

Ankara'da Tüketime Sunulan Süt ve Beyaz Peynirlerde Ağır Metal Kontaminasyonu*

Hafize TEMURCİ (USTA)¹ Ahmet GÜNER^{2*}

¹ Akdoğan İlköğretim Okulu Akdoğan Köyü Kızılcahamam / Ankara

² Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Kampus / Konya
*e-posta: aguner@selcuk.edu.tr

Özet: Araştırmada, Ankara İli Kazan, Çubuk, Kızılcahamam ve Yenimahalle ilçelerinden toplanan 36 adet süt ve 40 adet beyaz peynir numunesi ağır metal kontaminasyonu yönünden incelendi. Örneklerin ağır metal kontaminasyonu, Mars-5 mikrodalga kapalı sistem yaş yakma yöntemiyle yakıldıktan sonra VARIAN-CCD Simultaneous ICP-AES cihazıyla belirlendi.

Araştırmada süt numunelerinde ortalama alüminyum, kadmiyum, krom, bakır, demir ve nikel miktarları sırasıyla 6, 0.114, 1.016, 4.300, 52.149 ve 2.754mg/l, peynir numunelerinde ise 23.276, 0.073, 2.597, 5.338, 62.567, 2.371mg/kg düzeylerinde tespit edildi. İncelenen süt ve peynir numunelerinde kurşun varlığına rastlanmadı. Peynir numunelerinin alüminyum, krom, bakır ve demir miktarları süt numunelerinden daha yüksek bulundu.

Kazan ilçesinin süt numunelerinde 4 metal, peynir numunelerinde ise 3 metal bakımından en yüksek olduğu, bunu Yenimahalle ilçesinin izlediği, Kızılcahamam ilçesinin ise ağır metal içerikleri bakımından en düşük olduğu tespit edildi.

Metal kapta muhafaza edilen süt numunelerinde bakır miktarı, peynir numunelerinde ise alüminyum miktarının fazla olduğu, otoyol varlığının süt ve peynir numunelerinin ağır metallerle kontaminasyonuna herhangi bir olumsuz etkisi olmadığı tespit edildi. Sanayi bölgesine yakın yerlerde üretilen süt numunelerinin demir, peynir numunelerinin ise bakır miktarları yüksek bulundu.

Sonuç olarak, süt ve ürünlerinin üretiminde kullanılan standarda uygun olmayan alet ve ekipmanlar ile üretim yerlerine yakın sanayi kuruluşları varlığının; süt ve peynir numunelerinin ağır metal bulaşmalarına maruz kalmasında önem arz ettiği kanısına varıldı.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Süt, Peynir, Sekunder kontaminasyon

Heavy Metal Contamination in Milk and White Pickled Cheeses Consumed in Ankara

Summary: In this research, forty white pickled chesee samples and thirtysix milk samples obtained from Kazan, Cubuk, Kızılcahamam and Yenimahalle districts in Ankara were investigated for heavy metal contamination. Heavy metal level of samples were determined using with wet ashing in Mars-5 Microwave and then VARIAN-CCD Simultaneous ICP-AES.

Contamination level of aluminium, cadmium, chromium, copper, iron and nickel were found respectively 6, 0.114, 1.016, 4.300, 52.149 and 2.754mg/l form milk samples, 23.276, 0.073, 2.597, 5.338, 62.567 and 2.371 for chesee samples. Lead contamination was not found in milk and cheese samples. Aluminium, chromium, copper and iron contents of cheese samples were higher than milk samples.

It was determined that Kazan district have the highest levels in four metals for milk samples, in three metals for cheese samples. Yenimahalle was the second district that heavy metal contents was highest than two others. Kızılcahamam was the lowest in metal contents of the samples. Using of metal equipments caused higher iron content in milk samples and aluminium content in cheese samples. No negative effects of existence of motorway on heavy metal contents of milk and cheese samples was determined. But, iron content of milk samples and copper content of cheese samples produced in industry district was higher than samples produced in pastoral district.

In conclusion, it is thought that production of milk and cheese with using standart equipment and in the environments free form industry is important to prevent heavy metal contamination to milk and cheese.

Key Words: Heavy metals, Milk, Cheese, Secunder contamination

*Birinci yazarın aynı isimli Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir

GİRİŞ

Çevresel kirliliğin olumsuz etkilerinden birisi de insan ve hayvanların solunum ve beslenme yoluyla ağır metallere maruz kalmasıdır. Ağır metallerin çeşitli yollarla vücuda alınmasından sonra; alınma dozuna, sıklığına ve süresine bağlı olarak akut, subakut ve kronik tarzda ciddi zehirlenme belirtileri (örn., mikrositik anemi, vitamin D'ye dirençli osteodistrofi, karaciğer nekrozu, hafıza geriliği, konuşma ve ses bozuklukları) ortaya çıkmaktadır (Mc Dowel 1992; Kaya ve Akar, 2002).

Süt ve ürünlerindeki ağır metal kontaminasyonu; sağım hayvanlarının maruz kaldığı bulaşmaya bağlı olarak hammaddeden ve/veya üretim ve depolama sırasında süt mamulleri ile temas eden makine ve ekipmanlardan kaynaklanabilir. Teknolojik işlemler sırasında ve/veya süt ve ürünlerinin muhafaza edilmesinde kullanılan metal kaplardan veya işletme suyundan kaynaklanan metalik kontaminasyondaki başlıca elementler bakır, çinko, demir, kalay, kurşun, arsenik, kadmiyumdur (Metin 2001). Süt ve peynir gibi asidik nitelikli gıdaların üretiminde kullanılan kapların bileşimindeki metallerin çözünerek ürüne geçme riski diğer besinlere göre daha kolay olmaktadır (Metin 2001, Belgaied 2003).

