

SÜT VE ÜRÜNLERİNDEKİ BAZI METALİK KONTAMİNANTLARIN TOKSİKOLOJİK ETKİLERİ

TOXICOLOGICAL EFFECTS OF SOME METALIC CONTAMINANTS IN MILK AND ITS PRODUCTS

Nuray YÜZBAŞI¹, Emel SEZGİN²

¹Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracat Genel Müdürlüğü İnönü Bulvarı 06510 Emek - Ankara

²A.Ü. Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara

ÖZET: Biyolojik döngü içerisinde çevresel faktörlerin etkisi ile gıda maddelerine bulaşan ağır metaller, gıda zinciri yoluyla insan vücuduna ulaşmaktadır. Böylece metalik bakımdan kontamine olmuş bir gıda maddesinin tüketilmesiyle vücuda alınan ağır metaller, maruz kalınan konsantrasyona ve tutulma miktarına bağlı olarak kronik boyutlarda önemli sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Bu çalışmada, ağır metallerin süt ve ürünlerindeki düzeyleri ve toksikolojik etkileri incelenmiştir.

ABSTRACT: Heavy metals that contaminated foods by the effects of environmental factors reach human body via food in the biological circulation. Thus consumption of heavy metals contaminated foods causes important health problems depending on the concentration and retained level of heavy metals. In this study, levels and toxic effects of heavy metals of dairy products are reviewed.

GİRİŞ

Gıda maddelerinin üretimi, doğada bulunan hava, su ve topraktan oluşan bir sistem içerisinde gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle gıda maddesi ister bitkisel, ister hayvansal kökenli olsun çevrenin etkisi altında bulunmaktadır. Özellikle son yıllarda endüstrileşmenin gelişmesi ve tarımsal üretimde modern teknikleri kullanmanın yaygınlaşması çevrenin kirlenmesine, dolayısıyla gıda maddelerinin gün geçtikçe artan düzeylerde kontaminasyonuna sebep olmaktadır. (VURAL 1996, BLUTHGEN vd. 1997). Aynı zamanda söz konusu bulaşmaya, gıda maddesinin üretimi ve depolanması sırasında kullanılan makine, ekipman ve paketlenme materyalleri de sebep olmaktadır (KOOPS ve WESTERBEEK 1978, CONI vd 1996, METİN 1996). Böylece gıda güvenliği önemli ölçüde tehdit edilmektedir.

Kontaminasyon, gıda sanayiinde ciddi kayıplara yol açan, uluslararası ticareti olumsuz etkileyen ve tüketici güvenliğini riske sokan bir durumdur. Gelişmiş ülkeler, FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/ World Health Organization) ve GEMS/Food (Global Environment Monitoring System) gibi uluslararası kuruluşlarla gıda kalitesi ve güvenliği, tüketicinin korunması gibi konularda bilimsel olarak kapsamlı çalışmalar yapmaktadır (ANONYMOUS 1999). Bu nedenle gerek yukarıdaki kuruluşlara üye ülkeler, gerekse dünya ticareti ile ilgilenen diğer ülkeler, kendileri tarafından üretilen gıda maddelerindeki metalik kontaminant seviyesi üzerinde çalışmalarını yoğunlaştırarak insan sağlığını tehdit eden metalik unsurların ve diyetlerle alınan miktarların belirlenmesine ve tolere edilebilir limit değerlerinin oluşturulmasına katkıda bulunmaktadırlar (DABEKA ve MCKENZIE 1988, LARSEN ve RASMUSSEN 1991, DABEKA ve MCKENZIE 1992, GALAL-GORCHEV 1993, BIEGO vd 1998).

Doğada 90 adet element bulunmaktadır. Demir, bakır, çinko, kobalt, mangan, molibden, nikel, krom ve selenyum başta olmak üzere 25 tanesi yaşam için elzem olup vücutta esansiyel element görevini yüklenmektedir. Vücutta fizyolojik işlevi bulunan bu minerallerin çoğunun vücuda alınması eser düzeyde olmaktadır. Söz konusu esansiyel elementlerin vücuttaki düzeyi maksimum değerlere ulaştığında, bunlar metal bulaşması haline gelerek toksik etki yaratabilmektedirler. Diğer yandan bazı metaller fizyolojik ve biyokimyasal fonksiyonların oluşum ve düzenlenmesinde hiçbir şekilde rol almayıp vücut fonksiyonlarını bozucu özellik

taşımaaktadırlar. Örneğin; kurşun, kadmiyum, arsenik, cıva, berilyum, bor ve kalay gibi vücut için elzem olmayan ve normalde vücutta bulunmaması gereken bu ağır metaller, belirli limitlerin üzerinde vücut ya da gıda maddesinde yer alması durumunda toksik etki taşımaaktadırlar (CONCON 1988, JENSEN 1995, TURAN 1996, BLUTHGEN vd 1997, SALDAMLI 1998).

