

## Gıdalarımızla Soframıza ve Hayatımıza Giren Toksin: Dioksin

Erol BAYTOK<sup>1</sup> Nuriye Tuğba BİNGÖL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Erciyes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları AD, Kayseri, Türkiye

<sup>2</sup>Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları AD, Van, Türkiye

Geliş tarihi: 20.12.2011

Kabul Tarihi: 05.01.2012

### ÖZET

Dioksinler içerisinde en çok bilinen poliklorodibenzo-para-dioksinler (PCDD), poliklorodibenzofuranlar (PCDF) ve poliklorodifeniller (PCB) hemen her yerde bulunabilen insan ve hayvan sağlığını tehdit eden toksik çevre kirleticileridir. Lipofilik olmaları ve suda az çözümlerinden dolayı gıdalarda birikme potansiyeline sahiptirler. Dioksine daha çok gıda zinciri ile maruz kalınır. Hayvansal gıdalardan et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri ve deniz ürünleri ile daha yüksek olmak üzere; daha düşük düzeyde bitkisel gıdalar yoluyla maruz kalınır. Dioksin ve dioksin benzeri maddelerin çevreye salınımları kimyasal ve tıbbi artıkların yakma fırınlarında yakılması, kağıt endüstrisinde klor içeren yöntemlerin kullanılması, klorlu pestisidlerin ve herbisidlerin üretimiyle olmaktadır ve bu toksik maddeler 1. sınıf kanserojen maddeler içerisinde yer almaktadırlar. Bu derlemede dioksinlerin özellikleri, kaynakları, bitkisel ve hayvansal kaynaklarla hayatımıza nasıl girdiği ve zararları konusunda genel bilgi verilecektir.

### Anahtar Kelimeler

Dioksin, PCDD, PCDF, PCB, Gıda, Çevre

## Dioxin: Toxin Entered in Our Table and Life with Our Food

### SUMMARY

Among the most known dioxins, Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD), polychlorinated dibenzofurans (PCDF) and polychlorinated biphenyls (PCB) are toxic environmental pollutants that could be found everywhere and are human and animals' life threatening chemicals. Because of lipophilic characteristics and low dissolving properties they have accumulating potential in food. Exposure to dioxin happens via food chain, particularly via animal originated food (meat, meat derived products, milk and milk derived food) and sea food, via plant originated food. Release of dioxin and dioxin like substances to the environment occurs thru burning the chemical and medical wastes in incinerators, use of chloride containing methods in paper industry, production of pesticides and herbicides. These toxic substances are among the first degree carcinogens. In this review, general information is given about the properties of dioxins, resources and how they enter to our life and their hazards.

### Key Words

Dioxin, PCDD, PCDF, PCB, Food, Environment

## GİRİŞ

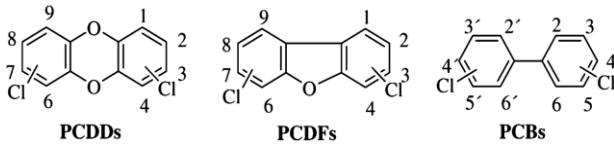
Dioksin ve benzeri bileşikler hemen her yerde bulunabilen insan ve hayvan sağlığını tehdit eden "çok toksik insan yapımı bileşikler" olarak adlandırılan çevre kirleticileridir (Arıkan ve ark. 2009). Dioksinlerin genel olarak endüstriyel bir problem olarak ele alınmalarının nedeni klor ihtiva eden üretim süreçleri veya bunların yakılmasıyla yan ürün olarak ortaya çıkmalarıdır. Toplum, özellikle tükettikleri gıdalardaki hayvansal yağlar vasıtasıyla dioksine maruz kalır (Huwe 2002). Dioksinler, hava yoluyla taşınarak su, toprak ve bitkilerde katı ya da gaz fazında depolanmakta; özellikle hayvansal dokularda ve toprakta daha yoğun bir şekilde birikmektedirler (Güneş 2007; Çiftçi 2008). Bu bileşikler, gerek kimyasal yapılarının stabil olması ve gerekse doğal yapılarının lipofilik karakteri nedeniyle gıdalarda birikerek, çevre ve insan açısından her zaman potansiyel tehlike oluşturabilirler (Vural 1995). Dioksinlerin hayvan vücudundaki birikimi daha çok hayvanların kontamine olmuş bitkileri tüketmeleri yoluyla gerçekleşmektedir (Güneş 2007). Bu derlemede, dioksinlerin özellikleri, kaynakları, bitkisel ve hayvansal kaynaklarla hayatımıza nasıl girdiği ve zararları konusunda genel bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

## Dioksinlerin Özellikleri

PCDD, PCDF ve PCB dioksin ve dioksin benzeri maddeler olarak adlandırılmaktadırlar (Arıkan ve ark. 2009). "Dioksin" terimi, benzer yapıya sahip ancak farklı oranlarda klor içeren iki büyük kimyasal gruba (dioksin ve furanlar) verilen ortak addır. "Poliklorlu bifeniller" aynı tür kompleks kimyasal gruplar olmakla birlikte yapılarında farklı düzeylerde klor bulundurulur. Bu kimyasallarda klorun farklı pozisyonlarda bağlı olması sonucu ortaya 75 farklı dioksin, 135 furan ve 209 PCB çıkmaktadır. Bu kimyasallar, benzer yağlı gıdalarda bulunmaları ve benzer toksik özellik göstermeleri nedeniyle tek bir grup içerisinde (PCB ve PCB benzeri) değerlendirilirler. Atmosferik taşınım araçlarıyla kaynaktan çok uzak mesafelere bile ulaşabildikleri için çevre ve insan sağlığı açısından büyük bir tehlike oluşturmaktadırlar (Vural 1995; Güneş 2007).