Akın ve ark. (2003), çiğ sütlerde tespit ettikleri yüksek düzeydeki alüminyumun hayvanların tükettikleri yemin yanı sıra alüminyum metalinden üretilmiş olan süt sağma ve taşıma kaplarının kullanılmasından kaynaklanabileceğini ileri sürmüşlerdir. Yüzbaşı (2001), kaşar peynirine işlenecek sütteki kurşun miktarlarının (626.20 ve 265.19 ppb) üretim sonrası kaşar peynirlerinde önemli düzeyde (374.10 ve 42.95ppb) düştüğünü, bakır miktarında peynire işlenmesiyle herhangi bir değişme olmadığını, buna karşın kadmiyum miktarlarının ise 0.01ppb düzeylerinden 4.41-3.38ppb seviyelerine yükseldiğini tespit etmiştir. Belgaied (2003), Tunus'ta kullanılan toprak kaplarda muhafaza edilen süt bazlı sıvı içeceklerin kurşun miktarını FAO sınırlarının (0,5-3,0 μ g) üzerinde (ortalama 51 μ g) tespit etmiştir. Tripathi ve ark. (1999), insan ve sığır sütlerinde kurşun, kadmiyum ve bakır miktarını sırasıyla 1.70-3.35 μ g, 0.07-0.10 μ g ve 43.2-195 μ g düzeylerinde bulurken, bazı bebek gıdalarında bu değerlerin sırasıyla 39.5-77.7 μ g, 0.45-17.7 μ g, 1106.3-3157.3 μ g şeklinde daha yüksek aralıklarda tespit etmişlerdir. Nitekim, Onianwa ve ark. (1999), bakır, kadmiyum ve kurşun miktarını sırasıyla süt tozlarında 1.56ppm, 0.15ppm, 0.06ppm, süt bazlı içeceklerde ise 0.33ppm, 0.006ppm ve 0.11ppm düzeylerinde tespit etmişlerdir.

Özrenk (2002), Van merkez ve ilçelerden olmak üzere toplam 12 farklı bölgeden toplanan süt örneklerinde kurşun miktarları bölgesel farklılıklar göstermezken, trafiğin yoğun olduğu

bölgelerdeki alüminyum miktarının (0,716ppm), kırsal bölgelerdekilerden (0,618ppm) fazla olduğunu tespit etmiştir. Bayraktaroğlu (1993), ambalajlı beyaz peynir numunelerinde ambalajlanmamışlara göre daha fazla bakır tespit edildiğini bildirmiştir.

Araştırmada, küçük mandıralar ile ev tipi işletmelerde üretilip satışı sunulan beyaz peynirlerde ve bu peynirlerin üretimde kullanılan sütlerde, çevreden ve/veya üretimde kullanılan alet ve ekipmandan kaynaklanabilecek ağır metal kontaminasyonunun varlığı ve düzeyi belirlenerek, halk sağlığı yönünden bazı saptamalar yapılması amaçlandı.

MATERYAL VE METOT

Metot

Araştırmada, Ankara'nın Kazan, Çubuk, Kızılcahamam ve Yenimahalle ilçelerinde mandıralarda ve ev tipi küçük süt işletmelerinde üretilip tüketime sunulan 40 adet beyaz peynir ve bu peynirlerin üretiminde kullanılan 36 adet süt numunesi değişik işletmelerden toplandı. Numunelerin alınmasında kullanılan cam kavanozlar 1:1 HNO₃ çözeltisinde bir gece bekletildikten sonra distile suyla yıkanıp bidistile sudan geçirildikten sonra kurutuldu.

Peynir ve süt numuneleri toplanırken, üretici ve satıcılardan süt sağımında ve peynirlerin muhafazasında kullanılan kapların özellikleri, sağım şekli, besleme şekli (ahır veya mera), hayvanların yetiştirildiği ve/veya peynir ve süt üretiminin yapıldığı yerlere yakın otoyol veya sanayi kuruluşlarının bulunup bulunmadığı yönünde bilgiler derlendi (Tablo 1)

Metot

Süt ve peynir numunelerinin alüminyum, kadmiyum, krom bakır, demir, nikel ve kurşun ağır metalleriyle kontaminasyonunun varlığı ve kontaminasyon düzeyi ICP-AES atomik emisyon spektrofotometresi kullanılarak mg/l ve mg/kg olarak belirlendi.

Analizde kullanılacak tüm malzemeler 1:1 HNO₃ çözeltisinde bir gece bekletildikten sonra distile suyla yıkanıp bidistile sudan geçirilerek kurutuldu. Fırında yapılan çözündürme işlemleri sırasında teflon kaplar, numunelerin süzülmesinde ise S&S mavi bantlı süzgeç kağıtları kullanıldı.

Analizi yapılacak örneklerdeki organik bileşiklerin yok edilmesi ve inorganik bileşiklerin çözünür faza geçirilmesi amacıyla yapılan çözünme işlemlerinde Mars-5 mikrodalga kapalı sistem yaş yakma yöntemi kullanıldı.

Yakma öncesinde, numunelerden 1g kuru madde esasına göre süt ve peynir örnekleri teflon kaplar içersine alındı ve üzerine 15ml %65'lik nitrik asit ilave edildi. Örnekler Mars-5 mikrodalga fırında (Cem Corporation) maksimum 160°C'de yakıldı. Yakma işleminden sonra S&S mavi bantlı süzgeç kağıtları kullanılarak süzüldü.

Süzüntü bidistile suyla 50ml'ye tamamlandı. Daha sonra örneklerin mineral madde içeriği VARIAN-CCD Simultaneous ICP-AES cihazıyla belirlendi. ICP-AES cihazının (VARIAN CCD) RF gücü 0.7-15 (Axial için 1.2-1.3), KW plazma akışı (L/min) 10.5-15, radikali için 15, axial vista için yardımcı gaz alışı: 1.5L/min. olarak ayarlandı (Laurent, 1997, Brooks 2000).