Metallerin toksik etkileri onların özelliğine göre değişim göstermektedir. Diğer bir deyişle metallerin kimyasal değeri, bileşenlerin suda çözünürlüğü ve organik bileşenlerin varlığı toksisiteyi etkilemektedir (CONCON 1988).

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 kaçınılmaz olmaktadır. Ayrıca sütün depolandığı kaplar ve kullanılan ekipmanların niteliği de önemli bir metalik kontaminant kaynağı oluşturduğundan sözü edilen bu faktörlere dikkat edilmesi gerekmektedir (ANONYMOUS 1978, MITCHELL 1981, ANONYMOUS 1992a, METİN 1996).

Aşağıda kurşun, kadmiyum, demir, bakır ve çinko elementlerinin toksikolojik etkileri ve süt ürünlerindeki düzeyleri incelenmiştir.

Kurşun (Pb)

Gri ve beyaz renkte olan kurşun elementinin Pb^{+4} iyonları güçlü bir okside etme özelliğine sahiptir. Pb^{+2} tuzları ise, aynen Ca^{+2} tuzları gibi davranır. Bu yüzden Pb^{+2} çok yüksek bir çözünürlük gösterdiği için hücrel fosfat ve tiol grupları için yüksek bir çekme (affinity) özelliği göstermektedir (CARL 1991, ANONYMOUS 1992a, BLUTHGEN vd 1997).

Kurşun, doğadaki hemen hemen bütün bileşiklerde doğal olarak bulunan bir elementtir. Bu yüzden kurşunun önemli bir kısmının yiyecek ve içeceklerle alınmasının yanında teneffüs edilen hava ile de vücuda girişi mümkün olmaktadır (ANONYMOUS 1978, BIDDLE 1982, ANONYMOUS 1992a, VURAL 1996).

Gerçekleştirilen araştırmalar sonucu vücuda alınan toplam kurşunun % 70'den fazlasının gıdalarla alındığı tespit edilmiştir (BIDDLE 1982). Gıdalarla alınan kurşun miktarı yaşa bağlı olup erişkinlerde % 5-10 oranında iken çocuklar için bu değer % 40'a kadar ulaşabilmektedir (VURAL 1984, ANONYMOUS 1992a).

Kurşunun gastrointestinal sistemden absorpsiyonu gıda maddelerinde bulunan kalsiyum ve fosfor içeriğinin düşük olması ve D vitamini düzeyinin yüksek olması ile artmaktadır. Ayrıca diyetlerdeki demir ve çinko içeriğinin yetersizliği kurşun emilimini artırmaktadır (BIDDLE 1982, ANONYMOUS 1992a).

Diyetle alınan kurşunun % 90'ının kemiklerde, kalan kısmının ise kanda ve yumuşak dokularda özellikle karaciğer ve böbreklerde biriktiği belirtilmektedir. Kurşun, genç yaşlarda yumuşak dokularda birikme eğiliminde olurken, ilerleyen yaşlarda ise kemiklerde birikme eğilimi göstermektedir. Kan ve yumuşak dokularda bulunan kurşun yaklaşık 4-6 hafta süre ile bünyede kalırken, kemiklerdeki kurşun ise 30 yıl süre ile vücutta tutulabilmektedir (BIDDLE 1982, ANONYMOUS 1992a, VURAL 1996, SALDAMLI 1998).

Kurşun, proteinlerin ve peptitlerin sülfidril gruplarıyla reaksiyona girerek bu moleküllerin hücredeki biyolojik reaksiyonlarına olumsuz yönde etki etmektedir (BIDDLE 1982).

Metallerin toksik etkileri her elementin özelliğine göre değişmektedir. Ancak genel olarak metallerin hepsi birden fazla organ ve sistemleri etkilemektedir. Bu nedenle tek bir enzim sistemi veya tek bir biyokimyasal proses etkilenmemektedir. Örneğin, vücutta depolanan kurşun; sinir sistemi, sindirim sistemi, dolaşım sistemi ve boşaltım sistemi olmak üzere organizmanın dört ayrı bölgesinde olumsuz etkilere neden olmaktadır (VURAL 1984).

Kandaki kurşun seviyesinin 80 $\mu g/100$ ml'ye ulaşması merkezi sinir sisteminde ciddi bozukluklara ve düzensizliklere yol açmaktadır. Bu düzensizlikler; uyku bozukluğu, baş dönmesi, iştahsızlık ve hafıza yetersizliği gibi belirtilerle ortaya çıkmaktadır. Sindirim sisteminde kolit rahatsızlığına yol açan kurşun, erişkinlerde baş ağrısı, adale krampı ve kusmaya neden olmaktadır. Kurşun kandaki hemoglobin sentezini engelleyerek anemiye sebebiyet vermektedir. Diğer yandan dolaşım sisteminde ve böbreklerde dokuların

bozulmasına yol açmaktadır. Bununla birlikte kurşun, doğurganlığın azalmasına, düşük oranında artmaya, erken doğum ve doğum sonrası bebek ölümlerine sebep olmaktadır (ANONYMOUS 1992a, BIDDLE 1982, CARL 1991, CONCON 1988).