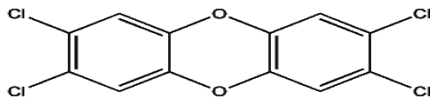
Doğada 210 farklı PCDD/F (75 PCDD, 135 PCDF) bileşiği bulunmaktadır ve bu bileşiklerden 17 tanesi en fazla toksik etkisi olan dioksinlerdir (Şekil 1). Bu toksik bileşikler, 4 ya da daha fazla klor atomu içeren dioksin türevleridir (Güneş 2007). Bu bileşiklerden en fazla toksik etkiye sahip olan 2,3,7,8- Tetraklorodibenzo-para-dioksin (TCDD)'dir (Çiftçi 2008) (Şekil 2). Dioksin türevlerinin toksisiteleri TCDD'e göre

belirlenmekte ve her bir bileşiğe bir toksisite denklik faktörü (Toxicity Equivalence Factor, TEF) verilmektedir. En toksik dioksin olan TCDD'nin TEF değeri 1'dir. PCB'lerin TEF değeri ise 0.1 civarındadır. Saf TCDD karışımının toksisitesi ise Toplam Dioksin Toksik Eşdeğeri (TEQ) olarak ifade edilmektedir (Fries 1995). Dioksinler üç halka yapısında, çevre şartlarına oldukça dayanıklı, ancak ışıktan kolayca yıkılanabilen, yağda oldukça iyi çözünebilir, suda çözünmeyen kimyasal yapıya sahiptirler. Bu bileşiklerin çevre şartlarına oldukça dayanıklı ve yağda kolay çözünebilir olmaları, besin zincirine kolayca girebilmelerine neden olmaktadır (Koç ve Kısa 2005).



**Şekil 1.** PCDD, PCDF ve PCB'nin kimyasal yapısı (Kulkarni ve ark. 2008)

**Fig 1.** Chemical structure of PCDD, PCDF and PCB



**Şekil 2.** 2,3,7,8- Tetraklorodibenzo-para-dioksin' in (TCDD) kimyasal yapısı (Anonim 1).

**Fig 2.** Chemical Structure of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin (TCDD)

Lipofilik özellik gösteren ve insan vücudunda daha çok yağlı gıdalar yolu ile (et, yumurta, tam yağlı süt, tereyağı vb.) kontamine olan dioksinlerin yarılanma ömürlerinin insanlarda 7-8 yıl, sığırdaki 16,5 hafta, farelerde 12-30 gün arasında değiştiği bildirilmektedir (Keserci ve Çokarar 2000). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından PCDD ve PCDF'ler 1. sınıf kanserojen maddeler içerisinde sayılmış ve insan için günlük tolere edilebilecek dozun 1-4 pg TEQ/kg olduğu bildirilmiştir (WHO 1998).

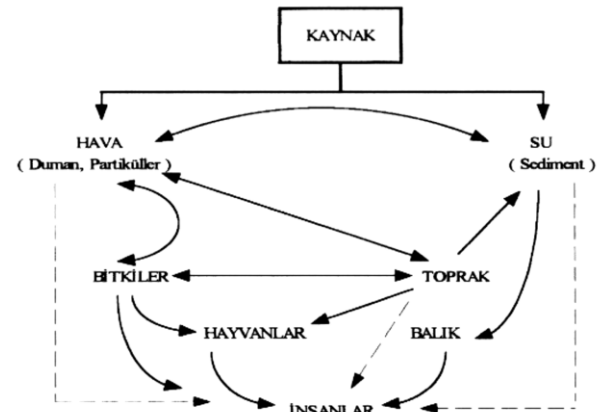
#### Dioksinin Kaynakları

Dioksinler çeşitli endüstriyel prosesler tarafından üretilebilir, ancak önemli dioksin formları sadece yanma prosesleri ile ilişkilidir. Dioksinler ve furanlar 250 °C'nin üzerindeki ısılarda organik materyallerin yanması ile oluşur ve 800 °C'nin üzerindeki ısılarda hızlıca yıkılırlar (Davy 2004). Doğada yanma; kanalizasyon, tıbbi atıklar gibi maddelerin atık yakma tanklarında yakılması, kömür, petrol ve ürünleri gibi çeşitli maddelerin yakılması, kontrol dışı gerçekleşen orman yangınları, metallerin işlenmesi sırasında dioksin ve furanların oluşması için gerekli prosesler;