Araştırmada elde edilen sonuçların ortalama değerlerinin belirlenmesi ve bölgeler arası farklılıkların ortaya konulmasında tek yönlü varyans analizi, kullanılan ekipmanların, sağım şekillerinin, besleme şeklinin otoyol ve sanayi kuruluşlarına yakınlığının etkisinin belirlenmesinde t testi analizi uygulandı (Steel ve Torrie, 1981).

Tablo 1. Farklı Bölgelerden Toplanan Numunelerin Üretim, Muhafaza ve Çevresel Koşulları Hakkında Genel Bilgi

Bölge	Numune no	Süt ve peynir kabı	Sanayi kuruluşu	Besleme Şekli	Otoyol	Sağım şekli
Kazan	1	Plastik	Var	Ahır	Var	Makine
	2	Plastik	Var	Ahır	Yok	El
	3	Teneke	Var	Ahır	Var	El
	4	Teneke	Var	Ahır	Var	El
	5	Teneke	Var	Ahır	Var	El
	6	Teneke	Var	Ahır	Var	El
	7	Plastik	Var	Ahır	Var	El
	8	Teneke	Var	Mera	Var	Makine
	9	Teneke	Var	Mera	Var	Makine
	10	Teneke	Var	Mera	Yok	Makine
Çubuk	1	Plastik	Yok	Mera	Yok	El
	2	Plastik	Var	Ahır	Yok	El
	3	Plastik	Var	Ahır	Yok	El
	4	Plastik	Yok	Mera	Yok	Makine
	5	Teneke	Yok	Ahır	Yok	Makine
	6	Plastik	Var	Ahır	Yok	El
	7	Plastik	Var	Ahır	Var	El
	8	Plastik	Yok	Ahır	Var	El
	9	Plastik	Yok	Mera	Var	El
	10	Plastik	Var	Ahır	Var	El
Kızılcahamam	1	Plastik	Yok	Mera	Yol	El
	2	Plastik	Yok	Mera	Yol	El
	3	Plastik	Yok	Mera	Yol	El
	4	Plastik	Yok	Ahır	Yok	El
	5	Plastik	Yok	Ahır	Yok	El
	6	Plastik	Yok	Ahır	Yok	El
	7	Plastik	Var	Mera	Var	Makine
	8	Plastik	Var	Mera	Var	Makine
	9	Plastik	Var	Ahır	Var	Makine
	10	Plastik	Var	Ahır	Var	Makine
Yenimahalle	1	Plastik	Var	Ahır	Yok	El
	2	Plastik	Var	Ahır	Yok	El
	3	Plastik	Var	Ahır	Var	Makine
	4	Plastik	Yok	Mera	Var	Makine
	5	Teneke	Yok	Mera	Var	Makine
	6	Teneke	Var	Mera	Var	Makine
	7	Teneke	Var	Ahır	Var	Makine
	8	Teneke	Var	Ahır	Var	Makine
	9	Teneke	Var	Ahır	Var	Makine
	10	Teneke	Var	Ahır	Var	Makine

BULGULAR

Araştırmada elde edilen bulgulara göre, süt ve peynir numunelerinde tespit edilen ortalama ağır metal değerleri Tablo 2'de, farklı bölgelerden elde edilen değerler Tablo 3'te gösterilmektedir.

Araştırmada, süt numunelerinin ortalama alüminyum, kadmiyum, krom, bakır, demir ve nikel miktarları süt numunelerinde sırasıyla 6, 0.114, 1.016, 4.300, 52.149 ve 2.754mg/l, peynir numunelerinde ise 23.276, 0.073, 2.597, 5.338, 62.567, 2.371mg/kg düzeylerinde tespit edildi

(Tablo 2). İncelenen süt ve peynir numunelerinde kurşun varlığına rastlanmadı. Ayrıca süt numunelerinin 3 tanesinde, peynir numunelerinin ise 5 tanesinde kadmiyuma rastlanmadı.

Süt ve peynir numuneleri, kontamine ağır metal miktarları bakımından karşılaştırıldığında; peynir numunelerinin alüminyum, krom, bakır ve demir miktarları süt numunelerinden daha yüksek bulundu (Tablo 2).

Tablo 2. Süt ve Peynir Numunelerinin Ağır Metal İçerikleri (mg/l, kg)

		Alüminyum	Kadmiyum	Krom	Bakır	Demir	Nikel
Süt*	X±Sx	6±0,57	0,114±0,03	1,016±0,22	4,300±0,36	52,1942±4,09	2,754±0,41
	Min	1	0	0,184	1,500	17,1655	0,733
	Max	15	1,162	7,484	13,666	128,526	12,759
Peynir**	X±Sx	23,276±9,19	0,073±0,01	2,597±0,63	5,338±0,21	62,567±3,50	2,371±0,26
	Min	2,841	0	0,469	2,242	33,489	1,134
	Max	366,822	0,345	19,499	9,741	177,346	10,185

*: n=36

**: n=40

TARTIŞMA VE SONUÇ**Alüminyum**

Süt numunelerinde tespit edilen ortalama alüminyum miktarının (6 mg/l), peynir numunelerinde önemli bir oranda artış gösterdiği (23.276 mg/kg) saptandı (Tablo 2). Peynirin alüminyum düzeyinin süte göre çok fazla bulunması; peynirin üretimi sırasında uygulanan ısı işlemleri, üretim ve olgunlaştırma sırasında gelişen asitlik ve muhafaza süresinin süte göre çok uzun olmasına bağlı olarak üretimde ve muhafazada kullanılan malzemelerden kaynaklanabilir. Belgaied (2003) kaplardan besin maddelerine metal geçişinde muhafaza süresinin ve pH'nın etkili olduğunu bildirmiştir.

