

DİOKSİN VE SAĞLIĞIMIZ

Dr. Aylin AYAZ

ÖZET

Dioksin besinlerde, havada, toprakta ve suda bulunabilen çevresel kirleticilerden biridir. Dioksin, orman yangınları ve volkanik patlamalar gibi doğal olaylar sonucunda atmosfere yayıldığı gibi, yakma işlemleri, yakıt kaynaklarının (odun, kömür ve petrol) yanması, kağıt hamuru ağartma, bazı pestisid, fungusid ve herbisit üretimi gibi endüstriyel işlemler sonucunda da doğaya yayılır. Dioksinin bir besinde yüksek miktarlarda oluşması sadece endüstriyel kazalar veya kimyasal bozulmalar ile mümkün olmaktadır. Çünkü birçok besine yayılabilecek kadar bozulması zordur. Kimyasal yapısı çok kararlı bir bileşik olduğu için doğada kalıcılığı fazladır. En toksik olanı 2,3,7,8-tetraklorodibenzo-p-dioksin (2,3,7,8-TCDD) olup, potansiyel karsinojen riski en fazla olan kimyasal olarak kabul edilmektedir. Çevre kirliliğine neden olan dioksinler, çevreden besinlere bulaştıkları için insan sağlığı açısından önem taşımaktadır. Özellikle dioksin kaynaklarına yakın yerlerde yaşanması veya dioksin kaynağına yakın yerlerde hayvansal kaynaklı besinlerin üretilmesi ve tüketilmesi dioksine maruz kalma açısından önemlidir. Çevredeki dioksin kaynaklarının azalması için gerekli önlemlerin alınması, besinlerde ve insan vücudundaki düzeylerde de azalmaya neden olacaktır.

Anahtar Sözcükler: Dioksin, dioksin kaynakları, besine bulaşma, sağlık.

ABSTRACT

Dioxin and Health

Dioxin is one of environmental contaminating agents which can be found in food, air, soil and water. Dioxin is released into nature via burning operations, combustion of fuels such as coal, gasoline and wood, bleaching of paper pulp and industrial operations such as production of pesticide, fungicide and herbicide as well as being released via natural disasters such as forest fires and volcanic explosions. Presence of dioxin in a nutrient at high levels is only possible with industrial accidents or chemical decay, because decay of dioxin as much as it can spread to most of the food is difficult. Being a highly stable compound, dioxin can be present in nature for long periods of time. 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (2,3,7,8 TCDD) is the most toxic one and it is accepted as the most powerful carcinogenic material. Dioxins causing environmental pollution are important for human health since they can spread to food from environment. Especially, living in the area close to dioxin resources or production and consumption of animal food close to dioxin resources is significant in terms of exposure to dioxin. Taking precautions required for the reduction of dioxin resources in environment would also result in a reduction in the levels of dioxin both in food and human body.

Key Words: Dioxin, dioxin sources, food contamination, health .

GİRİŞ

“Dioksin” veya “dioksinler ve furanlar” terimleri genellikle poli halojenli aromatik hidrokarbonlar içerisinde yer alan, 210 adet klorlu kirletici,

