



Derleme

<http://stgbd.selcuk.edu.tr/stgbd>
Selçuk Üniversitesi
Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi
26 (4): (2012) 73-80
ISSN:1309-0550



Gıdalardaki Ağır Metal Kontaminasyonları: Güncel Bakış

Duygu TÜRKÖZÜ^{1,2}, Nevin ŞANLIER¹

¹Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara/Türkiye

(Geliş Tarihi: 23.12.2011, Kabul Tarihi: 06.06.2012)

Özet

Ağır metaller, periyodik cetvelin üçüncü ya da daha yüksek periyodunda bulunan ve fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm³'ten daha yüksek olan metaller için kullanılan bir terimdir. Ağır metaller çok çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri, yaygın kirlenme nedeni oluşturmaları, çevre koşullarına dayanıklı olmaları, daima biyolojik sistemlere yönelik etki göstermeleri ve kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda artan yoğunluklarda birikebilmeleri nedeniyle diğer kimyasal kirleticiler arasında ayrı bir önem taşımaktadırlar. Birçok ağır metal; toprak, toprak, toprak maddeleri, yağım ve endüstriyel atıklar, içme suları, pişirme ve işleme ekipmanları, seramik ürünler, paketlenme-kutulama aşamaları gibi kaynaklardan bulaşarak sağlığımızı her geçen gün artan bir risk ile tehdit etmektedirler. Ağır metal kontaminasyonunun önlenmesi amacı ile ulusal ve uluslararası alanda yapılan bazı yasal düzenlemeler mevcuttur. Bu derlemede, insan sağlığı ile olumsuz etkileşimde olan bazı ağır metaller, gıdalara bulaşma yolları ve kaynakları tartışılacak olup ilgili ulusal-uluslararası yasal düzenlemelerden kısaca bahsedilecektir.

Anahtar Kelimeler: Gıdalar, Ağır Metaller, Kontaminasyon, Sağlık

Current Overview: Heavy Metal Contamination of Food

Abstract

Heavy metals is the term used for metals which are the third or higher period in periodic table whose density is higher than 5 g/cm³ higher according to the physical properties Heavy metals are more important than other chemical contaminants as for getting from many different sources, causing widely contamination, being resistant to different environmental conditions and always effecting on biological systems and increasing concentrations of heavy metals accumulate in organisms can easily enter the food chain. Human health are being increasingly threatened by the heavy metals day by day via contaminating from various sources such as soil reclamation agents, sewage and industrial waste, drinking water, cooking and processing equipment, ceramic products, packaging stages of boxing. Hence, some national and international legal arrangements are available to prevent heavy metal contamination. In this review, the main contamination ways and sources to food together with related to legal regulations of some heavy metals that adversely interact to human health are briefly discussed.

Key Words: Foods, Heavy Metals, Contamination, Health

Giriş

Yirminci yüzyılın başından itibaren dünyada hızla artan nüfus etkisiyle modern tarıma geçilmesi, hızlı sanayileşme, kentleşme sonucunda çevre kirliliği problemleri ortaya çıkmaya başlamıştır (Stresty and Madhava, 1999). Endüstrileşme ve kentleşmeye bağlı olarak artan çevre kirliliği ile birlikte toprak kirliliği de ortaya çıkmış ve canlılar üzerinde tehlikeli olabilecek boyutlara ulaşmıştır. Doğrudan ve dolaylı yollarla oluşabilen çevre ve toprak kirliliğine paralel olarak, besin kaynakları besin zinciri yoluyla kirlenmeye uğramakta ve insanlar için önemli sağlık sorunları oluşturabilmektedir (Vural, 1993).

Kodeks Alimentarius Komisyonu (CAC) gıda kontaminantlarını; gıdalara istenilerek katılmadığı halde

üretim, işleme, hazırlama, depolama, ambalajlama, taşıma veya çevre kirlenmesi sonucunda bulaşan kimyasal maddeler olarak tanımlanmaktadır (Anonymous, 1997). Son yıllarda insan sağlığını tehdit eden en önemli gıda kontaminantlarından birisi olarak ağır metaller karşımıza çıkmaktadır. Bu derlemede, insan sağlığı ile olumsuz etkileşimde olan bazı ağır metaller, gıdalara bulaşma yolları ve kaynakları tartışılacak olup ulusal-uluslararası yasal düzenlemelerden kısaca bahsedilecektir.

Ağır Metaller

Ağır metaller, periyodik cetvelin üçüncü ya da daha yüksek periyodunda bulunan ve fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm³'ten daha yüksek olan metaller ile metalloidler için kullanılan ve insan sağlığı

²Sorumlu Yazar: duygu_turkozu@gmail.com

ğını tehdit eden genel bir terimdir. Bu gruba atom ağırlığı 24 olan kromla metal olmayan arsenik ve selenyum ile kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), krom (Cr), demir (Fe), kobalt (Co), bakır (Cu), arsenik (As), kalay (Sn), alüminyum (Al), nikel (Ni), civa (Hg) ve çinko (Zn) olmak üzere 60 tan fazla metal dâhil edilmektedir (Duffus, 2002).

Ağır Metallerin Doğada Yayılımı

Ağır metaller; doğada genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatların içerisinde bulunmaktadır. Ağır metallerin doğal çevirimlerden ziyade, insan faaliyetlerinin çevreye yayılımda daha etkili olduğu gözlenmektedir. Çeşitli yollarla çevreye kontamine olan ağır metaller; çevreden tahıllara, metallerle kirlenmiş otlarla beslenen hayvanlardan süt ve etlerine, kirlenmiş suların kullanılan balıklara veya yiyecek üretimi esnasında kullanılan araç ve gereçlerden bulaşabilmektedir. Ayrıca endüstriyel atıklar ile yer altı ve içme sularına, toprağa ve havaya karışabilmektedirler (Afoakwa, 2008). Ağır metallerin gıdalara kontamine olma riski gün geçtikçe artış göstermekte olup her geçen gün gıdaların içerisinde daha çok yer almaktadır (Anonymus, 2009).