Araştırmada süt numunelerinden elde edilen ortalama alüminyum miktarları Akın ve ark'nın (2003) sütlerde tespit ettikleri ortalama değerler (2.518-9.130mg/l) ile uyumlu bulunurken, bazı araştırmacıların (Azcue ve ark 1988, Özrenk 2002, Algan ve ark 2003) bulgularından yüksek bulundu. Bu farklılığın bölgesel etkilerden (örn., toprak yapısı, sanayi yoğunluğu) ve Brooks (2000)'unda belirttiği gibi, ağır metal kaybı meydana gelen kuru yakma yönteminin kullanılmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim Özrenk (2002) ile Algan ve ark (2003) kuru yakma yöntemini kullanmışlardır.

Peynir numunelerinde tespit edilen en düşük (2.841mg/kg) ve en yüksek (366.822 mg/kg) alüminyum miktarları arasında çok büyük farklılıklar belirlendi (Tablo 2). Bu bulgular, peynir üretiminin standart olmayan bir şekilde, besinlere metal geçişi yüksek kaplarda yapıldığı kanısını uyandırdı. Peynir numunelerinde belirlenen alüminyum değerleri Güray'ın (1999) Eskişehir bölgesindeki peynirlerde tespit ettiği

değerlerden (3.287-11.100mg/l) oldukça yüksek bulundu.

Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği doğrultusunda hazırlanan Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ (Türk Gıda Kodeksi, 2002)'de kabul edilebilir en yüksek alüminyum değeri süt ve ürünleri için belirtilmemiş, fakat diğer bazı gıdalar için 2-15mg/kg arasında bildirilmiştir. Araştırmada tespit edilen süt numunelerinin ortalama alüminyum değerleri bu değerler içerisinde kalırken, peynir numunelerindeki ortalama değerin bunun üzerinde olduğu saptandı.

Bölgeler arası ortalama değerler dikkate alındığında Kazan bölgesinden elde edilen peynir numuneleri ile Yenimahalle bölgesinden elde edilen süt numunelerinin alüminyum düzeyleri daha yüksek bulundu (Tablo 3). Elde edilen bulgular, sanayi ve otoyolun sebep olduğu çevre kirliliğinin besin maddelerine olabilecek olumsuz etkileri görüşlerini doğrulamaktadır. Nitekim, bu bölgelerdeki otoyol varlığı ve sanayi yoğunluğu diğer iki bölgeye nazaran daha fazladır (Tablo 1). Ayrıca Kazan ilçesinde yeni tespit edilen trona madenin alüminyumla birlikte bulunabileceği bildirilmektedir.

Süt ve peynirin muhafaza edildiği kapların özellikleri bakımından yapılan değerlendirmede, metal kaplarda muhafaza edilen peynirlerin alüminyum düzeyleri daha yüksek bulundu. Bu durum, peynir muhafazasının süte göre çok daha uzun olmasından ve bu süre içerisinde peynirde bakteriler tarafından oluşturulan laktik asitin korozif özelliğine bağlı olarak, metal kaplarla peynir arasındaki etkileşimden kaynaklanabilir. Nitekim Belgaied (2003) kaplardan besin maddelerine metal geçişi üzerinde sıcaklık, pH, besinin fiziksel durumu, ve temas süresinin etkili

olduğunu bildirmiştir. Metin (2001), laktik asidin korozyonu hızlandırarak metal iyonlarının çok hızlı bir şekilde besinlere bulaşmasına neden olduğunu ileri sürmüştü ve süt naklinde kullanılan alüminyum güğümlerle, yoğurt ambalajında kullanılan kaplardan ileri gelen bulaşmayı örnek olarak göstermiştir.

Makinele sağımla elde edilen sütte üretilen peynirlerin alüminyum düzeylerinin yüksek olduğu saptandı. Mevcut farklılık muhtemelen sağım yönteminden ziyade sağım sonrası sütlerin alüminyum güğümlerde muhafaza edilmesi ve peynirin üretimi veya muhafazası sırasında kullanılan kapların bileşiminde alüminyum metalinin bulunmasından kaynaklanabilir.

Tablo 3. Farklı Bölgelerin Süt ve Peynir Numunelerindeki Ağır Metal İçerikleri Bakımından Karşılaştırılması