poliklorlu dibenzo-p-dioksinler ve dibenzo furanlar'dan oluşan bir grubu ifade etmektedir. Doğaya dioksinin yayılması, volkanik patlamalar, doğal orman yangınları gibi doğal olaylar dışında, yakıt kaynaklarının (odun, kömür, petrol) yanması, hastane atıkları ve çöplerin yakılarak imha edilmesi, kağıt ve kağıt hamuru ağartma işlemleri, egzoz gazları, atmosfer ve toprak yolu ile olmaktadır. Bu kimyasallar ile ilgili bilgiler, ilk olarak çeşitli endüstri kazaları ile olmuştur. Dioksin, 1976 yılında "Seveso Felaketi" olarak bilinen olaydan sonra dünya kamuoyunun dikkatini çekmiş bir toksik maddedir. Hoffman-La Roche grubuna ait ICMESA (10 Temmuz 1976) fabrikasında emniyet subabının açılması sonucunda oluşan reaksiyon sonucunda ısı emniyet limitleri geçilmiştir. Kimyasal reaksiyon sonucu 2,3,7,8 TCDD (Tetra Kloro Dibenzo-p-Dioxin) oluşarak, emniyet vanalarından 1 kg dioksin atmosfere geçmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde (1950-1960) milyonlarca tavuğun tavuk ödeminden ölme nedeni bunların yağda eriyen klorlanmış aromatik bileşikler bulaşmış yem yemesi olarak belirlenmiştir (1-3). 1962-1970 yılları arasında Vietnam savaşında kullanılmak üzere tarım ilacı püskürtme cihazı geliştirme denemeleri yapılmış ve bu bölgeye (3 km²'lik bir alana) 73000 kg portakal gazı olarak adlandırılan 2,4,5-triklorofenoksiasetik asit (2,4,5-T) bulaştırılmıştır (1). Dioksinler ve furanlar çevrede çok uzun süre kalıcı olmalarının yanında suda çözünmeyen, yağda çözünen bir bileşik olduğu için insanların maruz kaldığı dioksinin %90'ı besin zincirinden kaynaklanmaktadır. Günümüzde tüm insanlar, her gün belli miktarda dioksin'e maruz kalmaktadır (4). Sağlık üzerine etkilerinin değerlendirilmesi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bunlar; bu kimyasala maruz kalma düzeyi, sıklığı ve süresi'dir. Özellikle endüstriyel bölgede yaşayan

insanların kan ve adipoz dokularındaki dioksin düzeyi, endüstriyel bölgede yaşamayanlara oranla daha yüksek düzeylerde bulunmuştur. Potansiyel karsinojen riski en yüksek olan kimyasal, 2,3,7,8-tetraklorodibenzo-p-dioksin olarak kabul edilmektedir (5).

Bu derleme yazıda, dioksinin özellikleri, kaynakları ve sağlığımız üzerine etkileri konusunda bilgi verilmiştir.

Dioksinin Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

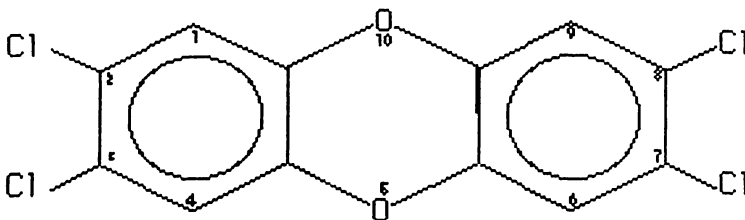
Dioksin düz bir molekül olup, iki oksijen köprüsüyle birbirlerine bağlanmış iki klorlu benzen halkası içeren bileşen grubunun genel ismidir. Halkadaki 1,2,3,4,5,6,7,8 ve 9 no'lu karbon atomlarına klor atomu bağlanabilir. En fazla üzerinde çalışılan 2,3,7,8-tetradikloro-p-dioksin (TCDD)'dir (5). Dioksin; renksiz, kokusuz, yağda çözünen organik bir bileşiktir. Suda çözünmez, yağda çözünür. Kimyasal yapısı çok kararlı bir bileşik olduğu için doğada kalıcılığı fazladır. Dioksinin ortalama yarılanma süresi 10-30 yıldır (1,2,6). Dioksinin kimyasal yapısı Şekil 1'de verilmiştir.

Çevremizdeki Dioksin Kaynakları

Doğaya dioksinin yayılması, doğal olaylar ve kimyasal işlemler sonucunda olmaktadır (5).

1. Doğal Olaylar

- Orman yangınları,
- Volkanik patlamalar,
- Atmosfer ve toprak yolu ile doğaya yayılır (5,7,8).



Şekil 1: Kimyasal Adı: 2,3,7,8-Tetraklorodibenzo-p-Dioksin (TCDD).