FAO/WHO'nun ortaklaşa kurmuş oldukları Kodeks Alimentarius Komisyonu tarafından yapılan toplantıda, çeşitli gıda maddelerinde vücuda alınan kurşunun toksikolojik etkilerinin giderek arttığı belirtilerek limit değerlerinin yeniden düzenlenmesi gerektiği bildirilmiştir. Bu amaçla süt ve süt ürünlerinin çok düşük düzeyde kurşun içerdiği ancak tüketim oranının yüksek olması sebebiyle 0.02 mg/kg düzeyinde kurşun bulunmasına izin verildiği açıklanmıştır (ANONYMOUS 1994a).

IDF (International Dairy Federation) sütün 0.001-0.005 mg/kg düzeyinde kurşun içerdiğini belirtmektedir. FAO/WHO Ekspertler Komitesi tolere edilebilir haftalık limiti 3 mg/kg olarak belirlemiştir. Ayrıca bazı ülkelerin kabul edilebilir limit değerleri ise şu şekildedir: Avustralya süt için 0.2 mg/kg düzeyinde bir sınırlama getirirken, Danimarka 0.02 mg/kg'a kadar, Almanya ise 0.03 mg/kg'a kadar kurşuna izin vermektedir. Almanya sert tip peynir için tolere edilebilir kurşun limitini 0.5 mg/kg olarak belirlemiş, buna karşın Hollanda peynir için bu limit değeri 0.3 mg/kg olarak tespit etmiştir (Anonymous 1992a). Türk Gıda Kodeksinde sütte kurşun için 0.02 mg/kg düzeyinde bir sınırlama getirilmiştir (ANONYMOUS 1997).

Kadmiyum (Cd)

Özellikle toprakta yaygın olarak bulunan, gümüş renginde, yumuşak bir element olan kadmiyum, endüstriyel alanda yararlanılmasından dolayı çevre kirliliğinde ciddi problemler yaratmaktadır. Kadmiyum; boya maddesi üretiminde, PVC üretiminde stabilizör olarak, metal kaplarda ve alaşımlarda korozyon önleyici olarak, Ni-Cd pil yapımında, bazı pestisit ve gübrelerin üretiminde kullanılmaktadır (ANONYMOUS 1978, VURAL 1984, CARL 1991, ANONYMOUS 1992a, BLUTHGEN vd 1997).

Kadmiyum kimyasal yapısı itibarıyla çinkoya benzediği dolayısıyla çinkonun doğada bulunabildiği her yerde kadmiyuma da rastlanabileceği belirtilmektedir (ANONYMOUS 1978, FRIBERG vd 1974). Bu yüzden gıda maddelerinin üretiminde; bileşiminde kadmiyum bulunan malzemeden yapılmış makine ve çinko ile galvanizlenmiş kapların kullanılması sonucu özellikle galvanizli kaplarda uzun süre depolanan asidik nitelikteki gıda maddelerinde öncelikle çinko bulaşısının dolayısıyla da kadmiyum bulaşısının meydana geldiği bildirilmektedir (SALDAMLİ 1998).

Kadmiyum enzimlerin sülfidril gruplarına etki ederek fosfolipitlerin ve nükleik asitlerin yapılarına girebilmektedir (FRIBERG vd 1974, CARL 1991, ANONYMOUS 1992a).

Yüksek uçuculuğu nedeniyle solunum yoluyla vücuda alınan kadmiyumun yaklaşık % 10-50'si doğrudan akciğerlerde absorbe edilmektedir. Gıda maddeleri ile alınan kadmiyum ise gastrointestinal bölgede % 1-7 oranında emilmektedir. Sigara içen kişilerde vücuda alınan kadmiyum düzeyi % 25-50 daha fazla olmaktadır. Günde 20 adet sigara içen bir kişide, vücuda alınan günlük kadmiyum miktarının yaklaşık 1-4 mg arttığı belirtilmektedir. Kadmiyumun absorpsiyonu diyetlerde bulunan besin öğelerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Örneğin kalsiyum, protein ve vitamin D bakımından yoksun olan diyetler, kadmiyum absorpsiyonunu artırmaktadır. Ayrıca bakır ve çinko yetersizliği kadmiyum emilimini stimüle etmektedir (ANONYMOUS 1978, VURAL 1984, ANONYMOUS 1989, CARL 1991, ROBARDS VE WORSFOLD 1991, ANONYMOUS 1992a).

