’da süt örneklerinin % 26’sı,

1997’de % 39.6’sı maksimum kabul edilebilir seviyenin üzerinde Pb içermiştir. Toprakta meydana gelen Pb artışının yemlerde ve sütlerde de artışa neden olduğu belirlenmiştir (Vidovic ve ark 2005). Ca, Mg ve Fe gibi elementlerin eksikliğinde Pb asit ortamlarda daha yoğun bir şekilde absorbe edilir. Analiz ettiğimiz süt örneklerinin tamamı Türk Gıda Kodeksinde belirtilen limit değer (0.02 mg/kg) üzerinde Pb içermiştir. Süt tozları için kodekste belirtilen değer 0.2 mg/kg olup analiz edilen örneklerde tespit edilen miktarlar bu sınırın altındadır.

Tablo 3. Normal yoğurt, süzme yoğurt ve ayran örneklerinde belirlenen bazı ağır metallerin miktarları (mg/kg).

	Al	As	Cd	Pb	Se
Normal yoğurt	5.22±0.03b*	0.15±0.12b	0.033±0.00a	0.06±0.08c	0.00±0.00
	8.06±0.08a	0.14±0.08b	0.003±0.00b	0.14±0.04a	0.00±0.00
	7.90±0.14a	0.08±0.07c	0.000±0.00b	0.09±0.04b	0.00±0.00
	3.52±0.03c	0.22±0.09a	0.000±0.00b	0.08±0.05bc	0.00±0.00
Süzme yoğurt	9.34±0.48b	0.08±0.04bc	0.031±0.00b	0.15±0.05a	0.00±0.00b
	8.35±0.28b	0.20±0.04a	0.005±0.00c	0.12±0.12a	0.00±0.00b
	11.19±0.27a	0.01±0.01d	0.043±0.004a	0.12±0.04a	0.00±0.00b
	6.23±0.33c	0.11±0.08b	0.000±0.00c	0.14±0.07a	0.33±0.04a
Ayran	6.73±0.04c	0.19±0.11a	0.036±0.00b	0.10±0.04c	0.00±0.00
	7.33±0.04c	0.14±0.07bc	0.035±0.00b	0.11±0.05c	0.00±0.00
	9.17±0.24b	0.10±0.04c	0.075±0.01a	0.15±0.09b	0.00±0.00
	10.62±0.28a	0.15±0.12ab	0.014±0.00c	0.19±0.04a	0.00±0.00

* Farklı harfler aynı tür örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Tablo 4. Beyaz peynir, kaşar, tulum ve lor peyniri örneklerinde belirlenen bazı ağır metallerin miktarları (mg/kg).

	Al	As	Cd	Pb	Se
Beyaz	2.61±0.16b	0.01±0.00b	0.004±0.00b	0.60±0.00bc	0.00±0.00c
	3.66±0.08a	0.01±0.02b	0.038±0.005a	2.20±0.02a	0.00±0.00c
	2.88±0.11b	0.08±0.12a	0.000±0.00b	0.00±0.00c	0.09±0.03b
	4.10±0.14a	0.03±0.06b	0.006±0.00b	0.90±0.00b	0.55±0.07a
Kaşar	4.71±0.16b	0.01±0.00b	0.038±0.005ab	2.50±0.05a	0.78±0.00a
	8.21±0.30a	0.00±0.00b	0.022±0.002b	0.90±0.00b	0.00±0.00c
	4.80±0.14b	0.00±0.00b	0.058±0.007a	0.10±0.00b	0.00±0.00c
	5.45±0.18b	0.07±0.13a	0.000±0.00c	0.90±0.00b	0.33±0.00b
Tulum	5.04±0.06c	0.00±0.00b	0.004±0.00b	0.00±0.00b	0.54±0.05b
	9.34±0.19b	0.00±0.00b	0.094±0.005a	0.00±0.00b	0.26±0.05b
	12.67±0.24a	0.03±0.06a	0.106±0.008a	0.00±0.00b	0.46±0.08b
	5.45±0.14c	0.00±0.00b	0.000±0.00b	2.50±0.04a	0.48±0.07a
Lor	2.22±0.17c	0.10±0.08a	0.000±0.00c	0.00±0.00a	0.00±0.00
	2.73±0.11c	0.08±0.11a	0.010±0.002b	0.30±0.00a	0.00±0.00
	7.76±0.08a	0.09±0.04a	0.082±0.002a	0.00±0.00a	0.00±0.00
	4.36±0.08b	0.00±0.00b	0.000±0.00c	1.50±0.00b	0.00±0.00

* Farklı harfler aynı tür örnekler arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Literatür çalışmalarından da anlaşılacağı gibi değişik faktörlere bağlı olarak süt ve peynirlerde belirlenen Pb miktarları önemli farklılıklar göstermiştir (0.00 ile 18.20 mg/kg aralığında). Süt ve ürünlerinde belirlenmiş olduğumuz Pb değeri bu sınırlar içerisinde belirlenmiş olup, genel olarak ortalama literatür değerlerinin altında

kalmıştır.