		Kazan	Çubuk	Kızılcahamam	Yenimahalle	F	
Alüminyum	Süt	X±Sx	6,773±1,06	4,400±1,00	4,920±0,73	7,148±1,44	1,34
		Min	2,841	2,713	2,236	1,074	
		Max	14,297	9,306	9,463	15,056	
	Peynir	X±Sx	56,490±35,8	16,558±2,18	12,194±2,78	7,863±1,54	1,54
		Min	8,173	8,247	2,841	5,055	
		Max	366,822	32,430	33,110	21,25	
Kadmiyum	Süt	X±Sx	0,184±0,11	0,122±0,05	0,055±0,01	0,097±0,01	0,75
		Min	0	0,024	0	0,016	
		Max	1,162	0,371	0,125	0,203	
	Peynir	X±Sx	0,065±0,01 ^{ab}	0,115±0,02 ^a	0,04592±0,01 ^b	0,066±0,02 ^{ab}	1,82
		Min	0	0	0	0	
		Max	0,116	0,345	0,101	0,271	
Krom	Süt	X±Sx	0,751±0,08	1,275±0,52	0,528±0,06	1,613±0,74	1,27
		Min	0,400	0,370	0,184	0,395	
		Max	1,267	3,687	0,911	7,484	
	Peynir	X±Sx	1,458±0,21 ^b	1,439±0,20 ^b	1,179±0,19 ^b	6,313±2,18 ^a	5,03
		Min	0,602	0,549	0,469	0,769	
		Max	2,710	2,383	2,514	19,498	
Bakır	Süt	X±Sx	5,324±0,52	4,852±1,72	3,580±0,39	3,664±0,37	1,57
		Min	2,242	2,622	1,7110	1,500	
		Max	7,702	13,666	5,617	5,406	
	Peynir	X±Sx	5,442±0,33	5,284±0,35	5,257±0,37	5,369±0,62	0,03
		Min	3,751	3,889	2,242	2,827	
		Max	6,787	7,162	6,416	9,741	
Demir	Süt	X±Sx	70,151±6,32 ^a	50,038±16,18 ^{ab}	44,925±5,16 ^b	42,799±5,37 ^b	3,02
		Min	42,037	21,716	23,125	17,165	
		Max	104,757	128,526	78,283	79,124	
	Peynir	X±Sx	60,792±3,59 ^{ab}	76,714±11,8 ^a	57,144±2,30 ^{ab}	55,620±4,85 ^b	2,06
		Min	38,448	50,890	42,037	33,489	
		Max	74,903	177,346	66,321	82,013	
Nikel	Süt	X±Sx	4,872±1,12 ^a	2,671±1,02 ^b	1,988±0,28 ^b	1,451±0,11 ^b	4,71
		Min	1,134	0,945	0,827	0,733	
		Max	12,759	7,532	3,371	2,050	
	Peynir	X±Sx	2,508±0,27	2,852±0,83	1,800±0,09	2,324±0,58	0,67
		Min	1,386	1,416	1,134	1,143	
		Max	4,251	10,185	2,096	7,458	

a,b: Aynı satırda farklı harf taşıyanlar arasında istatistiksel önem vardır.

Süt ve peynir numunelerinin bölgelere göre ortalama alüminyum, kadmiyum, krom, bakır, demir ve nikel düzeyleri incelendiğinde; süt numunelerinde en yüksek ortalama değerler sırasıyla Yenimahalle, Kazan, Yenimahalle,

Kazan, Kazan ve Kazan şeklinde, peynir numunelerinde ise sırasıyla Kazan, Çubuk, Yenimahalle, Kazan, Kazan ve Çubuk şeklindedir (Tablo 3).

Otoyol varlığının süt ve peynir numunelerinin alüminyum düzeylerine bir etkisi belirlenmemesine rağmen, sanayi bölgesinde üretilen peynirlerin alüminyum miktarları daha yüksek bulundu.

Mera beslemesi yapılan hayvan sütlerinden üretilen peynirlerin alüminyum miktarlarının ahır beslemesine göre daha yüksek olduğu saptandı.

Kadmiyum

Süt numunelerinde saptanan ortalama kadmiyum miktarının (0,114 mg/l) peynirde (0,073 mg/kg) azaldığı gözlemlendi (Tablo 2) Ayrıca 5 adet peynir ve 3 adet süt numunesinde kadmiyuma rastlanmadı. Süt numunelerinin kadmiyum miktarının peynir numunelerinden daha fazla olması, kadmiyumun peynir altı suyu ile kaybolmasından kaynaklanabilir.

Araştırmada süt numunelerinden elde edilen değerler, Akın ve ark'ın (2003) sütte tespit ettiği değerlerden (0,002-0,037 mg/l) fazladır. Sütte ortalama kadmiyum kontaminasyonunu, Licata ve ark (2004) 0,00047 ng/ml, Azcue ve ark (1987) 0,01 µg/g, Onianwa (1999) 0,006 ppm olarak tespit etmişlerdir. Yüzbaşı (2001), Ankara'nın çeşitli bölgelerinde piyasaya sunulan kaşar peynirlerinde ortalama kadmiyum miktarının 1,82 ppb (0.0182ppm) olduğunu bildirmiştir. Bu durum bölgesel farklılıkların yanı sıra numune alım noktalarında bulunan sanayi kuruluşları ve otoyollardan da kaynaklanabilir. Kaya ve Akar (2002) kadmiyum içeren plastik ve metal atıkların çevreyi ve bu yolla da tarım ürünleri ve besinleri de kontamine edebileceğini bildirmişlerdir. Türk Gıda Kodeksi, Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Tebliği'nde (Türk Gıda Kodeksi, 2002) gıda maddelerinde izin verilen maksimum kadmiyum miktarı çeşitli gıdalar için 0.01-1.0 mg/kg arasında bildirilmiştir. Farklı ülkeler için izin verilen kabul edilebilir kadmiyum limitleri; Avustralya'da tüm süt ürünleri için 0,05 mg/kg, Çekoslovakya'da süt için 0,01 mg/kg, Hollanda'da süt için 0,005mg/kg, peynir için ise 0,1 mg/kg olarak bildirilmiştir (IDF 1992). Araştırmada süt numunelerinde tespit edilen ortalama kadmiyum değeri bu sınırların üstünde, peynirlerde tespit edilen ortalama kadmiyum değeri ise bu sınırlar içindedir. Wogan ve Marletta (1985), çeşitli yollarla alınan günlük kadmiyum değerinin 40-80 µg, haftalık tölere edilebilir miktarının ise 400-500 µg olduğunu bildirmiştir. Araştırmada tespit edilen kadmiyum düzeyleri bu değerlerin üzerindedir. Ayrıca süt ürünleri dışındaki besinler, solunum ya da sigara yoluyla da kadmiyum alındığı dikkate alınır, bu araştırmada tespit edilen değerlerin tehlikeli bir boyutta olduğu açıktır.