İnsanlarda kadmiyumun biyolojik ömrü oldukça uzundur. Bu nedenle zaman içerisinde oldukça düşük düzeyde açığa çıkmakta ve vücutta birikimi söz konusu olmaktadır (Anonymous 1989).

Kadmiyumun en fazla biriktiği organların karaciğer ve böbrekler olduğu belirtilmektedir. Bu yüzden kadmiyumun kronik düzeyde toksik etkisinin bir belirtici olması açısından böbrekler (özellikle renal cortex), kritik organ olarak nitelendirilmektedir (ANONYMOUS 1989, ANONYMOUS 1994b). Amerika'da yapılan bir araştırmaya göre normal bir insanın vücudunda yaklaşık 30 mg kadmiyumun bulunduğu; bunun 10 mg'ının böbreklerde, 4 mg'ının ise karaciğer, geri kalanının ise diğer organlarda toplandığı saptanmıştır. Kandaki ve üredeki konsantrasyonun oldukça düşük olduğu belirtilmektedir (ANONYMOUS 1978). Kadmiyum plasental engeli aşamadığından fetus ve yeni doğmuş bebeklerin vücudunda bulunmadığı bildirilmektedir (ANONYMOUS 1992a).

Kadmiyumun toksik etkisi sonucu; karaciğer, kalp-damar rahatsızlıkları, prostat kanseri, böbrek fonksiyonlarında bozukluk, kemik hastalıkları, anemi ve anosmia (tat alma duyusunun olmayışı) gibi rahatsızlıklar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca sinir sisteminde geri dönüşü olmayan rahatsızlıklara neden olmaktadır. Bununla birlikte kadmiyumun hipertansiyon, kanser ve kroner kalp hastalıkları riskini artırdığı bildirilmektedir (MILLER vd 1967, ANONYMOUS 1978, ROBARDS ve WORSFOLD 1991, ANONYMOUS 1992a, ANONYMOUS 1992b, ANONYMOUS 1994b).

Normal üretim koşullarında süt, kadmiyum ile temas etmediğinden; en fazla bulaşma hayvanın beslediği yem ve içtiği su yoluyla olmaktadır. Yemdeki kontaminasyon kaynağı ise kadmiyum ile zengin fosfatlıdır (ANONYMOUS 1992a). Bununla birlikte lağım suları ve fosfatlı gübreler özellikle tarımsal alanlarda önemli kontaminasyon kaynağı olmakta ve böylece biyolojik döngü içerisinde hayvana ve dolayısıyla süte geçmektedir (ANONYMOUS 1989, ROBARDS ve WORSFOLD 1991).

Sütte yüksek düzeyde kadmiyum tespit edildiğinde bunun iki ayrı sebebinin olabileceği belirtilmektedir. Birinci neden olarak yüksek oranda kadmiyum içeren yemlerle yapılan besleme gösterilmektedir. Çünkü hayvanın sindirim sistemi ağır metal kontaminasyonuna karşı etkili bir şekilde görev yapan biyolojik bir filtre durumundadır. Bu yüzden hayvan belirli bir düzeye kadar alınan kadmiyumu doğal bir şekilde filtre ederek süte geçişini engellemektedir. Diğer sebep ise süt sağıldıktan sonra temas ettiği kapların ve ekipmanların ikincil bir kontaminasyon kaynağı oluşturmasıdır (CARL 1991, ANONYMOUS 1992a,). FAO/WHO Ekspertler Komitesi, gıdaların üretim prosesinde paslanmaz çelik malzemelerin kullanılmasının uygun olduğunu özellikle galvanizli ekipmanlardan kaçınmak gerektiğini bildirmiştir (ANONYMOUS 1989).

IDF (International Dairy Federation) süte kadmiyumun 0.0002-0.0008 mg/kg arasında değiştiğini ortalama 0.0005 mg/kg düzeyinde bulunduğunu belirtmektedir. FAO/WHO Ekspertler Komitesi tolere edilebilir haftalık kadmiyum alımının 0.007 mg/kg vücut ağırlığı olarak öngörmüştür. Komite ayrıca süt ve ürünlerinde kadmiyum içeriğinin çok düşük düzeylerde olduğunu belirtmiş ve 1 L süt ya da ona eşdeğer süt ürününün tüketilmesiyle tolere edilebilir haftalık alımın % 1'inden daha az kadmiyumun vücuda alınabileceğini açıklamıştır (ANONYMOUS 1978, ANONYMOUS 1992a).

Diğer yandan her ülkenin kabul edilebilir limiti farklılık göstermektedir. Örneğin Almanya süt için 0.005 mg/kg'a, peynir için 0.05 mg/kg'a kadar bulunmasına izin verirken; Hollanda süt için 0.005 mg/kg'a kadar, peynir için 0.1 mg/kg düzeyinde bir sınırlama getirmektedir. Avustralya bütün süt ve süt ürünleri için 0.05 mg/kg değerini üst sınır olarak kabul ederken; Danimarka 0.01 mg/kg seviyesini üst sınır olarak belirlemiştir (ANONYMOUS 1992a).