Ağır Metallerin Bulaşma Kaynakları

Toprak

Toprak, gıdalarda bulunan esansiyel ve toksik minerallerin başlıca kaynağıdır. Verimli topraklar bitkinin yetişmesi için gerekli olan elementlerle birlikte geniş oranda ve değişen konsantrasyonlarda metal içermektedir (Basta, et al., 2005). Çeşitli yollar ile kirlenen toprakta yetiştirilen ürünler kirlenmekte ve ağır metal içerikleri artış göstermektedir (Notten, et al., 2005).

Kimyasal Tarım Maddeleri ve Gübreler

Tarım toprağının ıslah edilmesi, toprakta ve toprak mahsullerinin bileşiminde önemli değişikliklere yol açabilmektedir (Notten, et al., 2005). Bazı gübreler ve tarımda kullanılan kimyasal maddeler yüksek seviyede toksik metaller içermekte ve bu durum gıdalarda kirliliğe yol açabilmektedir. Yapılan bir çalışmada; üzüm üzerinde kullanılan bakır içerikli mantar ilacının şarapta kirliliğe neden olduğu bildirilmiştir (Melgar, et al., 2009). Polonya, Bulgaristan ve İtalya'da belirli bölgelerde yetiştirilen ve pestisit ve gübre kullanılan meyvelerden elde edilen şarap ve alkollerde ağır metal seviyesi Avrupa Birliği'nin yasal olarak izin verdiği sınırlardan yüksek bulunmuştur (Formicci, et al., 2012). Aynı şekilde; durum buğdayı üzerinde kullanılan pestisitlerin; kadmiyum, kurşun ve arsenik kirliliğine neden olduğu saptanmıştır (Atafar, et al., 2010).

Endüstriyel Kirlilik

Endüstriyel faaliyetler nedeniyle gıdaların kirlenmesi oldukça yaygındır. Japonya'daki bazı maden bölgelerindeki pirinçte Cd oluşmasının nedeninin atık su, İngiltere'de yetiştirilen sebzelerdeki yüksek Cd seviyesinin sorumlusunun da maden çalışmalarından sızan suyun olduğu tespit edilmiştir (Shimbo, et al., 2001). Türkiye'de yapılan çalışmalarda da, sanayi atıkları ile kirlenen sularda bulunan yumuşakçaların çeşitli dokularında geniş oranda potansiyel zehirli metallerin biriktiği saptanmıştır (Atabeyoğlu and Atamanalp, 2010).

Hava Kirliliği

Ağır metal kirliliğinin %60'ını oluşturan maddelerden; kurşun (Pb) motorlu araçlarda vuruntuyu önlemek üzere benzine katılan tetra etik kurşundan, nikel (Ni) ise daha çok dizel yakıtından ve motor yağlarından kirletici olarak açığa çıkmaktadır. Kadmiyum (Cd) ise yanan motor yağından ve en çok dizel yakıtından atmosfere katılmaktadır. Bu ağır metaller canlılar üzerinde, özellikle Kurşun ve Nikel kirlenmesi bitkiler üzerinde son derece toksik etkiye sahiptir (Bingöl, et al., 2010). Nijerya'da yapılan bir çalışmada, trafik yoğunluğu fazla olan bölgelerin topraklarında emisyonun etkisiyle toprakta daha yüksek oranda Fe, Cu, Cd, Pb, Mn ve Zn birikiminin olduğu bildirilmiştir (Abechi, et al., 2010).

Atık Sular

Gıdalardaki metalik kirlilikte önemli etkenlerden biri de atık sulardır. Çeşitli endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan atık suların içinde bazen eser miktarda bazen de yüksek derişimlerde ağır metaller bulunur (Kumbur, et al., 2008). Atık suların karıştığı Musi nehri çevresinde yetişen yeşil yapraklı sebzeler başta olmak üzere çeşitli sebzelerde yüksek seviyede kurşun, çinko, krom ve nikel birikimi olduğu bildirilmiştir (Chary, et al., 2008).

Lağım Atıkları

Lağım atıkları; genellikle yaklaşık 1.500 mg/kg Cd, 8.000 mg/kg Cu, 62.000 mg/kg Fe ve 49.000 mg/kg Zn olmak üzere çeşitli potansiyel zehirli elementleri yüksek konsantrasyonlarda içermektedir (Reilly C, 2007; Smith, 2008). Dolayısıyla, lağım atıklarının serpmeye gübre olarak kullanılması, ürünlerde kirliliğe neden olabilmektedir. Lağım atıklarıyla işlenmiş topraklarda yetiştirilen gıdaların yol açtığı sağlık sorunları nedeniyle Türkiye'de dahil olmak üzere pek çok ülkede tarımda lağım atıkları ve atık suların kullanımına yönelik kısıtlamalar getirilmiştir (Kukul, et al., 2007).

İşleme Ekipmanları

Besin işleme ekipmanları, uzun yıllardır besinlerdeki metal kirliliğinin bir kaynağı olarak kabul edil-

mekte olup son zamanlarda modern işletmelerde kullanılmak üzere onaylanmış olan yüksek kaliteli metal malzemeler bu kontaminasyonu engellemektedir. Ayrıca ekipmanları temizlemek amacıyla kullanılan bazı deterjan türleri de paslanmaz çelikte; As, Pb ve Cd çözünmesine yol açabilmekte ve kontaminasyonlara neden olabilmektedir (Whitman,1978).