2.Kimyasal İşlemler

- Yakıt kaynaklarının (odun, kömür veya petrol) yanması sonucunda oluşmaktadır.
- Hastane atıkları ve çöplerin yakılarak imha edilmesi sonucunda PCDD (Poliklorlu dibenzo-p-dioksinler) (10-170ppb) oluşabilmektedir.
- Fungusid, insektisid ve bakterisid olarak kullanılan klorofenollerin üretimi esnasında dioksin yan ürün olarak oluşur.
- Odunda doğal olarak bulunan eser miktardaki klorun, dioksin oluşumu için yeterli olduğu düşünülmektedir.
- Kağıt üretim endüstrisi ve kağıt hamuru ağartma işlemleri (klorlama aşaması) esnasında oluşabilmektedir.
- Poli Vinil Klorür (PVC) gibi yerel atıkların önemli bir bölümünü oluşturan plastikler PCDD oluşumuna neden olabilmektedir. PVC üretildiğinde, geri dönüştürüldüğünde, atık yakma tesislerinde imha edildiğinde veya toplama alanlarındaki yakmalar sonucu dioksin oluşmaktadır (3,5,8).
- Pentaklorofenol, bir tahta koruyucusudur. Günümüzde, pentaklorofenolle işlenmiş tahtaların, hayvan yemleri ile temas eden yem kaplarında yapı malzemesi olarak kullanımı yasaklanmıştır.

Dioksine Maruz Kalma Yolları

Tüketiciler ve endüstriyel alanda çalışan işçiler, farklı koşullarda dioksine maruz kalırlar.

Tüketiciler;

- Dioksinle kontamine olmuş toprak, bitki örtüsü gibi yüzeylerle cildin teması,
- Pentaklorofenol ile işlem görmüş tahtaların kullanımı, tahta tozlarının solunması ve cildin teması ,
- Dioksin kaynaklarına yakın yerlerde yaşanması veya dioksin kaynağına yakın yerlerde besin

yetiştirilmesi,

- Kontamine olmuş alanlarda üretilen hayvansal kaynaklı besinlerin tüketilmesi (et, süt ürünleri ve balık gibi),
- Anne sütü ve içme suyu ,
- Havlu kağıt, peçete, kahve filtresi ve diğer kontamine olmuş kağıt ürünlerinin kullanımı sonucunda da çok düşük miktarlarda dioksine maruz kalırlar (1,3,9).

Endüstriyel alanda çalışan işçiler;

- Endüstriyel kazalar,
- Bu kimyasalı içeren triklorofenol, heksaklorofenol, 2,4,5-T ve diğer herbisitlerin kullanımı veya üretiminde bulunan işçiler,
- Kağıt endüstrisinde çalışan işçiler,
- Belediye ve endüstriyel yakma ünitelerinde çalışan işçiler,
- Tahta yüzeylerin yüksek sıcaklık/basınç altında pentaklorofenol ile işlem gördüğü alanda çalışan işçiler poliklorlu dibenzo-p-dioksinlere (PCDDs) maruz kalırlar (1,3,9).

Besin Zincirinde Dioksin

Çevre kirliliğine neden olan dioksinler çevreden besinlere bulaştıkları için insan sağlığı açısından önem taşımaktadır. Dioksin suda çözünmeyen, yağda çözünen bir bileşik olduğu için insanların maruz kaldığı dioksinin %90'ı besin zincirinden kaynaklanmaktadır. Bitkisel kaynaklı besinlerin toprak üstünde kalan kısımları, çeşitli tarım ilaçlarının püskürtülmesi ve havadaki partiküllerin bitki üzerinde birikmesi yoluyla ve topraktan buharlaşan dioksin ile kirlenir. Toprakтан kökler yoluyla alınan bu maddeler yaprak ve meyvelerde birikmektedir. Atmosferik yolda ise, kuru gazların birikimi, nemlenme ile birikim, kuru parçacıkların birikimi şeklinde gerçekleşmektedir. Bitkilerde toplam birikimin yaklaşık %60'ı hava-yaprak transferi, %33'ü atmosferik birikim, %8'i ise kök yoluyla olmaktadır. Hayvansal

besinlerin de dioksinle bulaşması söz konusudur. Dioksin veya TCDD vücuda alındıktan sonra hayvanın adipoz dokusunda birikir ve süte geçerek sağımla vücudu terk eder. Her iki yoldan da insana direk olarak bir transfer söz konusudur (3,4).