- Tam olarak yanmamış organik materyaller; kül içerisinde karbonun varlığı dioksin formu için hazır bir platform sağlar ve daha fazla organik madde ile daha az yanmış madde daha yüksek dioksin düzeyleri ile ilgilidir (Cains ve ark. 1997).
- Kataliz için iz metaller; bakır uçucu külün önemli bir bileşenidir ve klorid klor verici özelliğinden dolayı dioksinin oluşmasında önemli bir katalizördür (Buekens ve ark. 1998).
- Sıcaklık 250-450 °C arasında olmakla birlikte pik seviyesindeki üretim 320 °C'de gerçekleşir. Dioksinler yüksek ısıların bir ürünüdür fakat 800 °C'nin üzerinde yıkılırlar (Davy 2004).
- Klor kaynakları; Toksik dioksinler ve furanlar klor içerirler. Sodyum klorür gibi inorganik klorlar zayıf klor kaynaklarıdır. Diğer inorganik klor kaynaklarının da küçük miktarlarda bir arada bulunması klorid

kaynaklarından gelecek klor atomları kadar etkili değildir. Greenpeace örgütü, çok yüksek klor konsantrasyonları ve global dioksin salınımına en büyük katkıyı Poli Vinil Klorür (PVC)'in sağladığını ifade etmiştir (Davy 2004).

Dioksinin katı atıkların yakıldığı fırınların etrafında otlatılan hayvanlara ve böylece etlerine bu yolla bulaştığı bilinmektedir (Vural 1995). Ayrıca dioksin ve furanlar, demir ocakları işletmelerinde, araba tekerleği üretimi gibi kimyasal işlemlerde, ağaç endüstrisinde Cl içeren maddelerin kullanımı durumunda, klorlu fenoller, herbisidler ve klorlu alifatik bileşiklerin kullanım işlemlerinde, biyolojik ve fotokimyasal işlemlerde, mikroorganizmaların klorlu bileşiklere maruz kalmaları ve klorlu fenollerin fotolizisi aşaması gibi olaylarda ortaya çıkabilirler (Agramunt ve ark. 2005; Wang ve ark. 2003). Herbisidler içerisindeki 2,4-diklorofenoksiasetik asit de TCDD içermektedir (Güneş 2007). Ayrıca fungusid, insektisid ve bakterisidlerin üretimi sırasında da dioksin oluştuğu bilinmektedir (Şahbaz ve Acar 1993). Fungusit ve insektisid içeren uygulamalarda özellikle bakırın varlığında ve yüksek sıcaklıkta oluşan PCDD ve PCDF miktarının çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tame ve ark. 2007).



**Şekil 3** Dioksinin yayılım kaynaklarından başlıca iletim yolları (Fries 1995)

**Fig. 3.** The Main transmission paths of dioxin emission sources



**Şekil 4.** Çevredekİ dioksinlerin kaynakları (Kulkarni ve ark. 2008)

**Fig 4.** Dioxin sources in environment

#### Gıdalarda Dioksin

Pentachlorophenol (PCP) ile muamele edilen ağaçlar (PCP ile işlem görmüş tahtalardan yapılmış alanlarda beslenmede) evcil hayvanlar için dioksin kaynağı oluşturmaktadırlar (Feil ve ark. 2000; Fries ve ark. 2002; Huwe 2002). Aynı zamanda

inekler beslenme esnasında çok fazla miktarda toprak almaktadır, topraktaki çok düşük düzeyde dioksin olsa bile bunlar hayvansal yağlarda tespit edilebilir seviyelerde birikebilmektedir (Winters ve ark. 2000).

Çevrede dioksinlerin varlığı ve direnci ile kimyasal ve fiziksel özellikleri (yüksek lipofilik, hidrofilik ve düşük volatilite) gıda zincirinde dioksinin birikmesine sebep olur. İnsanlar dioksinlere %90'dan fazla oranda hayvan yağları ihtiva eden gıdaları tüketmek yoluyla maruz kalmaktadırlar (USEPA 2000).

Dioksin çoğunlukla insan vücuduna et, süt ve balık ürünlerinin tüketimiyle alınmaktadır (Davy 2004). Günde 30 g süt ürünü tüketildiğinde vücuda yaklaşık 6 pg düzeyinde 2,3,7,8-TCDD alımı söz konusu olmaktadır. Balıkların TCDD'yi memelilere göre çok daha yavaş metabolize etmeleri nedeniyle deniz ürünlerinde daha fazla oranda dioksin birikimi olmaktadır. Tavuk, sığır ve domuz ürünlerinde yapılan çalışmalar, tavuklara ait örneklerin diğer türlere göre daha çok dioksin içerdiğini ve bunu domuz ve sığır örneklerinin izlediğini göstermiştir (Charnley ve Doull 2005). Kocaeli yöresinde yapılan bir çalışmada atık yakma tesisi çevresinde beslenen hayvanların yumurta ve sütlerinde oldukça yüksek miktarlarda dioksin bulunduğu tespit edilmiştir (Aslan ve ark. 2007).

Yumurtalardaki dioksin seviyeleri mevsimsel ve çevresel pek çok değişkenden etkilenmektedir. Tavukların yetiştirilmiş olduğu ortam, konsantrasyon seviyesi üzerinde önemli düzeyde belirleyici bir etkiye sahiptir. Genel anlamda ticari amaçla üretilen canlıların yumurtalarındaki seviyelerin, serbest olarak beslenen canlılardaki dioksin seviyelerinden daha düşük olduğu söylenebilir (Overmeire ve ark. 2009).