Bölgeler arası farklılıklar kıyaslandığında, sütteki ortalama kadmiyum miktarları en yüksek (0.184 mg/l) Kazan bölgesinde, en düşük (0,055 mg/l) ise Kızılcahamam bölgesinde tespit edildi. Bu bulgular ışığında sanayi kuruluşları ve otoyolların daha az olduğu Kızılcahamam

bölgesinde kadmiyum miktarının azlığı dikkat çekicidir.

Krom

Süt numunelerindeki ortalama krom değerleri (1,01 mg/l) peynir numunelerindeki krom değerlerine (2,59 mg/kg) oranla daha düşük bulundu (Tablo 2). Bu fark, peynir üretim safhalarının herhangi bir noktasında kullanılan alet ve ekipman ya da muhafaza edildiği kaplarla asidik karakterdeki peynir arasında gerçekleşen reaksiyonlardan kaynaklanabilir. Sütteki krom miktarını Azcue ve ark (1988) 0,13 mg/l, Licata ve ark (2004) 1,5 µg/l, Onianwa (1999) 0,01 ppm olarak tespit etmişlerdir. Bratakos ve ark (2002) sütteki krom kontaminasyonunu 0,01-0,02 µg/l, peynirde ise 0,04-0,11 µg/kg olarak belirlemişlerdir.

Lucas (1974) günlük alınan normal krom miktarını 0,1 mg olarak bildirmiştir. Bratakos ve ark (2002) krom bulaşmasının konserve gıdaların muhafazası ve paketlenmesi sırasında kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Türk Gıda Kodeksi, Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkındaki Tebliğde (Türk Gıda Kodeksi, 2002) gıda maddelerinde krom miktarları konusunda herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.

Araştırmada tespit edilen en düşük (0.184 mg/l) ve en yüksek krom değeri (19,499 mg/l) arasında tespit edilen istatistiksel farklılıkların süt ve peynirin üretiminde ve muhafazasında kullanılan kapların ve/veya çevrenin standart olmamasından ileri gelen bir kontaminasyondan kaynaklandığı söylenebilir. Nitekim, Jensen (1995) çelik tencerelerde pişen asidik karakterdeki yiyeceklerin bir miktar krom kontaminasyonuna maruz kalabileceğini bildirmiştir.

Bölgeler arası farklılıklar incelendiğinde sütteki ve peynirdeki en yüksek krom değerlerinin (1.613 mg/kg - 1,613 mg/kg) Yenimahalle bölgesinde olduğu gözlemlendi (Tablo 3).

Bakır

Süt numunelerindeki ortalama bakır değeri (4,300 mg/l) ile peynirde ki değerlerin (5,338 mg/kg) birbirine yakın olduğu tespit edildi (Tablo 2). Bu değerler, Güray'ın (1999) Eskişehir ve çevresinde peynir numunelerinde, Özrenk'in (2002) Van ili ve çevresinde sütlerde tespit ettikleri değerlerden daha fazladır. Bu durum Ankara ilinde bulunan sanayi kurumları ve otoyolların daha fazla olmasından kaynaklanabilir. Nitekim Özrenk (2002) Van bölgesinde tespit ettiği değerlerin diğer bölgelerde yapılan araştırmaların sonuçlarından daha düşük çıkmasını, bölgedeki endüstri kurumlarının azlığına bağlamıştır. Sütte bulunan ortalama bakır değerini Kınık ve ark (2002) 10µg/l olarak bildirmişlerdir. Sütteki bakır kontaminasyonunu, Azcue ve ark (1987) 0,03 mg/kg, Onianwa (1999) 0,33 ppm, Licata ve ark.(2004) 0,14 µg/kg olarak tespit etmişlerdir. Lucas (1974) günlük alınan bakır düzeyini 5 mg olarak bildirmiştir. Bu

araştırmada saptanan bakır miktarı söz konusu değerlerden oldukça fazladır. Metin (2001) bakırın sütün içersine konulduğu kaplarla etkileşime girmesine ve hayvanın diyetindeki bakır artışına bağlı olarak sütteki miktarının artabileceğini bildirmiştir. IDF (1992) en yüksek bakır miktarını süt için 0,4 mg/kg, peynir için 2,5 mg/kg olarak bildirmiştir. Ayrıca farklı ülkelerde süt ve ürünlerinde tespit edilen bakır miktarı; süt için Hollanda'da 0,05 mg/kg, Çekoslovakya'da 0,42 mg/kg, peynir için Hollanda'da 2,5 mg/kg, Çekoslovakya'da 0,75 mg/kg olarak bildirilmiştir (IDF 1992). Türk Gıda Kodeksi, Gıda Maddelerinde Belirli Bileşenlerinin Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkındaki Tebliğde (Türk Gıda Kodeksi, 2002) süt ve peynir için bir oran bildirmemiştir. Bununla birlikte araştırmada elde edilen değerlerin, söz konusu Tebliğde çeşitli besinler için bildirilen 0,05-50 mg/kg sınırları içinde olduğu gözlemlendi.

Araştırmada tespit edilen en düşük (1.5 mg/l) ve en yüksek bakır değeri (13,666 mg/l) arasındaki fark oldukça yüksektir (Tablo 2). Araştırmada elde edilen sonuçlar Gültekin'in (1998) Bursa ili çevresinde çiğ süt numunelerinde, Bayraktaroğlu'nun (1993) ise Trakya bölgesinde peynirlerde tespit ettiği bakır miktarlarından yüksek bulundu. Bu farklılığın, peynir yapım aşamalarında kullanılan kapların ve peynir yapımının bir standardının bulunmamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Süt ve peynir numunelerinin bakır miktarlarındaki bölgesel farklılıklar incelendiğinde; bakır miktarının en fazla Kazan bölgesinde olduğu belirlendi (Tablo 3). Bu durum sanayi kuruluşları ve otoyolların bu bölgede daha yoğun olmasından kaynaklanabilir. Ayrıca Kazan bölgesinde seracılık faaliyetlerinin fazla olması da, tarım ilaçlarında oldukça yaygın olarak kullanılan bakırın miktarının yüksek bulunmasının bir sebebi olabilir. Nitekim Kaya ve Akar (2002) bitkisel üretimde bakırın mantarlara karşı kullanıldığını bildirmişlerdir.