Yapılan bir çalışmada; 1999'da Belçika'da bazı hayvansal kaynaklı besinlerde dioksin düzeylerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Hayvan yemlerine kazayla dioksin bulaştığı ve bazı besinlerde Poli Klorlu Bifenillerin (PCB) konsantrasyonunun tolerans düzeylerini aştığı bulunmuştur. Hayvan yemlerindeki dioksin miktarı 1 µg/g olarak belirlenmiştir. Sütte 0.1 µg/g; kümes hayvanları, kırmızı et ve domuz etinde ise 0.2 µg/g'dır (10). Dioksinin besinlerde izin verilen miktarları Tablo 1'de verilmiştir.

1982, 1992,1997 yıllarında yapılan diyet araştırmalarında, besinlerdeki dioksin+PCBs düzeyleri incelenmiştir (Tablo 2). Yıllara göre dioksin+PCBs düzeylerinin azaldığı bulunmuştur (12).

Rusya'da (1992-1994) yapılan bir çalışmada, dioksin kaynaklarına uzak (10-15 km) mesafede yetiştirilen sebzelerin (havuç ve patates) PCDDs içeriğinin, yakın mesafede yetiştirilen sebzelere oranla daha düşük olduğu belirlenmiştir (13).

Diyetle Alınan Dioksin Miktarları

Gıda zinciri ile tüketicilerin DDT, PCB, TCDD ve PCDD gibi geniş bir yelpazedeki organik bileşiklere maruz kaldığı bilinen bir gerçektir. Bitki ve hayvanların hava, toprak ve diğer kaynaklardan aldığı dioksinin birikimi sonucu direk ya da indirekt olarak tüketilmesi, kirlenmiş sudaki balıkların tüketimi, et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri başlıca kaynaktır (4,14).

İspanya'da yapılan bir çalışmada; diyetle alınan dioksinin %31'ini balık ve kabuklu deniz ürünlerinin, %25'ini süt ürünlerinin, %13'ünü ise etin oluşturduğu belirlenmiştir (15).

Leung ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir çalışmada (16).; farklı yaş ve cinsiyete göre günlük diyetle alınan dioksin miktarı belirlenmiştir

Tablo-1: Dioksinin besinlerde izin verilen maksimum miktarları (pg/g yağ) (11).

Besinler	Dioksinler (WHO-PCDD/F -TEQ)	Dioksinler ve Dioksin benzeri PCBs (WHO-PCDD/F -PCB TEQ)
Et ve et ürünleri		
İnek ve koyun	3 pg /g yağ	4.5 pg /g yağ
Kanatlı hayvanlar	2 pg /g yağ	4 pg /g yağ
Domuz	1 pg /g yağ	1.5 pg /g yağ
Balık ve balık ürünleri	4 pg /g yağ	8 pg /g yağ
Çiğ süt ve süt ürünleri, tereyağ	3pg /g yağ	6pg /g yağ
Tavuk yumurtası ve ürünleri	3pg /g yağ	6pg /g yağ
Hayvansal yağlar		
İnek ve koyun	3 pg /g yağ	4.5 pg /g yağ
Kanatlılar	2 pg /g yağ	4 pg /g yağ
Domuz	1 pg /g yağ	1.5 pg /g yağ
Balık,balık karaciğer yağı	2 pg /g yağ	10pg /g yağ
Bitkisel sıvı yağlar ve margarinler	0.75 pg /g yağ	1.5 pg /g yağ

Tablo-2: Besinlerdeki Dioksin+PCBs düzeyleri (ng WHO -TEQ/kg yağ) (12).

Besin Grubu	1982	1992	1997
Süt	7.9	3.6	1.6
Süt ürünleri	5.8	1.4	2.0
Yumurta	11.1	2.9	1.4
Kümes Hayvanları	8.2	2.7	2.3

Tablo-3: Farklı yaş ve cinsiyete göre günlük diyetle alınan dioksin TEQ (16).