Demir (Fe)

İnsan beslenmesi için elzem olan demir, vücutta; hemoglobinin ve çeşitli enzimlerin yapısında yer almaktadır. Hemoglobinin yapısında bulunan demir atomları, oksijenin vücut dokularına ve kaslara taşınmasında rol oynamaktadır. Fe⁺² iyonları hücre içinde proteinlere bağlı bulunmakta ve böylece bir çok bileşenin parçalanma reaksiyonlarında ve çeşitli oksidasyonlarda görev almaktadır (THOMAS 1970, FOX 1982, GURR 1988, ANONYMOUS 1992a).

Sütteki demirin büyük bir kısmı laktoferrin ve yağ globül membranına bağlı olarak, az bir kısmı da α -kazeinin fosfat gruplarında bulunmaktadır (FOX 1982).

IDF/ISO/AOAC grubu, kontamine olmamış sütün yaklaşık 0.2 mg/kg düzeyinde demir içerdiğini bildirmektedir. Hayvanın türü, ırkı, besleme, mevsimsel değişimler, coğrafik farklılıklar ve laktasyon dönemi gibi faktörler sütün demir miktarını etkileyen etmenler arasındadır. Bununla birlikte süte normal içeriğinden fazla miktarda demirin tespit edilmesi, sütün temas ettiği kaplardan ya da ürünün işlenmesi sırasında kullanılan ekipmanlardan kaynaklanan bir kontaminasyon olduğunu göstermektedir (ANONYMOUS 1978, METİN 1996).

Demir yönünden kontamine olmuş gıdaların tüketilmesi sonucu, vücuttaki demir oranı yükselmekte böylece biyolojik yararlılığın önüne geçilerek toksik etkiye neden olmaktadır. Özellikle günlük 40 mg demir alınması toksisiteye yol açmaktadır. Gastrointestinal bölgede absorbe edilen demir, karaciğer, dalak, kemik iliği ve diğer dokularda depolanmaktadır.

Aşırı demir alımı vücut dokularının zarar görmesine özellikle karaciğerde yapısal bozukluklara sebep olmaktadır. Diğer yandan vücutta aşırı demir birikmesi hemochromatosis ve hemosiderosis'e yol açarak siroz hastalığına ve pankreatik diyabete neden olmakta; kanser ve kalp hastalığı riskini artırmaktadır (THOMAS 1970, ANONYMOUS 1992a, FENNEMA 1996).

Demirin toksik etkisi üzerine yapılan bir araştırma sonucu, içme sularında 17 ppm düzeyinde demir bulunan süt ineklerinde kilo kaybı, diyare, süt veriminde azalma ve deride yapı bozukluklarının olduğu tespit edilmiştir (THOMAS 1970).

Normal şartlar altında kontamine olmamış sütün 0.21-0.25 mg/kg demir içerdiği, kolostrumda 12 mg/kg düzeyine ulaştığı ancak birkaç gün içinde normal seviyeye döndüğü bildirilmektedir (ANONYMOUS 1978).

Uluslararası Sütçülük Federasyonu (IDF) erişkinler için günlük alınması gereken demir miktarını 10-20 mg/kg olarak tespit etmiştir (Gurr1988). FAO farklı süt ürünleri için sınırlamalar getirmiştir. Örneğin, tereyağında maksimum 0.2 mg/kg, asitlendirme yöntemiyle elde edilen kazeinde en fazla 20 mg/kg düzeyinde demire izin verilmiştir (ANONYMOUS 1992a).

Diğer yandan farklı ülkelerde bazı süt ürünleri için demir değerleri de şu şekilde belirlenmiştir. Gouda peynirinde 1.20-1.27 mg/kg, Edam peynirinde 1.90-2.90 mg/kg, sert peynirden elde edilen peynir altı suyunda 0.1-0.2 mg/kg, süt tozunda 3.4 mg/kg ve yağsız süt tozunda 2.9 mg/kg olarak saptanmıştır (ANONYMOUS 1992a).

Bakır (Cu)

İnsan beslenmesinde esansiyel bir element olan bakır, doğada yaygın olarak bulunmaktadır. Bakır iyonları kimyasal yapısı itibariyle, proteinlere diğer metallere göre daha kuvvetli bir şekilde bağlandıklarından dolayı proteinlerin fonksiyonlarında anahtar görevi görmektedir. Bütün elementler içinde en fazla katalitik etkiye sahip olan bakır, proteinlerle reaksiyona girerek katalitik aktivitesini daha da artırmaktadır (ANONYMOUS 1978, ANONYMOUS 1992a).