Pişirme Araç ve Gereçleri

Eskiden olduğu gibi günümüzde de kalaylı bakır tavalarda besinlerdeki ağır metalin kaynağı olup, bu mutfak malzemeleri içinde pişirilen lahanadaki Pb seviyesinin 0.15 mg/kg'den 0.79 mg/kg'ye ve Cu seviyesinin 1.36 mg/kg'den 2.07 mg/kg'ye yükseldiği bildirilmektedir. (Reilly, 1978). Ayrıca Güney Afrika'da bulunan topluluklarda geleneksel olarak kullanılan dökme demir çaydanlıklar ve içilen ev yapımı biralar, demir toksisitesi ve kanser vakalarıyla ilişkilendirilmektedir (Matsha, et al., 2006).

Seramik Ürünler

Uluslararası Standartlar Teşkilatı (IOS) düzenlemelerine uygun şartlarda üretilen toprak kapların aksine kötü yapılmış olan seramik ürünlerinin pek çok potansiyel zehirli elementin kontaminasyonuna neden olabileceğini bildirmektedir (Bolger, 1996). Gıda ve İlaç Örgütü (FDA)'ne göre kurşun sırla kaplanmış ve hasar görmüş seramik ürünler Amerika'da besinsel kaynaklı Pb'nin önemli kaynağıdır.

Paketleme ve Kutulama İşlemi

Çeşitli gelişmiş tekniklerin kullanımıyla kontaminasyon sorunu büyük ölçüde çözülmüş olup risk az da olsa devam etmektedir (Alvarez, et al., 2011). Özellikle kutulanmış besinlerden ağır metal kontaminasyonu en fazla asidik besinlerde görülmekte ve bu durum depolama sıcaklığına ve süresiyle ilişkili bulunmaktadır (Ramonaityte, 2001). Ayrıca paketleme işlemi sırasında da ağır metal kontaminasyonu meydana gelebilmektedir. Yapılan bir çalışmada; ekme paketleri üzerinde yüksek oranda Pb tespit edilmiştir (Weissel, et al.,1991).Yapılan başka bir çalışmada ise çocukların sıklıkla tükettikleri şekerleme paketlerinden özellikle sarı ve yeşil olanlarının yüksek oranda kurşun içerdiği belirtilmiştir (Kim, et al., 2008).

Gıdalara Kontamine Olabilen Başlıca Ağır Metal Türleri

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA)' nca 12 farklı ülkede değişik besinler üzerinde yapılan çalışmada, sağlık ve kontamine olma riski açısından üzerinde hassasiyetle durulması gereken elementlerin arsenik, kadmiyum, kurşun ve civa olduğu; antimon, demir, bakır ve çinkonun ise daha düşük öneme sahip elementler olduğu belirtilmiştir (Tayar, 2010; Cortes, et al., 1994).

Kurşun (Pb)

Kurşun; yiyecek ve içeceklerde hem doğal hem de katkı maddesi olarak bulunmaktadır. Kanser ve diğer sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Özellikle meyveler, sebzeler, et, deniz ürünleri, su, şarap, meşrubat ve tahıllar kurşun içerebilmektedir (Gülçin Y, et al., 2003;Tayfur M, 2009). Kurşun içeren suyu kullanarak yemek pişirmek besinlerin kurşunla kontaminasyonuna yol açmaktadır (Reilly C, 2007; Kozisek F, 2005; Hışıl, 1989). İngiltere'deki bir şehirdeki daha eski boruları olan evlerde yaşayan bebeklerin ortalama 3.4 mg/hafta alımı olduğu ve bu miktarın yetişkinler için WHO tarafından önerilen tolere edilebilir haftalık alım miktarının bile üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Kozisek F, 2005).

Bazı şaraplarda 100 µg Pb/L seviyesine kadar kurşun tespit edildiği ve bu durumun şişelerdeki kalay kaplı Pb folyo kapaklardan kaynaklandığı ifade edilmektedir. Alkollü içeceklerdeki Pb miktarı, Pb kristal durultma tanklarında depolama ve sırlı toprak kaplarda saklama nedeniyle de artabildiği belirtilmektedir (Reilly C, 2007;Tosun, 2006). Yüksek kaliteli kristal camlardan da kurşun oksit kontaminasyonu olabilmektedir. Kristal içki şişelerinde 3-4 ay saklanan şarap ve alkollü içkilerde 1-2 mg/L kurşun saptanırken, birkaç yıl saklananlarda bu miktar 21 mg/L bulunmuştur (Reilly C, 2007).

Kadmiyum (Cd)

Doğada saf olarak bulunmayan kadmiyum, kükürt başta olmak üzere çinko, çinko-kurşun, çinko-bakır ve kurşun madenlerinde bol miktarda bulunur (Onianwa, 2000). Maden ocağı ve endüstriyel artıkların, kadmiyum içeren fosforlu gübrelerin kullanımının ve toprağın lağım sularıyla kontaminasyonunun sonucu gıdalar kadmiyumla kirlenmektedir. Endüstriyel fabrikalardan salınan kadmiyumun özellikle Japonya'da bulunan pirinç tarlalarındaki ağır metal kirliliğinin en önemli nedeni olduğuna inanılmaktadır (Shimbo, et al., 2001).Yapılan çalışmalar; hububat, patates, yapraklı ve köklü sebzeler, meyveler, sıvı-katı yağlar, et ve süt ürünlerinin kadmiyumla kontamine olabildiğini göstermektedir.Toprağın derinliklerine nüfuz eden kadmiyum, havuç, patates gibi kök bitkilerinde, lahanada, ıspanak gibi posalı yeşil sebzelerde fazla oranda kadmiyum içerebilmektedir (Tayar, 2010). Et, sakatat ve deniz ürünler de diğer gıdalara göre daha yüksek seviyeli kadmiyum kaynaklarıdır (Baysal, 2011).Suda erime özelliği olan kadmiyum, sanayi artığı olarak döküldüğü su kaynaklarında dibe çökmekte ve derinde yaşayan canlılara kontamine olmaktadır. Daha sonra bu bitki ve hayvanların tüketimi veya suda az miktarda erimiş halde kalan kadmiyumun deri ve solungaçlardan emilimi sonucunda balıklara geçmektedir. Bu durum özellikle su dibinde beslenen yumuşakçalar ve kabuklularda da tespit edilmiştir (Cortes, et al., 1994).İçme suyundaki kadmiyum