Kadmium Miktarı

Cd topraklarda düşük konsantrasyonlarda bulunur. Özellikle ağır endüstri bölgelerinin çevresinden hava ve su vasıtasıyla uzaklardaki toprak ve denizlere taşınır.

Cd bugün modern çağın en ciddi kontaminanı olarak kabul edilir. En sık enzim inhibisyonu ile böbrek hasarlarına ve metabolik anormalliklere neden olur (Hura 2002).

Kadmiyum miktarı süt ve süt ürünlerinde 0.000 ile 0.106 mg/kg (tulum peyniri) arasında değişmiştir. Bir ayran ve bir tulum peyniri örneğinde yüksek çıkan Cd miktarı bu ürünlerde ortalama değerinde de yüksek çıkmasına neden olmuştur. Bu nedenle en yüksek Cd miktarı ortalama olarak tulum peyniri örneklerinde belirlenmiştir. Bazı tulum peynirlerinin tamamen kontrolsüz üretilmesi ve açıkta bekletilmesi, yani ambalajsız satışa sunulması nedeniyle Cd miktarı yüksek çıkabilmektedir. Ayranların da yüksek değeri kontrolsüz üretimden, üretimde kullanılan suyun kontamine olmuş olmasından ileri gelebilir. Cd miktarı çiğ sütte ortalama olarak 0.017 mg/kg olarak belirlenmiştir. Kadmiyum tereyağı, PAST ve normal yoğurttan çiğ süttten daha düşük bulunmuştur. En düşük ortalama değer ise PAST'da belirlenmiştir. Bu da Cd'un PAS'na daha az geçtiğini göstermektedir. Bir de kontrollü üretimden dolayı PAS'na sonradan kontaminasyon pek mümkün değildir. Gerek süt gerekse süt ürünleri arasında Cd değeri önemli farklılıklar göstermiştir ($P<0.01$). En büyük sapma tulum peyniri örnekleri arasında görülmüştür (Tablo 4). Elde edilen değerler kodekste belirtilen limit değerlerin altında kalmıştır. Yani süt ve ürünleri Cd miktarı yönünden kodekse uygun bulunmuştur.

Yapılan bir çalışmada 5 adet süt örneğinde Cd belirlenmemiş, 2 peynir örneğinin 1'inde 0.20 mg/kg Cd

Tablo 5. Süt ve ürünlerinde belirlenen bazı ağır metallerin ortalama miktarları (mg/kg).

	Al	As	Cd	Pb	Se
Süt	7.42± 1.36d*	0.020±0.037f	0.017±0.010 d-f	0.103 ±0.14d	0.232±0.124 d
Tereyağı	7.63 ±0.96d	0.146±0.590a	0.015± 0.016efg	0.116±0.21d	0.315±0.356 b
Dondurma	2.84± 0.60j	0.090±0.665 b	0.028±0.027 c	0.082±0.62d	0.00±0.00f
Süttozu	4.27± 1.39h	0.095±0.620b	0.024± 0.020cd	0.054±0.33d	0.00±0.00f
PAST	7.08± 1.69e	0.010± 0.128f	0.009±0.011 g	0.083±0.41d	0.00±0.00f
Normal Yoğurt	6.17± 2.03f	0.145 ±0.526a	0.009± 0.014g	0.093±0.34d	0.00±0.00f
Süzme yoğurt	8.77± 1.93a	0.099± 0.745b	0.019±0.018de	0.133±0.15d	0.082±0.153f
Ayran	8.46± 1.64b	0.144±0.715a	0.039±0.023 b	0.136 ±0.40d	0.00±0.00f
Beyaz peynir	3.31± 0.64i	0.032±0.313d	0.012±0.016 fg	0.920±0.08b	0.159±0.00 e
Kaşar peyniri	5.79± 1.53g	0.021±0.307e	0.029±0.023 c	1.100 ±0.09a	0.276±0.00 c
Tulum peyniri	8.12± 3.33c	0.070±0.131f	0.051±0.052 a	0.610±0.11c	0.434± 0.751a
Lor peyniri	4.26± 2.31h	0.067±0.424c	0.023±0.036 cd	0.450±0.06c	0.00±0.00f

*Farklı harfler süt ve ürünlerinin ortalama değerleri arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermektedir ($P<0.01$).