Kan tarafından absorbe edilen bakır, ilk önce serum albumini ile birleşmekte ve daha sonra karaciğer tarafından hızlı bir şekilde absorbe olup ferroksidaz (ceruloplasmin) enziminin bir parçası olarak kanda tekrar yer almaktadır. Bu çok yönlü enzim, vücuttaki bakırın % 93'ünü tutabilme özelliğine sahiptir. Ayrıca sinir sisteminde özellikle tat ve duyu fonksiyonlarının yerine getirilmesinde görev alan bakır, vücutta demirin kullanılabilmesi için elzem bir elementtir. Bununla birlikte bakır; glikoz metabolizmasında, hemoglobin sentezinde ve bağ dokunun oluşmasında kofaktör olarak rol oynamaktadır. Diğer yandan bakır; kalp, beyin, karaciğer ve böbrek dokularındaki enzim sistemlerinde de görev almaktadır. Toplam bakırın yarısı kemik ve kaslarda bulunmaktadır (FOX 1982, ANONYMOUS 1992a).

Sütteki bakırın yaklaşık % 15-50'si yağ globüllerinde yer almaktadır. Yağ globül membranındaki proteinler, sütteki diğer proteinlere göre en yüksek bakır içeriğine sahiptir. Sütteki bakırın yaklaşık % 35'i kazeinle, % 28'i peyniraltı suyu proteinleriyle birlikte bulunmaktadır.

Kontamine olmamış süt, ortalama 0.02-0.05 mg/kg düzeyinde bakır içermektedir. Ancak bu değer hayvanın cinsine, ırkına, laktasyon dönemine ve beslemeye bağlı olarak değişim göstermektedir. Normalde sütün bakır içeriği düşüktür; bu yüzden süt ve süt ürünlerinin bakır seviyesinde gözlenen yükselme, metal kaplardan ya da proses ekipmanlarından herhangi bir şekilde kontaminasyonun olduğunu göstermektedir (FOX 1982).

Hayvanın beslendiği yemin türü, sütün temas ettiği depolama tankları, borular, diğer alet ve ekipmanların cinsi ve peynir üretim ekipmanlarının temizliğinde kullanılan suyun niteliği gibi etmenlerin bakır kontaminasyonunda etkili olduğu bildirilmektedir (PALMIERI 1975, GURR 1988).

Kontaminasyon veya başka nedenlerle alınan fazla bakır, vücutta toksik etki yaratabilmektedir (ANONYMOUS 1978, ANONYMOUS 1992a, METİN 1996). Yüksek konsantrasyonlarda alınan bakır hypercupraemia'ya neden olmaktadır. Ayrıca bakır, karaciğer ve beyin dokularında birikerek; sinir sisteminin bozulması, gözlerde renk halkalarının oluşması gibi belirtilerle ortaya çıkan Wilson's hastalığına ve siroza yol açmaktadır.

Ancak vücudun bakıra karşı toleransı yüksektir. Günde 0.5 mg/kg düzeyine kadar bakır alınması sağlık açısından bir risk oluşturmamaktadır. Diğer yandan 0.8 mg/kg'dan daha fazla bakır alınması toksik etki göstermektedir (ANONYMOUS 1974, ANONYMOUS 1992a).

FAO/WHO'nun farklı yıllarda süt ve ürünlerindeki bakır içeriğine ait vermiş olduğu raporlarda çeşitli ülkelerin elde ettiği değerlerden bazıları şu şekilde belirtilmektedir (ANONYMOUS 1992a). 1983 yılı çiğ süt raporunda, Çekoslovakya'da bakır değerinin çiğ süt için 0.08-0.32 mg/kg olduğu bildirilmektedir. Aynı ülke 1983-1986 yıllarına ait raporlarda süt tozunda 0.52-1.52 mg/kg düzeyinde bakırın bulunduğunu açıklamıştır. Finlandiya, Edam peyniri için 0.70-1.06 mg/kg; İspanya, yarı sert peynirde 0.45-1.06 mg/kg; Çekoslovakya, eritme peynirinde 0.22-0.55 mg/kg; Japonya ise Gouda peynirinde 0.24-0.39 mg/kg düzeyinde bakır tespit etmişlerdir.

Çinko (Zn)

Büyüme gelişmeyi sağlayan çinko, vücutta yaraların iyileşmesi, bağışıklık sisteminin normal fonksiyonunu yerine getirebilmesi gibi fizyolojik bakımından önem taşımaktadır. Çinko, DNA ve RNA sentezinde dolayısıyla protein sentezinde rol almaktadır. Özellikle hücre yenilenmesi, dokuların gelişmesi ve onarılmasında çinko önemli bir yer tutmaktadır (FOX 1982, ANONYMOUS 1992a, JENSEN 1995, METİN 1996).