Atmosferik birikim yoluyla bölgesel dioksin kontaminasyonlarının belirlenmesinde süt ve günlük süt ürünleri önemli bir indikatördür ve bulaşma seviyeleri büyük oranda yağ içeriklerine bağlıdır (Srogi 2008). Özellikle sanayileşmiş bölgelerde ve yaz aylarında dışarıda otlatılarak beslenen hayvanlardan elde edilen sütler ve bu sütlerden elde edilen ürünlerdeki PCDD ve PCDF düzeyleri zaman zaman tehlikeli boyutlara ulaşabilmektedir. Süt ve süt ürünlerinde PCDD/F düzeylerinin ulaşabileceği maksimum değer 3 pg TEQ/g yağ olarak belirtilmiş ve aşıldığında mutlaka kaynağının araştırılması gerektiği bildirilmiştir (Anonim 2).

Karademir (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, atık yakma tesisi dioksin emisyonlarıyla bu bileşiklerin doğadaki dağılımları modellenmiş ve buna göre gıda ürünlerindeki dioksin seviyeleri tahmin edilmiştir. Bunun yanında bölgeden sınırlı sayıda alınan toprak, çimen ve süt örneklerinde dioksin seviyeleri belirlenmiş ve risk değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışma sonucunda bölgede yaşayan insanların maruz kaldığı dioksin dozları Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO 1998) önerdiği sınır değerinin üstünde bulunmuştur.

**Tablo 1.** Avrupa Birliğine üye ülkelerdeki bazı gıda gruplarında ölçülen PCDD ve PCDF konsantrasyonu (pg I-TEQ/g yağ)

**Table 1.** The Concentrations of PCDD and PCDF measured in some food groups in European Union member countries (pg I-TEQ/g fat)

	Süt	Süt ürünleri	Et ve et ürünleri	Kümes hayvanları	Balık	Yumurta	Yağ	Ekmek Tahıl	Meyve Sebze
Min	0.2	0.5	0.1	0.7	2.4	1.2	0.2	0.1	0.01
Max	2.6	3.8	16.7	2.2	214.3	4.6	2.6	2.4	0.2

Avrupa Birliğine üye ülkelerde 2006 yılında yapılan bir çalışma sonucunda saptanan bazı gıda gruplarındaki dioksin

miktarının minimum ve maksimum değerleri Tablo 1'de sunulmuştur (Güneş 2007).

### Dioksinin Zehirliliği

Dioksinler, insan ve hayvanların yağ dokularında depolanmakta, laktasyon, stres ve açlık sonucunda kana geçerek zehirli etkilerini uzun süre devam ettirebilmektedirler. Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda, çok düşük miktarlardaki dioksinlerin bile oldukça toksik etki gösterdikleri tespit edilmiştir (Arıkan ve ark. 2009).

Dioksin ve benzeri bileşiklerin, DNA transkripsiyon faktörlerinden, steroid yapılı aril hidrokarbon (Arh) reseptörleri aracılığıyla etki gösterdikleri bildirilmiştir (Pohjanvirta ve Tuomisto 1994; Fernandez-Salguero ve ark. 1996). Dioksinlerden kaynaklanan akut toksisitenin Arh reseptörlerinin bulunmadığı durumlarda azaldığı bildirilmiştir ancak; Arh reseptörleri aracılığıyla oluşan moleküler olaylar henüz tam olarak açıklanamamıştır. Kanser (özellikle sindirim, karaciğer ve göğüs kanserleri), gelişme bozuklukları, wasting sendromu, lenfoid ve gonadal atrofi, kloroakne, hepatotoksisite, damak yarığı, kusurlu böbrek oluşumu gibi doğuma ait bozukluklar ile immunotoksisite, nörotoksisite ve kardiyotoksisite, mide bulantısı, solunum güçlüğü, üreme bozuklukları, doğumsal anomaliler, çocuklarda gelişim bozukluğu, yüksek tansiyon ve astımın, dioksin ve benzeri bileşiklere maruz kalınması sonucu oluşan yan etkilerin başında geldiği bildirilmiştir (Şahbaz ve Acar 1993; Güneş 2007; Arıkan ve ark. 2009).

Dioksinlerin kanser yapıcı etkilerinin doğrudan DNA'da mutasyon yapmalarından çok lipid peroksidasyonunu arttırmaları sonucu olduğu ve bu nedenle de bu bileşiklerin, kanserin başlangıç periyodunda fazla etkili olmadığı, fakat gelişme periyodunda önemli bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır (Yoshida ve Ogawa 2000).