Yaş (yıl)	Cinsiyet	TEQ pg/gün					Sebzeler	Total TEQ (pg/gün)	Vücut ağırlığı (VA/kg)	TEQ (pg/kg VA/gün)
		Et	Balık	Süt	Yumurta					
0-1	E ve K			252.0				252	6	42.0
1-11	E	32.8	4.8	74.8	5.9	25.6	144	23	6.3	
	K	31.8	5.4	71.0	5.2	27.5	141	23	6.1	
12-19	E	61.3	4.8	81.9	6.6	35.9	191	55	3.5	
	K	41.5	4.2	57.7	4.5	25.0	133	50	2.7	
20-79	E	61.7	14.5	49.1	9.5	36.4	171	70	2.4	
	K	38.8	10.8	36.9	5.9	28.5	121	55	2.2	
80+	E	38.9	3.0	38.7	8.6	36.3	126	70	1.8	
	K	25.5	11.4	43.2	4.5	26.6	111	55	2.0	

(Tablo 3). İlk bir yaşta günlük diyetle alınan miktar fazla iken, yaşla beraber diyetle alınan miktarın azaldığı belirlenmiştir. Diyetle et ve sütün dioksin alımına katkısı daha fazladır.

Dioksin Toksisitesi

Dioksin, yüksek lipofilik olması nedeniyle vücutta KC ve yağ dokusunda birikir. TCDD ve dioksin benzeri maddelerin üç temel biyokimyasal etkisi vardır. Bunlar enzim indüksiyonu ve çeşitli büyüme faktörleri ve hormonların modülasyonudur. Deney hayvanlarında bu maddelerin üreme, gelişme, immünolojik ve karsinogenik etkilerinin çok düşük düzeylerde olduğu belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalarda dioksin toksisitesi ile ilgili olan mekanizma, ligand aktivitesi gösteren Aril Hidrokarbon Reseptörünün (AhR) rolü ile ilişkilendirilmiştir. AhR, TCDD veya diğer ligandlar ile karşılaştığında AhR nüklear translokator (Arnt) ile dimerize olmakta ve pek çok onkogen veya büyüme faktörleri, hormonlar veya hormon reseptörleri ve sitokrom P450 enzimini kodlayan genlere yüksek afinite göstermektedir. Bu genlerin upregulasyonu ya toksik maddelerin ya da hormonların etkisini artırmakta veya azaltmaktadır (16-18). Dioksin veya dioksin benzeri PCBs'ler farklı düzeylerde toksisiteye sahiptir. Uluslararası Kanser Araştırması Ajansı tarafından; 2,3,7,8 TCDD, I.Grup'ta (İnsanlarda kansere neden olduğu ispatlanmış) gösterilmektedir (19). 2,3,7,8 TCDD toksisitesinin, farklı bileşiklerin toksisitesi ile karşılaştırılmasında Toksik Eşdeğerlik Faktörü (TEF) kullanılır. İnsanlar için

risk değerlendirilmesinde kullanılan "TEF" değerleri (20, 21) Tablo 4'de verilmiştir.

Dioksinin Yarılanma Ömrü ve Tolere Edilebilir Alım Önerileri

İnsan vücuduna, yiyecek-ıçeceklerle veya solunum ve deri yoluyla alınan dioksinler vücutta çok yavaş parçalanmaktadır. Vücuttaki yağ dokusu miktarının artmasına bağlı olarak, yarılanma ömrünün uzadığı bildirilmiştir. İnsanlarda yarılanma ömrünün 1- 10 yıl arasında değiştiği saptanmıştır. Ortalama yarılanma süresi ise 7.5 yıldır (22).

Farklı komiteler tarafından, dioksinin tolere edilebilir alım miktarları verilmiştir. Buna göre;

- Avrupa Birliğinin Bilimsel Gıda Komisyonu (SCF) (2001); 14 pg/kg Vücut Ağırlığı (VA)/Haftada (2 pg/kg/gün),
- Katkı Maddeleri Üzerinde Çalışan Ortak Uzmanlar Komitesi (JECFA) (2002); 70 pg/kgVA/Ayda (2.3 pg/kg/gün),
- Dünya Sağlık Örgütü (WHO) (1998); 1-4pg/kgVA/gün olarak belirtmiştir. Bir gün'de yarılanma ömrünün %0.04'i, 1 hafta'da yarılanma ömrünün %0.25'i, 1 ay'da ise yarılanma ömrünün %1.11'i gerçekleşir (8).