Çinkonun Zn^{+2} iyonları, biyolojik bakımdan eni aktif formudur. Çinkonun yüksek pH değerlerindeki sulu solüsyonları; ortamda amino asitlerin, peptitlerin, proteinlerin ve diğer organik asitlerin bulunmadığı durumda hidroksit yapısında çökme eğilimi göstermektedir.

Sütteki çinkonun büyük bir bölümü yağsız süt fraksiyonlarına bağlı bulunurken yalnızca % 3-14'ü lipit fraksiyonlarında yer almaktadır. Yağsız süt fraksiyonlarında bulunan çinkonun % 95'ten fazlası kazein misellerinde koloidal kalsiyum fosfata bağlı olarak, geri kalanı ise düşük molekül ağırlıklı bileşiklerle muhtemelen sitratlarla birlikte bulunmaktadır (RENNER 1983, GURR 1988, ANONYMOUS 1992a, METİN 1996).

Kontaminasyon ya da farklı şekillerde aşırı dozda çinko alınması toksik etki yaratmaktadır. Özellikle bağışıklık sistemini ve serum lipitlerinin yapısını olumsuz yönde etkilemektedir. Hatta bu durum, bakır eksikliğine yol açarak anemiye sebep olmaktadır. Ayrıca karın ağrısı ve mide bulantısı gibi belirtilerle ortaya çıkan sindirim sistemi rahatsızlıklarına da yol açmaktadır (ANONYMOUS 1992a).

Diyetlerle alınan protein miktarıyla orantılı olarak çinko absorpsiyonu da artmaktadır. Gıdalarla alınan çinkonun % 20'sinin absorbe edildiği düşünülerek erişkinlerin günlük 15 mg çinko almaları gerektiği bildirilmektedir. Vücuda alınan çinko miktarının 400 mg'ı aşması durumunda toksik etkiye neden olduğu saptanmıştır (KOOPS vd 1986, GURR 1988, ANONYMOUS 1992a).

Sütün yaklaşık 4 mg/kg çinko içerdiği belirtilerek günlük çinko ihtiyacının karşılanmasında önemli bir katkısının olduğu bildirilmektedir (KOOPS vd 1986). Diğer süt ürünlerinin çinko içerikleri ise sert tip peynirde 28-45 mg/kg, yumuşak tip peynirde 3-20 mg/kg, süt tozunda 31 mg/kg, tereyağında 3.5 mg/kg olarak belirtilmektedir (ANONYMOUS 1992a).

KAYNAKLAR

- ANONYMOUS 1974. Copper contamination in the context of modern milk production. International Dairy Federation Bulletin, No:81.
- ANONYMOUS, 1978. Metal contaminants in milk and milk products. International Dairy Federation Bulletin, No: 105.
- ANONYMOUS. 1989. Evaluation of certain food additives and contaminants. Thirty-third Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food additives, WHO Technical Report Series 776, Geneva.
- ANONYMOUS, 1992a. Trace elements in milk and milk products. International Dairy Federation Bulletin, No: 278.
- ANONYMOUS, 1992b. Environmental Health Criteria 134: Cadmium, IPCS International Programme Chemical Safety. WHO-Geneva.
- ANONYMOUS.1994a. Discussion paper on lead. Joint FAO/WHO Foods standards programme. Codex committee on food additives and contaminants, Twenty-seventh session. Food and Agriculture Organization of United Nations., CX/FAC 95/18, Rome.
- ANONYMOUS. 1994b. Position paper on Cadmium. Joint FAO/WHO Foods standards programme. Codex committee on food additives and contaminants, Twenty-seventh session. Food and Agriculture Organization of United Nations., CX/FAC 95/19, Rome.