oranları genel olarak 1 µg/L seviyesinin altındadır (Anonymus,2005). Çinko kaplı-galvanizli boru ve su depolarının kullanılması neticesinde kirlilik oluşabilir (Tosun 2006; Tayfur M,2009). Yapılan bir çalışmada, yağmur suyu birikmiş galvanizli borulardan akan içme suyunda 23 µg/L seviyesi tespit edilmiştir (Reilly, 1985).

Civa (Hg)

Organik civa insanlar için en toksik formdur. Sulardaki mikro ve makroorganizmalar metalik (inorganik) civayı, daha tehlikeli olan organik civa bileşiği olan metil merküre dönüştürürler (Tayar, 2010). Civa, pek çok yiyecek ve içecekte <1 ile 50 µg arasındaki konsantrasyonlarda bulunmaktadır (Anonymus, 2009). Oluşan civalı bileşikler; su ürünlerinde özellikle suyu filtre ederek beslenen midye ve istiridye gibi kabukluların vücutlarında birirmektedir. Dolayısıyla diyetdeki en önemli civa kaynağını kontamine sulardan avlanan su ürünleri oluşturmaktadır (WHO, 2012). Ayrıca sakatatlarda civalı fungusidlerle muamele görmüş tahıl ve diğer bitkisel ürünlerde de toksik düzeylerde civa kalıntılarına rastlanabilmektedir. Kirli sulardaki balıklar 1.61 µg/kg, atık su ile sulanmış topraklarda yetişen marul ise 40 µg/kg kadar Hg içerebilir (Reilly C, 2007).

Arsenik (As)

Arsenik inorganik ve organik olmak üzere iki şekilde doğal olarak bulunur. Ancak besinlere ve çevreye bulaşması, başlıca tarım ilaçları ve endüstriyel uygulamalar ile olmaktadır (Dipankar, et al., 2010)Deniz ürünleri dışındaki besinlerin arsenik içeriği 1 mg/kg seviyesini nadiren aşmaktadır (Anonymus, 1999; Anonymous,2004). Serbest dolaşan balıkların yanı sıra kabuklu deniz ürünleri, deniz yosunu vb diğer deniz ürünleri de besinlerdeki yüksek As seviyesine önemli derecede katkıda bulunabilirler. Yapılan bir çalışmada yengeç etinde 26 mg/kg ve karideslerde 170 mg/kg As tespit edilmiştir. Okyanus mezginitinde (1.0- 6.0 mg/kg) ve ringa balığında (<0.5-2.4 mg/kg) daha düşük miktarlarda As tespit edilirken, kirlenmiş nehir ağzlarında bulunan pisi balığı (0.2-34 mg/kg) ile dil balığında (0.5-24 mg/kg) daha fazla düzeyde As bulunmuştur (Anonymous, 1999).

Bitki kökleri toprakla direk temasta olduklarından havuç vb köklü bitkiler daha yüksek miktarda arsenikle kontamine olurlar.Dolayısıyla meyve ve sebzelerdeki arsenik miktarı genellikle izin verilen sınırlardadır.Ancak FDA, (2011a) özellikle elma suyuna kontamine olan arsenikle ilgili olarak tüketicileri uyarmıştır.

İçilebilir sularının 0-0.010 ppm oranlarında inorganik arsenik içermesine izin verilmektedir .Ancak kaynak suları ve kaplıcalar içme sularına oranla daha yüksek seviyelerde arsenik içerebilmektedirler (Anonymous, 2010a; Anonymous, 2010b).

Bakır (Cu)

Bakır organizma için hem esansiyel hem de toksik bir mineraldir.Bakır, konsantrasyonu çoğunlukla 0.05 ile 2.0 mg/kg arasında değişmek üzere bütün besinlerde mevcuttur. Sakatatlarda, çerezler, tam tahıllı ürünleri vb yüksek oranda Cu içerebilmektedir (Anonymus, 2009). Bakır başta elektronik olmak üzere sanayinin çoğu kollarında ve tarım ilaçlarında bulunmaktadır.Yapılan bir çalışmada, bakır içerikli fungusidlerin uzun süreli kullanımı sonucunda kahve meyvesinin bakır içeriğinde önemli bir artış meydana gelmiştir (Loland ve Singh, 2004).Kaplardan yiyeceklere, özellikle karbonatlı ve asidik olanlara önemli miktarda bakır geçişi olmaktadır.Cu tavada pişirilen yemekler paslanmaz çelik ya da Al kaplarda pişirilen yemeklere oranla iki kat Cu içermektedirler (Hışıl, 1989).

Doğal kaynak sularındaki Cu seviyeleri geniş oranda değişebilmektedir. Kamu için kullanılan kaynaklardaki seviyenin doğal olarak 50 µg/l'lik WHO (1996) seviyesini aşmaması gerekmektedir. Ancak bu değer su dağıtımında bakır boruların kullanıldığı şebekelerden akan asidik ve/veya yumuşak suların tüketimiyle ve suyun sıcak olması halinde aşıldığı bildirilmektedir.Sıcak musluk suyunun, soğuk suya kıyasla 2 kat fazla bakır içerebildiği belirtilmektedir (Tosun, 2006).