Dioksinin Sağlık Üzerine Etkileri

Dokularda sitokrom P4501A enziminin aktif bir halde olması kimyasal maddelerin biyoaktivite-

Tablo-4: İnsanlar için risk değerlendirilmesinde kullanılan TEF değerleri (20,21).

Poliklorlu Bileşikler	TEF
Poliklorlu dibenzo Dioksinler	
2,3,7,8-TCDD	1
1,2,3,7,8-PeCDD	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01
OCDD	0.0001
Poliklorlu dibenzo Furanlar	
2,3,7,8-TCDF	0.1
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01
OCDF	0.0001

yonunu sağlayarak kanserojen ve mutajen olma etkilerini artırmaktadır. Sitokrom P4501A bazı PAH/HAH tipindeki prokanserojen maddeleri, epoksit metabolitleri oluşturarak aktive eder. Günümüzde insanlarda gözlenen kanser vakalarının yaklaşık %70'inin kimyasal kaynaklı olduğu saptanmıştır. Kimyasal maddelerin birçoğu kendi başlarına kanserojen madde değildir. Prekanserojen maddelerdir. Biyotransformasyon enzimleri vasıtasıyla biyoaktif (reaktif) metabolitlerine çevrilirler. Aynı zamanda yine hücre içinde oluşan reaktif oksijen türleri de kimyasal karsinogenesisize neden olur (23).

Yüksek dozlarda dioksine maruz kalma sonucu;

- KC fonksiyonları değişerek KC enzimlerinde artış, KC harabiyeti,
- Anne karnında fetusta anormallikler,
- Üreme sisteminde bozukluklar,
- Bağışıklık sisteminde bozukluklar,
- Nörolojik davranış bozuklukları,
- Kısırlık,
- Ölü doğum,
- Endometriozis,

• Kanser (mesleki yüksek doz dioksine maruz kalma),

• Gastro intestinal sistem rahatsızlıkları, iştah ve kilo kaybı oluşur.

Kısa sürede, yüksek doz dioksinle maruz kalma sonucu "klorakne" oluşmaktadır. Klorakne, siyah nokta oluşumu, ciltte kızarma, akne benzeri lezyonlar ile vücudun üst kısımları ve yüz bölgesinde oluşmaktadır (24,25). Dioksinin sağlık üzerine etkilerinin belirlenmesinde hayvanlarda vücut yükü düzeyi ile insanlarda tahmini günlük alım miktarları Tablo5'de verilmiştir .

İnsan Vücutundaki Dioksin Düzeyleri

Günümüzde tüm insanlar, her gün besin veya çevresel etmenler aracılığıyla düşük miktarlarda dioksin'e maruz kalmaktadır. Yüksek düzeylerde maruz kalma ise endüstriyel kazalar veya zehirlenmeler sonucu oluşmaktadır. Ukrayna devlet başkanı Viktor Yuschenko'nun, 2004 yılında başkanlık seçimleri esnasında yemeğine dioksin katılması sonucunda kanında ve dokularında dioksin düzeyleri yüksek bulunmuştur. Kandaki dioksin veya 2,3,7,8 TCDD düzeyi 100.000 ppt olarak belirlenmiştir (1,7).

1968 yılında Japonya'da (Yusho-oil) ve 1979 yılında Tayvan'da (Yucheng-oil) çocuk ve erişkinlerde ciddi akne benzeri deri döküntüleri ile

Tablo-5: Dioksinin hayvanlarda vücut yükü düzeyi ile insanda tahmini günlük alım düzeyleri (20).