- ANONYMOUS. 1997. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, 16 Kasım 1997, Sayı: 23172, Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ANONYMOUS. 1999. The importance of food quality and safety for developing countries. Joint FAO/WHO Foods Standards Programme. Committee on world food security, twenty-fifth session. Food and Agriculture Organization of United Nations. CFS:99/3, Rome.
- BIDDLE, G.N., 1982. Toxicology of lead: Primer for Analytical Chemists. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 65(4);947-952.
- BIEGO, G.H., JOYEUX, M., HARTEMAN, P. and DEBRY, G. 1998. Determination of mineral contents in different kinds of milk and estimation of dietary intake in infants. Food Additives and Contaminants, 15(7);775-781.
- BLUTHGEN, B., BURT, R. and HEESCHEN, W.H. 1997. Heavy metals and other trace Elements. Monograph on residues and contaminants in milk and milk products. FIL-IDF Special Issue 9701. p.1-132. Belgium.
- CARL, M. 1991. Heavy metals and other trace elements. Residues and contaminants in milk and milk products. FIL-IDF Special Issue 9101. p.1-189. Belgium.
- CONCON, J.M., 1988. Food Toxicology, Part B: Contaminants and Additives, Marcel Dekker Inc, 1351 p., New York and Basel.
- CONI, E., BOCCA, A., COPPOLELLI, P., CAROLI, S., CAVALLUCCI, C. and MARINUCCI, M.T. 1993. Mineral and trace element content in sheep and goat milk and dairy products. Food Chemistry, 57(2); 253-260.
- DABEKA, R.W. and MCKENZIE A.D. 1988. Lead and cadmium levels commercial infant foods and dietary intake by infants 0-1 year old. Food Additives and Contaminants, 5(3); 333-342.
- DABEKA, R.W., MCKENZIE, A.D. 1992. Total diet study of lead and cadmium in food composites: Preliminary investigations. Journal of AOAC International, 75(3);386-394.
- FENNEMA, O.R. 1996. Food Chemistry. Minerals, chapter 9. Third edition, Marcel Dekker Inc., 1069 p., New York.
- FRIBERG, L., PISCATOR, M., NORDBERG, G.F. and KJELLSTROM, T. 1974. Cadmium in the environment. Second edition, 1-248 p., Sweden.
- FOX, P.F., 1982. Developments in Dairy Chemistry-3 (Lactose and minor constituents). Elsevier Applied Science Publishers, 405 p., London.
- GALAL-GORCHEV, H.G. 1993. Dietary intake levels in food and estimated intake of lead, cadmium and mercury. Food Additives and Contaminants, 10(1);115-128.
- GURR, M.I., 1988. Milk Products and Health. Nutritional Significance of Essential Trace Elements in Dairy Foods. Chapter 3. International Dairy Federation Bulletin, No: 222.
- JENSEN, R.G. 1995. Micro minerals in human and animal milks, Handbook of milk composition. Chapter:7, Academic press, 919 p., New York.
- KOOPS, J. and WESTERBEEK, D. 1978. Determination lead and cadmium in pasteurized liquid milk by flameless atomic absorption spectrophotometry. Netherlands Milk Dairy Journal, 32;149-169.
- KOOPS, J., KLOMP, H. and WESTERBEEK, D. 1986. Spectrophotometric and flame atomic absorption spectrometric determination of zinc in milk and milk products. Comparison methods. Netherlands Milk Dairy Journal, 40;337-350.
- LARSEN, E.H. and RASMUSSEN, L. 1991. Chromium, lead and cadmium in Danish milk products and cheese determined by Zeeman graphite furnace atomic absorption spectrometry after direct injection or pressurized ashing. Z. Lebensm. Unters. Forsch., 192;136-141
- METİN, M. ve SALDAMLI, İ. 1977. Gıdalarda bulunan yabancı maddeler, Gıda, Gıda ve Fermentasyon Teknolojisi Yayın Organı , ayrı basım, yıl:2, sayı:1, Ankara.
- METİN, M. 1996. Süt Teknolojisi. 1. Bölüm, Sütün Bileşimi ve İşlenmesi. E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları: 33, 623 s., Bornova-İzmir.
- MILLER, W.J., LAMPP, B., POWELL, G.W., SALOTTI, C.A. and BLACKMON, D.M. 1967. Influence of high level of dietary cadmium on cadmium content in milk, excretion and cow performance. Journal of Dairy Science, 50(9); 1404-1405.
- MITCHELL, G.E. 1981. Trace metal levels in Queensland dairy products. The Australian Journal of Dairy Technology, 36(2);70-73.
- PALMIERI, S. 1975. Copper content of Italian butters. Dairy Science Abstracts, 37(11);717.
- RENNER, E., 1983. Milk and Dairy Products in Human Nutrition. Justus-Leibig-University Giessen, Federal Republic of Germany, p. 450, Germany.
- ROBARDS, K., and WORSFOLD, P. 1991. Cadmium: Toxicology and Analysis. Analyst, vol:116, p. 549-568.
- SALDAMLI, İ. 1998. Mineraller, Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- THOMAS, J.W. 1970. Metabolism of iron and manganese. Journal of Dairy Science, 53(3);1107-1117.
- TURAN, S. 1996. İnsan ağız sütü (kolostrum) ağır metal içeriğinin atomik absorpsiyon spektrometrik yöntemle araştırılması. Yüksek lisans tezi (basılmamış). T.C. Genel Kurmay Başkanlığı Gülhane Askeri Tıp Akademisi Askeri Tıp Fakültesi Analitik Toksikoloji Anabilim Dalı Başkanlığı, Ankara.
- VURAL, N. 1984. Toksikoloji. Metalik zehirler, Çevremizde ve endüstrimizde bulunan önemli toksik maddeler., A.Ü. Eczacılık Fakültesi Yayınları:53, 416 s., Ankara.
- VURAL, N. 1996. Toksikoloji. Metalik zehirler. A.Ü. Eczacılık Fakültesi Yayınları:3, 659 s., Ankara.