Alüminyum (Al)

Bazı baharatlar ve çay yaprakları dışında besinlerde doğal olarak pek bulunmamaktadır. İçme suyu da genellikle önemli bir kaynak değildir (Kozisek, 2005).Besinlerle alınan alüminyumun çoğu besin katkı maddeleri ile besin sanayinde ve evlerde kullanılan alüminyum kaplar, konserveler ve alüminyum folyo aracılığıyla olabilmektedir (Marsh ve Bugusu, 2007).Asidik çözeltilerde çözüldüğü için domates gibi asit içeriği yüksek olan besinlerin alüminyum kaplarda pişirilmesi ve saklanması güvenli değildir. Bu şekilde pişirilen besinlerin suyuna geçen alüminyum miktarı toksik düzeye ulaşmasa da çözünen alüminyum, diğer eser elementlerle bileşik oluşturarak emilimlerini engelleyebilmektedir (Baysal, 2011).

Kalay ve Organotin (Sn)

İnsanlar düşük seviyede olmakla beraber kalay besinlerle birlikte alınmaktadır. Gıda endüstrisinde kullanılan çelik kutular korozyona karşı kalayla kaplanmakta veya laklanmaktadır. Kalay kaplamanın hasarlanmasına bağlı olarak kutu içindeki besinde yüksek seviyelerde kalay bulunabilmektedir (Reilly, 1985). Fransa'da taze besinlerdeki kalay miktarı 0.03±0.03 mg/kg olarak bildirilirken, kutulanmış besinlerde 76.6±36.5 mg/kg olarak rapor edilmiştir (Booth,1996). Kutulanmış etler nadir olarak eser miktarlarda kalay içerirken, domateslerde deki miktarı 50 mg/kg seviyesine kadar çıkabilmektedir. Aynı şekilde; antosiyanin içeren meyve ve sebzeler kalayı yüksek oranda çözücü

etki göstermektedirler. Kutulanmış Frenk Üzümü'nde 100 mg Sn/kg olduğu rapor edilmiştir (Reilly C, 2007).

İnorganik Sn genelde zehirsiz veya belirtileri daha hafif iken, organik Sn (Organotin) bileşikler oldukça zehirlidir. Genotoksisiteden mitokondriyal hasara ve nörotoksititeye kadar değişik etkiler gösterebilir. Avustralya'daki istiridyelerde, İngiltere'deki somonlarda ve Hindistan'da Ganj Nehri'nde bulunan bazı balık türlerinde yüksek miktarlarda organotin bileşikler rapor edilmiştir (Ravichandran and Pathiban, 1998).

Nikel (Ni)

Nikel kirliliği; başta endüstriyel faaliyetler olmak üzere, mineral ve organik gübreler, kimyasal ilaçlar, Ni katkılı dizel yakıtlar ve motor yağlarının egzozla yayılması, endüstri, rafineri ve kanalizasyon atıklarından kaynaklanmaktadır. Bu atıklardaki Ni ağır metali toprağa ve havaya dağılmakta böylece gıdalara geçişi kolay olabilmektedir. Yapılan bir çalışmada, geleneksel ve fast-food tarzı gıdaların Nikel içeriklerinin gıdalara katılan Nikel ile kontamine olmuş baharat, kuru meyve, tam tahıl, mantar nedeniyle artış gösterdiği bildirilmiştir (Cabrera-Vique, et al., 2011). Besin işlemede kullanılan araçlar ve pişirme kaplarından da yiyeceklere geçişler olabilmektedir. Paslanmaz çelik kaplardan değişik besinlerle pişirme koşulları altında 1 saat temas ettiğinde 0.13-0.22 ppm nikel bulaştığı belirlenmiştir. Ayrıca asit karakterdeki besinlerle bazı tür paslanmaz çelik tavalardan 400 ppm'den daha fazla miktarda nikel bulaştığı da rapor edilmiştir (Reilly, 2007). Alet ve ekipmanla beraber gıda maddelerine uygulanan bazı işlemler de nikel kontaminasyonu düzeyini etkilemektedir, örneğin, hububatın öğütülmesi veya tahılın parçalanması bu ürünlerin nikel içeriğini azaltırken, pişirme işlemi bu düzeyi artırmaktadır. Yapılan bir çalışmada bir saatlik pişirme sonrası çelikten gıda maddesine 0.13-0.22 ppb düzeyinde nikelin geçtiğini göstermiştir (Çağlarımak, et al., 2010).

Ağır Metaller ve Sağlık Etkileşimi

Metalik bakımdan kontamine olmuş bir besinin tüketilmesiyle vücuda alınan ağır metaller, maruz kalınan konsantrasyona, yağ dokusu, kemik vb. dokularda tutulma miktarına bağlı olarak vücutta çeşitli düzensizliklere ve çeşitli kanser türleri, organ yetmezlikleri, kardiyovasküler hastalıklar gibi kronik boyutlarda önemli sağlık sorunlarına yol açmaktadır (Järup, et al., 2003).

Kurşun insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en önemli zararı veren ilk metal olma özelliği taşımaktadır. Kandaki kurşun seviyesinin 100 µg/dL'yi aştığı durumlarda; sinir sistemi bozuklukları, kansızlık, böbrek yetmezliği, başka körlük, kolik, D vitamini metabolizmasında bozukluk gibi kronik kurşun zehir-

lenmelerinde görülebilen diğer belirtilerdir (Piomelli, 2002).