### Hayvan Yemlerinde, Hayvanlarda ve Hayvansal Ürünlerde Dioksin

Hayvan yemleri dioksinleri (PCDD, PCDF ve PCB) içerirler (Eljarrat ve ark. 2002). İnsan ve hayvan çalışmaları baz alındığında TCDD insanlar için I. sınıf karsinojendir. Dioksinler çevreye salındıklarında bitkisel kaynaklı hayvan yemlerini, bitki ve toprağı üzerine birikerek kontamine ederler. Lipofilik özellikteki bu bileşikler çiftlik hayvanları tarafından tüketildiğinde hayvanların yağ dokularında birikirler. Hayvanlardan elde edilen gıdaların yanı sıra; yem kaynağı olarak rendering ünitelerinde üretilen hayvansal ürünler dioksinlere maruz kalmada önemli bir kaynaktır (Eljarrat ve ark. 2002). Huwe (2002) çiftlik hayvanlarının yemlerinde bulunan hayvansal ürünlerin bitkisel kaynaklı ürünlerden (örn;soya fasulyesi küspesi) birkaç kat fazla dioksin içerdiklerini; hatta hayvansal yağlar ve balık yağından bile daha yüksek dioksin düzeyine sahip olduklarını bildirmiştir (Sean ve ark. 2003).

Dioksinlere maruz kalmada süt ve süt ürünleri, et ve et ürünleri ve balık ve balık ürünleri en önemli kaynakları oluşturlar (Fries 1995; Roeder ve ark. 1998). Tanelerden elde edilen yemlerde dioksin yoğunlukları daha düşük olduğundan kaba yemlerin tüketimi maruz kalma yönünden daha çok önem taşır. Bu yüzden ruminantların, domuz ve kanatlılara göre PCDD ve PCDF'lere daha fazla maruz kalmaları doğaldır (Fries 1995).

Hayvansal ürünlerin kontaminasyonunda toprak, bitki ve hayvanları içeren farklı kaynaklar değerlendirilmelidir. Değerlendirmede; a: Partikül ve duman ile bitkilere kimyasal bileşiklerin bulaşması ve bu bitkilerin hayvanlar tarafından tüketilmesi, b: Kimyasal bileşiklerin toprağına karışmasıyla bitkilerin kökleri ile bu bileşiklerin alması ve bu bitkilerin hayvanlar tarafından tüketilmesi c: Toprağına bulaşan bu bileşiklerin hayvanlar tarafından toprakla alınması bulaşmanın temel yollarını oluşturur (Fries ve Paustenbach 1990).

Yüksek düzeylerde dioksin içeren yemlerin hayvanlar tarafından tüketilmesi ile yemdeki dioksin hayvanların yağ depolarında birikir. Yüksek düzeyde dioksinle kontamine olmuş bu hayvansal ürünlerin tüketilmelerinin tüketilmesi insanlarda, uzun periyotta toksik ve kanserojen etki yaptığı bilinmektedir (Aydın 2000).

Hayward ve ark. (1999) yaptıkları araştırmalarında, yüksek seviyede dioksin içeren tavuk yumurtalarında ve çiftlikte yetiştirilen yayın balıklarında tespit edilen kontaminasyonun kaynağının kanatlı, sığır ve yayın balıklarının yemlerine uygulanan peletleme işlemlerinde yapıstırıcı olarak kullanılan kil olduğunu bildirmiştir. Kontaminasyonun nedeni tespit edilince yemin bileşiminden kil çıkarılmıştır (Sapkota ve ark. 2007).

Çiftlikte yetiştirilen ve doğal ortamda yetişen somon balıklarında yapılan çeşitli araştırmalarda (Easton ve ark. 2002; Hites ve ark. 2004), çiftlikte yetiştirilen bu balıkların dioksin içeriklerinin doğal ortamdakilerden daha fazla olduğu; bunun sebebinin de çiftlikte yetiştirilen somonlara verilen ticari yemlerin içeriği olduğu bildirilmiştir. Easton ve ark. (2002) çalışmalarında çiftlikte yetiştirilen somon balıklarında total PCB değerini 51,26 pg/g, doğal yetişen somonlarda 5,302 pg/g, çiftlikte yetiştirilen somon balıklarına verilen ticari yemlerde ise 65,535 pg/g olduğunu bildirmişlerdir.

U.S EPA (2003)'e göre tüm gıda türleri arasında en yüksek PCDD ve PCDF düzeyine sahip türün balıklar ve deniz ürünleri olduğu ve balık türleri için dioksin içeriklerinin genel olarak; maruz kalma düzeylerine, yağ miktarlarına ve türlerin hareketlilik oranlarına bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir. Kontaminasyon kaynaklarına yakın yerlerden toplanmış yağ oranı yüksek dip türleri genel olarak en yüksek dioksin düzeyleri içerirken; kontaminasyon kaynağına yakın yerlerden toplanmış olsa bile hareketli ve az yağlı türler daha düşük dioksin içeriği göstermektedirler.

Yüksek PCDD ve PCDF düzeylerine sahip sütlerin atık fırınlarının civarında bulunan çiftliklerde beslenen süt sığırlarında olduğu belirlenmiştir (Ramons ve ark. 1997). Kağıt kartonlarda tutulan süt ürünlerindeki 2,3,7,8 - TCDD miktarları şişede bulunanlara göre daha yüksek olduğu fakat kağıt beyazlatma işlemlerindeki değişiklikler ve alternatif paketleme materyallerin geliştirilmesi ile bu problemin önemli derecede azaldığı bildirilmektedir (Roeder ve ark. 1998).