Selenyum Miktarı

Se çok önemli bir mikroelement olup, beslenme ile ilgili elde edilen son bilgilerin ışığında önemli bir antioksidan olduğu belirtilmektedir (Hejtmankova ve ark. 2002). Se 0.434 mg/kg ortalama değeri ile en yüksek tulum peyniri örneklerinde belirlenmiştir. 0.315 mg/kg

belirlenmiştir (Anonymous 2003). Lante ve ark.(2006) İtalya'da yaptıkları bir çalışmada peynir sütünde ve peynirlerde Cd belirleyememişlerdir. Hırvatistan'da 15 çiftlik sütünde Cd miktarı 0.003-0.006 mg/L arasında değişmiştir (Paclovic ve ark. 2004). Çek Cumhuriyetinde iki farklı çiftlikten nisan-temmuz ayları arasında alınan keçi sütü örneklerinde Cd miktarı 0.001 ile 0.003 mg/kg arasında bulunmuştur (Hejtmankova ve ark 2002). Romanya'da değişik bölgelerden alınan peynir örneklerinde ise Cd miktarı 0.003 ile 0.24 mg/kg olarak belirlenmiştir (Hura 2002). Otlulorların mineral içeriği üzerine araştırma yapan Kılıçel ve ark. (2004) Cd değerini ortalama 0.20 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Tripathi ve ark. (1999) analiz ettiği yaklaşık 75 süt örneğinde Cd değerini oldukça düşük konsantrasyonlarda bulmuşlardır (0.00007-0.00010 mg/L). Yugoslavya'da analiz edilen süt örneklerinde belirlenen Cd konsantrasyonu 0.001 ile 0.016 mg/L arasında belirlenmiştir. Analiz edilen süt örneklerinin 1996'da % 32.3'ü, 1997'de ise % 26'sı müsaade edilen değerlerin üzerinde Cd içermiştir. Toprakta meydana gelen % 30'luk Cd azalması yemlerde % 17, sütlerde ise % 13 Cd azalması sağlamıştır. Bu durum sütteki Cd konsantrasyonunun sadece toprak ve yemden kaynaklanmadığını göstermiştir (Vidovic ve ark. 2005).

Değişik araştırmacıların sonuçlarından da anlaşılacağı gibi süt ve peynirlerde belirlenen Cd miktarları önemli farklılıklar göstermiştir. Çalışmamızda süt ve ürünlerinin Cd değerlerinde benzer farklılıklar görülmüştür.

ile tereyağı örnekleri tulum peyniri örneklerini takip etmiştir. Se miktarları da süt ve ürünleri arasında önemli farklılıklar göstermiştir. Dondurma, süttozu, PAST ve yoğurt örneklerinde Se tespit limitlerinin altında bulunmuştur.

Yapılan bir çalışmada Se'un süte göre daha yüksek miktarları yarı sert peynirlerde belirlenmiştir. Bu-

nun da nedeni olarak Se'un kazein ağında tutulması gösterilmiştir. Bu çalışmada Se miktarı sütte 0.013 mg/kg, peyniraltı suyunda 0.005, taze peynirde 0.073 ve yarı sert peynirde 0.152 mg/kg olarak belirlenmiştir (Garcia ve ark. 2006). İtalyan süt ürünleri üzerine yapılan bir araştırmada Se miktarı 0.11 (yoğurt) ile 1.10 (Groviere peyniri) mg/kg arasında bulunmuştur. İtalya'da yapılan bir diğer araştırmada Se sütte ve peynirde ortalama olarak 0.04 ve 0.21-0.26 mg/kg olarak belirlenmiştir (Lante ve ark. 2006). Tulum peynirlerinde belirlenmiş olduğumuz ortalama değer diğer çalışmalarda belirlenen değerlerden daha yüksektir. Ancak, bu değer tolere edilebilir seviyelerde bulunmaktadır.

Arsenik Miktarı

Süt ve ürünlerinde belirlenen As miktarları da önemli farklılıklar göstermiştir (Tablo 2). As miktarı 0.146 mg/kg ile en yüksek tereyağında belirlenmiştir. Onu 0.145 ile normal yoğurt izlemiştir. Yoğurt örneklerinin birinde As değerinin çok yüksek çıkması ortalama değeri yükseltmiştir. En düşük As miktarı 0.010 mg/kg ile PAST'da bulunmuştur. Yapılan analizlerde sadece 1 süt örneğinde As belirlenmiştir. Süte göre diğer süt ürünlerinde As miktarının yüksek olması sonradan kontaminasyonu göstermektedir. As miktarı genellikle peynir çeşitlerinde düşük konsantrasyonlarda bulunmuştur. Gerek süt ile süt ürünleri arasında gerekse süt ve ürünleri kendi aralarında As miktarı bakımından önemli farklılıklar göstermiştir ($P < 0.01$). Türkiye'de farklı bölgelerden alınan 75 süt örneğinde As miktarı 0.0002-0.05 mg/kg arasında değişmiştir (Şimşek ve ark. 2000). Süt ve ürünlerinde tespit ettiğimiz As miktarları bu araştırma bulgularından daha yüksektir. Süt ve ürünlerinde tespit edilen As miktarları kodekste belirtilen sınır değerlerin altında kalmıştır.