Uluslararası Kanser Araştırma Enstitüsü (IARC), kadmiyumu insanlar için karsinojen element olarak belirlemiştir (Anonymous, 1993). Diğer metallerde olduğu gibi kadmiyum da vücut tarafından kolay atılmamakta ve birikmektedir. Cd alımı akut olarak; mide bulantısına, kusmaya ve karın kramplarına neden olup kronik olarak karaciğer ve böbreklerde yetmezliği, hipertansiyon, kemiklerde tahribat, demir metabolizmasında bozukluk gibi belirtilere neden olmaktadır (Anonymous, 2010 b). JECFA (Anonymous, 2010c) tarafından kadmiyumun aylık tolere edilebilir alım düzeyi 25 µg/kg olarak belirlenmiştir.

Metil civa hem dayanıklı hem de lipofilik olup oldukça tehlikelidir. Hücre membranlarının yanı sıra kan-beyin bariyerinden kolaylıkla geçebilir. Uzun süre günde 0.3 mg ve üzerinde civa alımı zehirlenmeye sonucunda kas koordinasyon bozukluğu, titreme, kekeleme, görme ve işitme kaybı ve ölüme neden olmaktadır. Dolayısıyla 2012 yılında Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) metilcivanın haftalık tolere edilebilir alım seviyesinin 1.3 µg/kg olduğunu bildirmiştir (Anonymous, 2012).

İnorganik arseniğin yüksek düzeylerde alımı; saç, tırnak ve deride birikim, siroz, sarılık, periferik dolaşım bozuklukları, anemi, deride hiperkeratosis ve hiperpigmentasyon, nöropati, gangren, kardiyovasküler hastalıklar belirtilere neden olmaktadır (Kapaj, et al., 2007). Ayrıca arsenik IARC (1993) tarafından Grup I kanserojenler arasında gösterilmektedir. Sürekli alımına bağlı olarak deri, akciğer ve böbrek kanserlerine neden olduğu bilinmektedir (Anonymous, 2011b).

Bu metallerin dışında çinkonun akut toksikolojik belirtileri mide krampı ve ishal şeklinde gözlenmekte ve kronik toksisitesinde deney hayvanları üzerinde kanserojenik etkisi görülmektedir. Kromun fazla miktarda insan vücuduna girmesi ile birlikte oluşan akut zehirlenme; gastrointestinal bulgular, kanama bozukluğu, nöbetler, kalp damar sisteminde şoka bağlı ölüm görülebilmektedir. Selenyum ve bor zehirlenmesi ile bulantı, kusma karın ağrısı, titreme, tırnaklarda değişiklikler, saç dökülmesi, deride renk değişikliği, dermatit, dişlerde çürüme gözlenebilmektedir. Uzun süreli antimona maruz kalımda ise optik sinir hasarı ve retina kanama görülmektedir (Anonymous, 1996; Tayfur, 2009).

Yasal Düzenlemeler

Türkiye'deki Yasal Düzenlemeler

Ülkemizde ağır metaller ile ilgili olarak Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından düzenlenen bazı yasal düzenlemeler mevcuttur. Bu çerçevede gıdalara kontamine olan ağır metallerin maksimum

limitleri; 5996 sayılı kanuna dayalı olarak hazırlanan 29.12.2011 tarihli ve 28137 sayılı Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'nde belirtilmiştir (Anonymus, 2011c).

Uluslararası Yasal Düzenlemeler

Uluslararası alanda da besinlerin ağır metal içerikleri ile ilgili birçok yasal düzenleme mevcuttur. CAC, FDA ve Avrupa Komisyonu (EU) tarafından yiyecek ve içeceklerde bulunması gereken maksimum arsenik, antimon, kadmiyum, krom, kurşun ve civa miktarları bildirilmiştir. Bunun yanı sıra ülkemizde olduğu gibi diğer ülkelerde de ağır metaller ile ilgili çeşitli ulusal yasal düzenlemeler bulunmaktadır (Anonymus, 2011d).

Sonuç ve Öneriler

Ağır metal kontaminasyonunun önlenmesi amacı ile kullanılan pişirme araçlarına dikkat etmek, pestisit ve herbisit kalıntıları bulunan yiyecekleri çok iyi bir şekilde yıkamak, ağır metal birikimi fazla olan sakatatlardan-deniz ürünlerinden uzak durmak, yeterli ve dengeli beslenmeye devam etmekte yarar vardır. Ancak ağır metal kontaminasyonunun önlenmesi ya da azaltılması daha çok devlet tabanlıdır. Devletin ilgili ve görevli kuruluşları tarafından sağlık açısından önemli sorunlar oluşturan ağır metallerin tüm besin örneklerinde sürekli olarak izlenmesi ve çevre yönetim sistemlerine sıkı denetimler uygulanması, devlet politikaları geliştirilmesi, toplumun bilinçlendirilmesi, çevre ile ilgili mevzuatların sıkı denetimleriyle uygulanabilir hale gelmesi ve değişen dünya koşullarına karşın titizlikle ve sürekli olarak revize edilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

Abechi, E.S., Okunola, O.J., Zubairul, S.M.J., Usman, A.A. and Apene, E.2010.Evaluation of heavy metals in roadside soils of major streets in Jos metropolis, Nigeria.Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology.2(6):98-102.

Afoakwa,O.2008.Melamine contamination of infant Formula in China: the causes.AJFAND Online Journal.8: 1-9.

Alvarez,V.B., Pascall,M.A.2011.Packaging. [Encyclopedia of Dairy Sciences \(Second Edition\)](#) Academic Press:16-23.

Anonymus, 1993.IARC.Summaries & evaluations: Cadmium and cadmium compounds (Group 1). Available in: <http://www.inchem.org/documents/iarc/vol58/mon058-2.html>

Anonymus, 1996.World Health Organization (WHO).Trace Elements in Human Nutrition and Health. Geneva.1996.

http://whqlibdoc.who.int/publications/1996/9241561734_eng.pdf

Anonymus, 1997.Codex Alimentarius Commission (CAC), Procedural Manual, 10th ed., Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Rome.