PCDD ve PCDF'ler lipofilik özelliklerinden dolayı süt ve ürünlerinin veya bazı gıdaların yapısında bulunan süt yağında birikime sebep olmaktadır. Özellikle krema ve tereyağı PCDD ve PCDF'lerin yoğun birikim gösterdiği ürünlerdir. Süt ve süt ürünlerinde yağ fazında kalan klorlanmış dioksin ve furanların miktarı uygulanan işlemlerle nispeten sabit kalmaktadır. Süte dioksinlerin bulaşmasında etkili faktörlerden birisi de taze ve konserve edilmiş yemlerdeki PCDD/F birikimlerinin mevsimlere göre farklılık göstermesidir. Süt yağında toplam PCDD/F toksik eşdeğeri 'nin konsantrasyonları 0.2 pg TEQ/g süt yağı (temiz havalı alan, kontamine edici etkenlerin bulunmadığı durum) ile 8 pg TEQ/g süt yağı (bir çok kontaminasyon kaynağının varlığı ve süt ineğinin stres durumunda) arasında değişmektedir (Gürsoy 2001).

Çiftçi (2008) Elazığ ve çevresinde yöresel olarak üretilerek, tüketime sunulan tereyağlarında, dioksin ve benzeri bileşik düzeylerinin tespiti amacıyla yapmış olduğu çalışmada, analizi yapılan tereyağı numunelerindeki dioksin ve benzeri bileşiklerin Toksik Eşdeğer Konsantrasyonunun ortalama, 0,0138 ng TEQ/g yağ olduğunu belirtmiştir. Bu değer kullanılarak yapılan hesaplama sonucunda; ülkemizde yaşayan, 70 kg ağırlığında bir insanın, analizi yapılan tereyağlarından 25 gr tüketmesi durumunda kilogram başına aldığı toplam dioksin düzeyi 4.92 pg TEQ/ kg olarak hesaplanmıştır. Tereyağı örneklerindeki dioksinli bileşik düzeyinin, WHO (1998) tarafından belirlenen Tolere Edilebilir Günlük Alım miktarına (1-4 pg TEQ/kg) ve aynı konuda

yapılan çalışmalardan elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Srogi (2008) bitkisel ve hayvansal yağlarda Avrupa ülkelerinde yapılan çalışmalarda bulunan PCDD ve PCDF konsantrasyonlarının 1 pg TEQ/g yağ düzeyinde ya da bu düzeyin altında olduğunu ve en yüksek konsantrasyon değerlerinin balık yağlarında belirlendiğini rapor etmiştir. Bitkisel yağların ölçüm limitlerinde veya altında olduğu bildirilmiştir.

### Dioksinden Korunma

Baca dumanlarının işleme tabi tutulması ve salınan gaz konsantrasyonunun filtrelemeyle azaltılması, partiküllere bağlı dioksinlerin filtre ve elektrostatik çöktürücü toz toplayıcılarla muameleye tabi tutulması gibi yöntemlerle dioksinin toksik etkisi azaltılabilir (Kulkarni ve ark. 2008). Türkiye'de atık yakma tesisi İZAYDAŞ'ta dioksinlerin giderilmesine ilişkin yapılan denemelerde elektrostatik çöktürücülerin dioksin oranını %90'ın üzerinde azalttığı bildirilmiştir (Karademir ve ark. 2003). Hastane atıkları, şehir çöpleri, zararlı atıklar ve katı atıkların yakılmasından kaynaklanan ve dioksin içeren uçan külün de çeşitli muamelelere tabi tutulması zararlı etkiyi azaltmada kullanılabilir yöntemlerdendir.

Kimyasal endüstride dioksinlerin üretimini önlemek için uygun önlemler alınarak ve eskiden büyük bir dioksin kaynağı olarak görülen belediyelerin katı atıklarının yakma yöntemleriyle dioksin üretiminin azaltılabileceği bildirilmektedir (Kulkarni ve ark. 2008).

Dioksinlere maruz kalmada pestisidlerin üretimi de yüksek oranda etkilidir. Bu üretimlerin birçoğu yasaklanmıştır. Aynı şekilde kağıt endüstrisinde kağıtların beyazlaştırılmasında kullanılan serbest klor, dioksinlerin oluşmasına sebep olacağından alternatif yöntemler kullanılarak dioksin formlarında azalma sağlanabilir. Bununla birlikte tıbbi atıkların yakılması dioksinlerin oluşumunda halen ana kaynaktır. Medikal atıkların yayılımında organik olarak klor tutucu en büyük kaynak olan poli vinil klorür ve plastik bu atıkların yakılmasından üretilen dioksinin oluşmasına temel sebeptir. Bundan dolayı sağlık çalışanlarının tıbbi atıklar vasıtasıyla dioksinlere maruz kalmayı azaltmaya çalışmayı sorumluluk olarak görmeleri gerekir. Sağlık kuruluşlarının PVC plastiklerinin kullanımını mümkün olduğu kadar azaltmak için politikalar uygulaması dioksinlere maruz kalmayı azaltmada etkili olacaktır (Kulkarni ve ark. 2008).