Metal ve plastik kapların sütteki bakır miktarına etkisi incelendiğinde, metal kaplarda muhafaza edilen sütlerdeki bakır miktarının daha fazla olduğu saptandı. Bu durum metal kapların bileşiminde bulunan bakırın, sütün muhafazası sırasında çözünerek süte geçtiğini göstermektedir. Buna karşın, peynir üretimi sırasında işlem basamaklarının fazla olması ve peynirin muhafazasının süte nazaran daha uzun zaman almasına rağmen bakır miktarının peynirlerde düşük çıkması, bakırın çözünerek peynir altı suyuna ve/veya olgunlaşma ve muhafaza sırasında salamura suyuna geçmesinden kaynaklanabilir.

Demir

Süt numunelerindeki ortalama demir miktarının (52.194 mg/l), peynir numunelerinden (62,567 mg/kg) yüksek olduğu belirlendi (Tablo 2). Elde edilen sonuçlar, Özrenk'in (2002) Van yöresindeki sütlerde (0,309 ppm),

Bayraktaroğlu'nun (1993) Trakya Bölgesindeki beyaz peynirlerde (1 mg/kg), Azcue ve ark'nın (1987) Brezilya'daki sütlerde (1,13 mg/l), Onianwa'nın (1999) Nijeryadaki sütlerde (6,8 ppm) tespit ettikleri değerlerden oldukça fazladır.

Peynir numunelerindeki demir miktarının süt numunelerinden fazla olduğu belirlendi. Peynir numunelerinde demir miktarının fazla bulunması, peynir üretiminde ve muhafazasında kullanılan kaplardan peynire demir geçişi olduğunu göstermektedir. Lucas (1974) günlük alınan ortalama demir miktarını 15 mg olarak bildirmiştir. Bu durumda, besinlerimizdeki tek demir kaynağının süt ürünleri olmadığı dikkate alınır, araştırmada süt ve peynir numunelerinde tespit edilen demir miktarının oldukça yüksek düzeylerde olduğu söylenebilir. Farklı ülkelerde izin verilen demir miktarları, süt numuneleri için Hollanda'da 0,25 mg/kg, İsviçre'de 0,30 mg/kg, peynir numuneleri için İsviçre'de 6,50 mg/kg, Hollanda'da 1 mg/kg olarak bildirilmiştir (IDF 1992). Türk Gıda Kodeksi, Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkındaki Tebliğ'de (Türk Gıda Kodeksi, 2002) süt ve peynirde izin verilen demir değerleri belirtilmemekle beraber çeşitli gıdalar için bildirilen değerler 0,2-25 mg/kg arasında değişmektedir. Bu araştırmada tespit edilen demir miktarı bu değerlerden oldukça fazladır.

Araştırmada tespit edilen en yüksek (177,346 mg/l) ve en düşük demir düzeyi (17,165 mg/l) arasında önemli farklılıklar vardır (Tablo 2). Bu farklılık, süt üretiminin ve peynir yapım aşamalarının standart olmadığını göstermektedir.

Bölgelere göre süt ve peynir numunelerinde en yüksek demir değeri Çubuk bölgesinde tespit edildi. Bu bölgede Kazan ve Yenimahalle'ye göre daha az sayıda sanayi kuruluşu bulunmasına rağmen ortaya çıkan bu yüksek değer, bölge toprağının demir içeriğinden kaynaklanmış olabilir.

Plastik kaplarda muhafaza edilen süt ve peynir numunelerindeki demir miktarları metal kaplarda muhafaza edilen süt ve peynir numunelerinden yüksek bulundu.

Elle yapılan sağımla makineyle yapılan sağımın demir kontaminasyonu düzeyine etkisi kıyaslandığında, süt ve peynir numunelerinin demir miktarı elle yapılan sağımda yüksek bulundu. Bu durum, genellikle elle sağım yapıldığı düşük gelire sahip bu yerlerde standartlara uygun olmayan kapların kullanıldığı kanısını güçlendirmektedir.

Nikel

Süt numunelerinde belirlenen ortalama nikel değeri (2,754 mg/l) ile peynir numunelerindeki değer (2,371 mg/l) birbirine yakın bulundu (Tablo 2). Sütte nikel kontaminasyonunu Özrenk (2002) 0,189 ppm, Onianwa ve ark (1999) 0,04 ppm, Azcue ve ark (1987) 0,08 mg/l olarak bildirmişlerdir. Kınık ve ark. (2002) sütte bulunan nikel miktarını 2,5 µg/kg olarak bildirmişlerdir. Bu araştırmada tespit edilen değerler yukarıda

bildirilen değerlerden fazladır. Bu farklılık birçok sebepten (örn., çevresel kirlilik, kullanılan alet-ekipman, hayvanların beslenme şekli, otladıkları meralar, içme suları) kaynaklanabilir. Nitekim Agrawal (1999) Hindistanda tarım alanlarında kullanılan suların kirliliği konusunda yaptığı çalışmada, endüstriyel kaynaklı atıkların önemli bir kirlilik kaynağı olduğunu bildirmiştir. Türk Gıda Kodeksi, Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkındaki Tebliğ'de (Türk Gıda Kodeksi, 2002) süt ve peynirdeki nikel miktarları hakkında bir sınırlama bulunmamasına rağmen çeşitli gıdalar için nikel miktarları 0,1-0,2 mg/kg olarak belirlenmiştir. Lucas (1974) günlük alınan nikel miktarını 0,5 mg olarak bildirmiştir. Bu araştırmada tespit edilen değerler bu sınırlardan fazladır.