Anonymus, 1999.Committee on Toxicity of Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment statement on Arsenic in Food: Results of the 1999 Total Diet Study. Available in: <http://cot.food.gov.uk/pdfs/ArsenicStatement.PDF>

Anonymus, 2004.IARC Working Groups Arsenic and arsenic compounds. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/mono100C-6.pdf>

Anonymus, 2006.Environmental Protection Agency (EPA). Arsenic in Drinking Water. <http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/arsenic/index.cfm>

Anonymus, 2009.Global Environment Monitoring System – Food Contamination Monitoring and Assessment Programme (GEMS/Food) Contaminants Data-base Geneva, World Health Organization. Available in: <http://www.who.int/foodsafety/chem/gems/en/index.html>

Anonymus, 2010a.FAO/WHO.Summary and conclusions of the seventy-third meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Geneva, 8-17 June 2010. Rome, Available in: <http://www.who.int/entity/foodsafety/publications/chem/summary73.pdf>

Anonymus, 2010b.World Health Organization (WHO) Preventing Disease Through Healthy Environments Exposure to Cadmium: A Major Public Health Concern. <http://www.who.int/ipcs/features/cadmium.pdf>

Anonymus, 2010c.Joint FAO/WHO EXPERT Committee on Food Additives Seventy-second meeting Rome,Summary and Conclusions. http://www.who.int/foodsafety/chem/summary72_rev.pdf

Anonymus, 2011a.Food and Drug Administration (FDA).Widens Look at Arsenic in Apple Juice.FDA Consumer Health Information/U.S. Food and Drug Administration, December 2011.Available in: <http://www.fda.gov/ForConsumers/ConsumerUpdates/ucm283235.htm>

Anonymus, 2011b.American Cancer Society.Available in: <http://www.cancer.org/cancer/cancercauses/othercarcinogens/intheworkplace/arsenic>

- Anonymus, 2011c.T.C.Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği.Available in: http://www.gkgm.gov.tr/mevzuat/kodeks/kodeks_yonetmelik/bulasanlar_yonetmelik.html
- Anonymus, 2011d.International/National Standards for Heavy Metals in Food. <http://www.govtlab.gov.hk/g/texchange/Stds%20for%20heavy%20metals.pdf>
- Anonymus, 2012.Mercury in food-EFSA updates on risks for public health.Available in: <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/121220.htm>
- Atabeyoğlu, K., Atamanalp, M.2010.Yumuşakçalarda (Molluska) Yapılan Ağır Metal Çalışmaları.Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi.5(1):35-42.
- Atafar, Z., Mesdaghinia, A., Nouri, J., Homae, M., Yunesian, M., Ahmadimoghaddam M., et al.2010.Effect of fertilizer application on soil heavy metal concentration.*Environmental Monitoring and Assessment*.60(1-4):83-89.
- Basta, N.T., Ryan, J.A. and Chaney, R. L.2005. Trace Element Chemistry in Residual-Treated Soil. *Journal of Environmental Quality*.34(1):49-63.
- Baysal, A.2011. Beslenme. 11. Baskı. Hatiboğlu Basın ve Yayım San. Tic. Ltd. Şti, Ankara.
- Bin-göl,M.E.,Geven,F.,Güney,K.,Ketenoglu,O.,Erdoğan, N.2010.Egzoz Gazlarının Bitkilere Etkileri ve Koruma Önerileri. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*.3(2): 63-67.
- Bolger, P.M., Yess, N.J., Gunderson, E.L., Troxell, T.C., Carrington, C.D.1996.Identification and reduction of sources of dietary lead in the U.S. *Food Additives&Contaminants*.13(1):53-60.
- Booth, C.K., Reilly, C., and Farmakalidis, E.1996.Mineral composition of Australian ready-to-eat breakfast cereals.*Journal of Food Composition and Analysis*.9(2):135-147.
- Cabrera-Vique, C., Mesías,M., Bouzas, P.R.2011.[Nickel levels in convenience and fast foods: In vitro study of the dialyzable fraction](#).*Science of The Total Environment*.409(8):1584-1588.
- Chary, N.S., Kamala, C.T., Samuel Suman Raj D.2008.Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 69(3):513-524.
- Cortes, T.E., Das, H.A., Fardy, J.J.,bin Hamzah, Z., Iyer, R.K., Sun, L., Leelhaphunt, N., Muramatsu, Y., Parr, R.M., Qureshi, I.H.1994.Toxic heavy metals and other trace elements in foodstuffs from 12 different countries.An IAEA coordinated research program.[Biological Trace Element Research](#).43-45:415-22.
- Çağlarırnak, N.,Hepçimen, A.Z.2010.Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi.*Akademik Gıda*.8(2):31-35
- Dipankar, C., Rahman,M.M., Das, B., Murrill M., Dey,S., Mukherjee,S.C., et al.2010.Status of groundwater arsenic contamination in Bangladesh: A 14-year study report. [Water Research](#).44(19):5789-5802.
- Duffus, J.H.2002. Heavy metals a meaningless term?IUPAC Technical Report.*Pure and Applied Chemistry*.74:793-807.
- Formicki, G.,Stawarz,R.,Gren,A.Muchacka, R.2012.Cadmium, Copper, Lead and Zinc Concentrations in Low Quality Wines and Alcohol Containing Drinks from Italy, Bulgaria and Poland. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*.1 (February Special issue):753-757.
- Gülçin, Y., Can, G., Şahin, Ü.2002.Çocuklarda asemptomatik kurşun zehirlenmesi.*Cerrahpaşa Tıp Dergisi*.33:197-204.
- Hışıl, Y.1989.Metalik kontaminasyon ve mineral madde korunumu yönünden çift tabanlı çelik tencerelerin diğer tencerelerle kıyaslanması.*GIDA*.14:363-9.
- Järup, L.2003.Hazards of heavy metal contamination.[Oxford Journals Medicine British Medical Bulletin](#).68(1):167-182.
- Kim, K.C., Park,Y.B., Lee,M.J.,Kim,J.B.,Huh,J.W, Kim D.H., Lee,J.B. et al.2008.Levels of heavy metals in candy packages and candies likely to be consumed by small children *Food Research International*.41:411-418.
- Kozisek, F.2005.Health risks from drinking demineralised water. In: *Nutrients in drinking water (WHO)*, Geneva..
- Kukul, Y.S.,Ayben, D., Çalışkan,Ü.,Anaç, S.2007.Aritılmış Atık Suların Tarımda Kullanılması ve İnsan Sağlığı Yönünden Riskler.*Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*.44 (3):101-116.
- Kumbur H., Özsoy,H.D.,Özer, Z.2008Mersin İlinde Tarımsal Alanlarda Kullanılan Kimyasalların Su Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi.*Ekoloji*.17(68):54-58.
- Loland, J.Ø.,Singh, B.R.2004. Copper contamination of soil and vegetation in coffee orchards after long-term use of Cu fungicides. [Nutrient Cycling in Agroecosystems](#).69(3): 203-211.