Sonuç olarak gelişen endüstriyle birlikte dioksin ve benzeri bileşiklerin miktarında artış olacağı öngörülerek, insan sağlığını korumak ve çevreye verilecek zararı en aza indirmek için bu bileşiklerin oluşumunun önlenmesi veya uygun teknolojiler kullanılarak, bu kirlenici maddelerin çevreye salınmadan önce mutlaka giderilmesi ve hayvansal ve bitkisel gıda zincirine girmesine engel olunması gerekmektedir. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de bu atıklar sağlıkla ilgili tehditleri beraberinde getirdiğinden Çevre Bakanlığı tarafından yakma ve arıtma tesislerine dioksin ve furan tutucu ünitelerin eklenmesi hususunda lisans verilmektedir (Anonim3). İnsanlar bu tür bileşiklere kronik olarak maruz kaldıklarından gıdalardaki dioksin, furan ve PCB'lerin başlangıç kaynakları ve bulaşma yollarını belirlemek için kapsamlı ve hedefli araştırma stratejileri geliştirilmelidir. Hayvan yetiştirme pratiklerinde hedeflenen stratejileri içeren değişikliklerin olduğu denemeler ve mümkün olduğu kadar daha fazla emisyon kontrollerinin yapılması gibi bu bileşiklere maruz kalmayı azaltacak yöntemlere gerek duyulmaktadır.

### KAYNAKLAR

- Agramunt MC, Schuhmacher M, Hernandez JM, Domingo JL (2005). Levels of dioxins and furans in plasma of nonoccupationally exposed subjects living near a hazardous waste incinerator. *J Expo Anal Environ Epidemiol*,15 (1), 29-34.