SONUÇ

Sonuç olarak, süt ve süt ürünlerinde değişik konsantrasyonlarda Al, As, Cd, Pb ve Se belirlenmiştir. Süt ve ürünleri arasında bu değerler önemli farklılıklar göstermiştir. Buna rağmen Pb değerleri hariç diğer ağır metallerin konsantrasyonları Türk Gıda Kodeksine uygun bulunmuştur. Süt ve süt ürünlerinin tüketimi ile bu metallerin tolere edilebilir seviyeleri aşılmamaktadır. Yani bu metallerin süt ve ürünlerinde bulunan miktarları sağlık yönünden ciddi bir problem oluşturmamaktadır. Süt örneklerinin tamamında ve süt ürünlerinin bir kısmında tespit edilen Pb değerleri kodekste belirtilen sınır değerinin üzerindedir. Bu metal dikkate alındığında süt ve süt ürünleri tüketim yönünden risk oluşturmaktadır. Gerek Pb gerekse geniş değerler gösteren diğer metallerin süt ve ürünlerindeki konsantrasyonunun aşağıya çekilebilmesi için daha bilinçli ve daha kontrollü bir şekilde üretim işlemi gerçekleştirilmelidir. Bu konuda gerek çiftçi gerekse işletmecilerin bilgilendirilmesi bir zorunluluktur.

Bilgilendirmenin yanında etkin bir kontrol mekanizmasının devlet tarafından uygulamaya konulması da bu metallerin kontaminasyonunun engellenmesinde önemli rol oynayacaktır.

KAYNAKLAR

- Anonymous. 1998. Mineral Madde Tayini. CEM Corporation, 3100 Smith Form Road Matthews, NC.
- Anonymous. 2002. Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara
- Anonymous. 2003. Heavy metals and pesticides residue in the foodstuff. Auroville Innovative Urban Management IND-015. Annexes, Final Report.
- Coni, E., Bocca, A., Coppolelli, P., Caroli, S., Cavallucci, C., Trabalza and Marinucci, M. 1996. Minor and trace element content in sheep and goat milk and dairy products. Food Chem. 57, 253-260
- Costat. 1990. Costat reference Manual (Version 2.1). Copyright CoHort Software. P.O.Box. 1149, Berkeley, CA, 94701, USA.
- Garcia, M.I.H., Puerto, P.P., Baquero, M.F., Rodriguez, E.R., Martin, J.D. ve Romero, C.D. 2006. Mineral and trace element concentrations of dairy products from goats' milk produced in tenerife (Canary Islands). Int. Dairy Journal 16, 182-185.
- Hejtmankova, A., Kucerova, J., Miholova, D., Kolihovala, D. and M. Orsak. 2002. Levels of selected macro- and microelements in goat milk from farms in the Czech Republic. Czech J. Anim. Sci., 47 (6): 253-260
- Hura, C. 2002. Chemical contaminants in Romania, Ed. CERMI, Iasi, Romania .
- Kılıçel, F., Tarakçı, Z., Sancak, H. Ve Durmaz, H. 2004. Otluların Mineral Madde ve Ağır Metal İçerikleri . Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.), 14(1): 41-45
- Lante, A., Lomolino, G., Cagnin, M. ve Spettoli, P. 2006. Content and characterisation of minerals in milk and in Crescenza and Squacquerone Italian fresh cheeses by ICP-OES. Food Control 17, 229-233.
- Mendil, D. 2006. Mineral and trace metal levels in some cheese collected from Turkey. Food Chemistry 96, 532-537.
- Merdivan, M., Yılmaz, E., Hamamci, C., & Aygun, R. S. 2004. Basic nutrients and element contents of

- white cheese of Diyarbakır in Turkey. Food Chemistry, 87, 163–171.
- Paclovic, I., Sikiric, M., Havranek, J., Plavljanic, L.N. and N. Brajenovic 2004. Lead and cadmium levels in raw cow's milk from an industrialised Croatian region determined by electrothermal atomic absorption spectrometry. Czech J. Anim. Sci., 49(4): 164–168
- Şimşek, O., Gültekin, R., Öksüz, O. ve Kurultay, S. 2000. The effect of environmental pollution on the heavy metal content of raw milk. Nahrung, 44, 360-363.
- Tripathi, R.M. Raghunath, R. Sastry, V.N. Krishnamoorthy T.M. 1999. Daily intake of heavy metals by infants through milk and milk products. The Science of the Total Environment 227, 229-235
- Vidovic, M., Sadibasic, A., Cupic, S. and Lausevic, M. 2005. Cd and Zn in atmospheric deposit, soil, wheat, and milk. Environmental Research, 97, 1, 26-31.