- Marsh K., and Bugusu, B.2007.Food Packaging:Roles, Materials, and Environmental Issues. *Journal of Food Science*.72(3):39-55.
- [Matsha, T., Brink, L., van Rensburg, S., Hon, D., Lombard, C., Erasmus, R.](#)2006.Traditional home-brewed beer consumption and iron status in patients with esophageal cancer and healthy control subjects from Transkei, South Africa. [Nutrition and Cancer](#).56(1):67-73.
- [Melgar, M.J., Alonso, J.,García, M.A.](#)2009.Mercury in edible mushrooms and underlying soil:Bioconcentration factors and toxicological risk.[Science of The Total Environment](#).407(20):5328-5334.
- Notten, [M.J.M. , Oosthoek, A.J.P., Rozema, J., Aerts, R.](#)2005.Heavy metal concentrations in a soil-plant-snail food chain along a terrestrial soil pollution gradient. [Environmental Pollution](#).138(1):178-190.
- Onianwa, P.C., Lawal, J.A., Ogunkeye, A.A., Orejimi, B.M.2000.Cadmium and nickel composition of Nigerian Foods. *Journal of Food Composition Analysis*.13: 961-9.
- Onionwa, P.C., Adeyemo, A.O., Idowu, O.E., Ogabie-la, E.E.2001.Copper and zinc contents of Nigerian Foods and estimates of the adult dietary intakes. *Food Chemistry*.72: 89-95.
- Piomelli, S.2002.Childhood lead poisoning. [Pediatric Clinics of North America](#).49: 1285 - 304.
- Ramonaityte, D.T.2001.Copper, zinc, tin and lead in canned evaporated milk, produced in Lithuania:the initial content and change in storage.*Food Additives and Contaminants*.18(1):31-37.
- Ravichandran R, and Parthiban, R.1998.Aluminum content of South Indian teas and theirbioavailability. *Journal of Food Science and Technology*.35:349
- Reilly, C.1978.Copper and lead uptake by food prepared in tinned-copper utensils.*Journal of Food Technology*.13(1):71-76.
- Reilly, C.1985.The dietary significance of adventitious iron, zinc, copper and lead indomestically-prepared food. *Food Additives and Contaminants*.2(3):209-215.
- Reilly, C.2007.Heavy Metals.Pollutants in Food-Metals and Metalloids.Taylor&Francis Group:LLC:364-367.
- Shimbo, S., Zhang, Z.W., Watanabe, T., Nakatsuka, H., Matsuda-Inoguchi, N., Higashikawa, K., Ikeda, M.2001.Cadmium and lead contents in rice and other cereal products in Japan in 1998-2000. [Science of the Total Environment](#). 281:165-175.
- [Simon K., Peterson, H. Liber, K., Bhattacharya, P.](#)2006.Human Health Effects From Chronic Arsenic Poisoning-A Review. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*. 41(10):2399-2428.
- [Smith, S.R.](#)2009.A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge.[Environment International](#).35(1):142-56.
- Stresty, T.V.S and Madhava, R.K.V.1999.Ultrastructural alterations in response to zinc and nickel stress in the root cell of pigeonpea.*Environmental and Experimental Botany*.41: 3-13.
- Tayar, M.2010.Ağır Metaller. Gıda Güvenliği.T.C. Marmara Belediyeler Birliği Yayını:90-95.
- Tayfur, M.2009.Zehirli Ağır Metaller.Gıda Kaynaklı Enfeksiyonlar ve Zehirlenmeler. I. Baskı. Kuban Matbaacılık:243-277.
- Tosun, N.B.2006.Besinlere Uygulanan İşleme Yöntemlerinin Mineraller Üzerine Etkisi. *Türkiye Klinikleri Pediatrik Bilimler Dergisi*.2(11):176-184.
- Vural, H.1993.Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler. *Çevre Dergisi*.(8):3-8.
- Weisel, C., Demak, M, Marcus, S. and Goldstein, B.D.1991.Soft plastic bread packaging: lead content and reuse by families. *Americal Journal of Public Health*. 81(6):756-758.
- Witman, W.E.1978.Interactions between structural materials in food plant, and foodstuffs and cleaning agents.*Food Programme*.2:1.