- Anonim1. (2001).** <http://toxipedia.org/display/toxipedia/Dioxin>. Erişim Tarihi 19.12.2011.
- Anonim2.(2000).**[http://ec.europa.eu/dgs/health\\_consumer/library/pub/pub08\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/dgs/health_consumer/library/pub/pub08_en.pdf) Erişim Tarihi 13.12.2011
- Anonim 3. (1997)** Elektroark Ocaklı Tesislerin Çalışma Ortamında Dioksin Tayini. TS. 12285, TSE, Ankara.
- Arıkan D, Yetim H, Sağdıç O, Kesmen Z (2009).** Gıdalarda dioksin kontaminasyonu ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 12 (2), 9-15.
- Aslan S, Korucu MK, Karademir A, Durmuşoğlu E (2007).** Kocaeli'nde yerel olarak üretilen yumurtalarda dioksin ve furan (Pcdd/F) seviyelerinin belirlenmesi. *7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Yaşam Çevre Teknoloji*, 24-27 Ekim - İZMİR
- Aydın G (2000).** Yem güvenliğinde dioksin. Türkiye Yem Sanayicileri Birliği *Yem Magazin Dergisi*, 26,55.
- Buekens A, Stieglitz L, Huang H, Cornelis E. (1998).** Formation of dioxin in industrial combustors and pyrometallurgical plants. *Env Eng Sci*. 15(1), 29 -36.
- Cains PW, McCausland LJ, Ferrnandez AR, Dyke P (1997).** Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofuran formation in incineration effects of fly ash and carbon source. *Env Sci and Tech*, 31, 776-785.
- Charnley G, Doull J (2005).** Human exposure to dioxins from food, 1999-2002. *Food Chem Toxicol*, 43 (5), 671-679.
- Çiftçi O (2008).** Elazığ ve çevresinde tüketilen tereyağlarında, dioksin ve benzeri bileşik düzeylerinin araştırılması. *FÜ Sağ Bil Derg*, 22 (5), 289 - 292.
- Davy CW (2004).** Legislation with respect to dioxins in the workplace. *Env Int*, 30, 219- 23
- Easton MDL, Luszniak D, Von der Geest E (2002).** Preliminary examination of contaminant loadings in farmed salmon, wild salmon and commercial salmon feed. *Chemosphere*, 46,1053-1074.
- Eljarrat E, Caixach J, Rivera J (2002).** Determination of PCDDs and PCDFs in different animal feed ingredients. *Chemosphere*, 46, 1403-1407.
- Feil VJ, Huwe JK, Zaylskie RG, Davison KL (2000).** Chlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran concentrations in beef animals from a feeding study. *J Agri Food Chem*, 48, 6163-6173.
- Fernandez-Salguero PM, Hilbert DM, Rudikoff S (1996).** Arylhydrocarbon receptor deficient mice are resistant to 2,3,7,8-TCDD-induced toxicity. *Toxicol Appl Pharmacol*, 140, 173-179.
- Fries GF, Feil VJ, Zaylskie RG, Bialek KM, Rice CP (2002).** Treated wood in livestock facilities: relationships among residues of pentachlorophenol, dioxins, and furans in wood and beef. *Environ Pollut*, 116, 301-307.
- Fries GF, Paustenbach DJ (1990).** Evaluation of potential transmission of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin contaminated incinerator emissions to humans via foods. *J Toxicol Environ Health*, 29, 1-43.
- Fries GF (1995).** A review of the significance of animal food products as potential pathways of human exposures to dioxins. *J Anim Sci*, 73, 1639-1650.
- Güneş G (2007).** Dioksin ve Furan'ın Oluşum Mekanizmaları ve Giderilme Teknolojileri. Yüksek lisans tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. İstanbul.
- Gürsoy O (2001).** Poliklorlanmış Dibenzodioksin (PCDDs) ve Furan (PCDFs) Bileşikleri ve Bunların Süt ve Ürünlerindeki Önemi. *Müh Bil Derg*, 7(2), 235-241.
- Hayward DG, Nortrup D, Gardner A, Clower M (1999).** Elevated TCDD in chicken eggs and farm-raised catfish fed a diet with ball clay from a Southern United States mine. *Environ Res*, 81, 248-256.
- Hites RA, Foran JA, Schwager SJ, Knuth BA, Hamilton MC, Carpenter DO (2004).** Global assessment of polybrominated diphenyl ethers in farmed and wild salmon. *Environ Sci Technol*, 38, 4945-4999.
- Huwe JK (2002).** Dioxins in food: A Modern agricultural perspective *J Agric Food Chem*, 50, 1739-1750.
- Karademir A (2002).** Tehlikeli atık yakma tesisi dioksin emisyonlarının doğadaki dağılımlarının modellenmesi ve risk değerlendirmesi. Doktora tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 1-393.
- Karademir A, Bakoğlu M, Ayberk S (2003).** PCDD/F removal efficiencies of electrostatic precipitator and wet scrubbers in izaydas hazardous waste incinerator. *Fresenius Environ Bull*, 12,1228-32.
- Keserci Ö, Çokarar S (2000).** Dioksin ve Süt Teknolojisindeki Önemi. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, Bornova, İzmir.
- Koç F, Kısa F (2005).** Dioksinler. *Etlik Vet Mikrobiyol Derg*, 16 (1-2), 57-62.
- Kulkarni PS, Crespo JG, Afonso CAM (2008).** Dioxins sources and current remediation technologies. *Environ Int*, 34, 139-153.
- Overmeire IV, Waegeneers N, Sioen I, Bilau M, Henauw SD, Goeyens L, Pussemier L, Eppe G (2009).** PCDD/Fs and dioxin-like PCBs in home-produced eggs from Belgium: Levels, contamination sources and health risks. *Sci Total Environ*, 407, 4419-4429.
- Pohjanvirta R, Tuomisto J (1994).** Short-term toxicity of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin in laboratory animals: effects, mechanisms and animal models. *Pharmacol Rev*, 46, 483-549.
- Ramons L, Enjamet E, Hernandez LM, Alonro L, Rivera J, Gonzalez MJ (1997).** Levels of PCDDs and PCDFs in farm cow's milk located near potential contaminant sources in Asturias (Spain). Comparison with levels found in central rural farms and commercial pasteurized cows milks. *Chemosphere*, 35, 2167-2179.
- Roeder RA, Garber MJ, Schelling GT (1998).** Assessment of dioxins in foods from animal origins. *J Anim Sci*, 76, 142-151.
- Sapkota AR, Lefferts LY, McKenzie S, Walker P (2007).** What do we feed to food-production animals? A Review of animal feed ingredients and their potential impacts on human health. *Environ Health Perspect*, 115 (5), 663-670.
- Sean M, Haysa SM, Aylward LL (2003).** Dioxin risks in perspective: past, present, and future. *Regul Toxicol Pharm*, 37, 202-217
- Srogi K (2008).** Levels and congener distributions of PCDDs, PCDFs and dioxin-like PCBs in environmental and human samples: A review. *Environ Chem Lett*, 6, 1-28.
- Şahbaz F, Acar J (1993).** Dioksin ve dioksinin gıdalara bulaşma olasılıkları. *Gıda*. 18 (4), 243-245,
- Tame NW, Długogorski BZ, Kennedy EM (2007).** Formation of dioxins and furans during combustion of treated wood. *Progr Energy Combust Sci*, 33, 384-408.
- USEPA (2000).** Exposure and human health reassessment of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin and related compounds. Draft Final National Center for Environmental Assessment, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA (2003).** Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin (TCDD) and Related Compounds, Part I,II , III " , US EPA, 600/P-00/001Cb.
- Vural H (1995).** Gıda kirliliği açısından dioksin ve furan izomerleri. *Ekoloji Çevre Derg*. 15, 45-49.
- Wang LC, Lee WJ, Lee WS, Chang-Chuen GP, Tsai PJ (2003).** Characterizing the emissions of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans from crematories and their impacts to the surrounding environment. *Environ Sci Technol*, 37(1), 62-71.
- WHO (1998).** Assessment of the health risk of dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI). Consultation, May 25-29, Geneva, Switzerland.
- Winters DL, Fries GF, Lorber M, Ferrario J, Byrne C (2000).** A study of the mass balance of dioxins and furans in lactating cows in background conditions. Part 1: study design and analysis of feed. *Organohalogen Comp*, 46, 534-537.
- Yoshida R, Ogawa Y (2000).** Oxidative stress induced by 2,3,7,8-TCDD: An application of oxidative stress markers to cancer risk assessment of dioxins. *Rev Industrial Health*, 38, 5-14.