Araştırmada elde edilen en yüksek (12,759 mg/l) ve en düşük (0,733 mg/l) nikel değeri arasında oldukça büyük bir farklılık söz konusudur (Tablo 2). Bu durum, süt üretimi ve peynir yapım aşamalarında kullanılan alet ve ekipmanın standart olmadığını göstermektedir.

Bölgelere göre en yüksek nikel değeri Kazan bölgesinde tespit edildi. Kazan, sanayi kurumlarının fazlalığının yanı sıra otoyollara olan yakınlığı ile dikkat çeken bir bölgedir.

Sonuç olarak, süt ve ürünlerinin üretiminde kullanılan standarda uygun olmayan alet ve ekipmanlar ile üretim yerlerine yakın otoyol ve sanayi kuruluşları varlığının; süt ve peynir numunelerinin ağır metal bulaşmalarına maruz kalmasında önem arz ettiği kanısına varıldı.

KAYNAKLAR

- Agrawal, G.D. 1999. Diffuse agricultural water pollution in India. *Water Sci. and Technol.*, 39, 3, 33-47.
- Akın, N., Ayar, A., Sert, D., Çalık, N. 2003. Konya ilinin değişik bölgelerinden toplanan sütlerin ağır metal içerikleri üzerine bir araştırma. *Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu*, 22-23 Mayıs, sayfa 355-358, İzmir.
- Algan, G., Tekinşen, O.C., Gök, V. 2003. Konya yöresi inek sütlerinde bazı ağır metal içeriklerinin saptanması. *Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu*, 22-23 Mayıs, sayfa 359-362, İzmir.
- Azcue, J.M.P., Pfeiffer, W.C., Donangelo, C.M., Fiszman Malm, O. 1988. Heavy metals in foods from thr Paraiba Do Sul River Valley, Brazil. *J Food Comp and Anal*, 1, 250-258
- Bayraktaroğlu, G. 1993. Trakya bölgesinde üretilen peynirlerde bazı ağır metal içeriklerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Belgaied, J.E. 2003. Release of heavy metals from Tunisian traditional earthenware. *Food and Chem Toxicol*, 41, 95-98.
- Bratakos, M.S., Lazos, E.S., Bratakos, S.M. 2002. Chromium content of selected Greek foods. *The Sci of the Total Environ* 290, 47-58
- Brooks, R.R. 2000. Phytochemistry of Hyperaccumulators. In: *Plants That Hyperaccumulate Heavy Metals*. Ed. by Robert R Brooks. Pp. 18-21, CABI Publishing, New York.
- Gültekin, R. 1998. Bursa İli Çevresinden Alınan Çiğ Süt Örneklerinde Bazı Mineral Madde ve Ağır Metallerin Tespiti Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Güray, Ç. 1999. Çeşitli Gıda Maddelerinde Ağır Metallerin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- International Dairy Federetaion 1992. Trace Elements in Milk and Milk Products. *Bulletin of the International Dairy Federation*. No:278.
- Jensen, R.G. 1995. Handbook of Milk Composition. Pp. 897-899, Academic Pres, New York.
- Kaya, S., Akar, F. 2002. Metaller, Diğer İnorganik Maddeler ve Radyoetkin Maddeler. Alınmıştır "Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji". Editör, Sezai Kaya, İbrahim Pirinççi, Ali Bilgili. Sayfa 207-250, Medisan Yayın Serisi: 53, Ankara.
- Kınık, Ö., Akbulut, N., Karagözlü, C. 2002. Süt ve Süt Ürünlerinde Kalıntı ve Kontaminantlar. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* No: 551, sayfa 78-86, İzmir.
- Laurent, L. 1997. Minerals. In "Analysis of Food Constituents." Ed. J.L. Multon, Pp. 90-95, Wiley-VCH Inc., Canada.
- 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. *Environment Inter* 30, 1-6
- Lucas, J. 1974. Our Polluted Food. A Survey of the Risks. Pp. 157-163, John Willey & Sons, New York.
- McDowell, L.R. 1992. Minerals in Human Nutrition. Pp. 360-370, Academic Pres, New York.
- Metin, M. 2001. Süt Teknolojisi, Sütün Bileşimi ve İşlenmesi. *Ege Üniversitesi Basımevi*, Yayın No:33, İzmir
- Onianwa, P.C., Adetola, I.G., Iwegbue, C.M.A., Ojo, M. F., Tola, O.O. 1999. Trace heavy metal composition of some Nigerian beverages and food drinks. *Food Chem*, 66, 275-279.
- Özrenk, E. 2002. Van İli ve İlçelerinde Üretilen İnek Sütlerinin Ağır Metal Kirlilik Düzeyi ve Bazı Mineral Madde İçerikleri. Doktora Tezi.

- Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Van.
- Steel, R.G.D., and Torrie, J.H. 1981. Principles and Procedures of Statistics. 2nd ed. McGraw-Hill International Book Company, Tokyo.
- Tripathi, R.M., Raghuanth, R., Sastry, V.N., Krishnamoorthy, T. M. 1999. Daily intake of heavy metals by infants through milk and milk products. The Sci. Total Environ., 227, 229-235.
- Türk Gıda Kodeksi 2002. Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ. Resmi Gazete, 23 Eylül 2002 Tarih ve 24885 Sayı.
- Wogan, G.N., and Marletta, M.A. 1985. Undesirable or Potentially Undesirable Constituents of Foods. In. Food Chemistry. Ed by Owen R Fennema. Maecel Dekker Inc. New York.
- Yüzbaşı, N. 2001. Kaşar Peynirinde Bazı Ağır Metallerin Düzeyi ve Prosesteki Değişimi. Doktora Tezi, Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Anabilim Dalı.