Sağlık Üzerine Etkisi	Hayvanda Vücut Yükü (ng/kg VA)	İnsanda Tahmini Günlük Alım (pg/kg VA/gün)
Genital Malformasyonlar	73	37
İmmün Sistem Baskılanması	50	25
Öğrenme Eksikliği	42	21
Endometriozis	42	42
Sperm miktarının azalması	28	14

prenatal etkilenim ile düşük doğum ağırlığı, pigmentasyon, gelişme geriliği ile iki yeni hastalık salgını ortaya çıkmıştır. Bu iki durum da, ısı değişim bobinlerinden sızan PCB ve diğer PHAH ile kontamine olmuş pirinç yağı tüketimi ile ilişkilendirilmiştir. Yusho bebeklerinde mikro-sefali olmasına karşın bu çocukların uzun süreli gelişimsel sonuçları yoktur. Yucheng çocuklarında ise 4-7 yaşta yaklaşık beş puanlık IQ düşüklüğü saptanmıştır. Olaydan altı yıl sonra doğan bebeklerin de iki yıl sonra doğan bebekler kadar etkilenmiş olduğu görülmüştür. Bu da PHAH ve türevlerinin uzun yarılanma ömrünün bir sonucudur (24,25).

Yapılan araştırmalarda, doğum yılı ile kan dioksin düzeyleri arasında ilişki olduğu belirlenmiştir. Günümüzde, çocuklarda kandaki dioksin düzeylerinin, aileleri ve büyüklerinin kanlarındaki dioksin düzeylerinden daha düşük olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni, majör endüstriyel kaynakların kullanımında sıkı düzenlemelerin getirilmesi ve dioksinin emisyon kaynaklarında yıllara göre önemli oranlarda azalmanın olması gösterilmiştir (6). Geçmiş 20-25 yıl öncesine göre, Birleşmiş Milletler ve Batı Avrupa'da diyetle alınan dioksin miktarlarında ve buna bağlı kan dioksin düzeylerinde önemli oranlarda azalmalar belirlenmiştir (7).

Yapılan bir araştırma'da Haziran-Eylül 2004 tarihleri arasında Ankara'da yaşayan, 21-45 yaş arası gönüllü apendektomi olan 23 erkek'de, adipoz dokuda PCDDs/F, PCB düzeyleri incelenmiştir. PCDD/F, 3.2-19.7 pg WHO-TEQ g yağ (ort 9.2pg/g yağ , PCB 5.34-4.7pg WHO-TEQ g yağ (ortalama 6.67 pg/g yağ) olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmalar ile kıyaslandığında, incelenen adipoz dokulardaki dioksin düzeylerinin düşük olduğu belirlenmiştir (26). İnsan adipoz doku-

sundaki PCDD/Fs düzeyleri Tablo 6'da verilmiştir.

Anne Sütündeki Dioksin Miktarları

Dioksin, anneden süt aracılığıyla bebeğe geçmektedir. Emziren annelerin vücudundaki dioksin miktarlarının, emzirme süresince azaldığı, eliminasyonunun hızlandığı belirtilmektedir. Emziren annelerin serum dioksin düzeylerinin, 2 yıl emzirmeden sonra yaklaşık %50 oranında azaldığı bildirilmiştir. Yapılan çalışmalarda endüstriyel bölgelerdeki annelerin anne sütünde dioksin miktarı 20-30 ng/kg TEQ, endüstriyel olmayan bölgelerdeki annelerin anne sütünde ise 3-13 ng/kg TEQ olarak belirlenmiştir (16). WHO (1998)'e göre; endüstriyel bölgelerde geçen 10 yıl içerisinde anne sütündeki dioksin miktarının %50 oranında azaldığı bildirilmiştir (9). Yapılan bir çalışmada, yetişkinlerde PCDD/F'nin yarılanma ömrünün anne sütüyle beslenen bebeklere oranla yaklaşık 33 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bebeklerde ise 0.27-0.46 yıl'dır. Bunun nedeni, bebeklerde ilk 1 yaşta hızlı büyüme nedeniyle vücuttaki miktarının hızlı dilüsyon olması ve dışkı ile yağ atım miktarının yetişkinlere oranla daha fazla olması şeklinde açıklanmaktadır (16).

Anne sütünde iz miktarlarda bulunan dioksinin potansiyel riski bulunmasına rağmen, anne sütü bebeğin büyümesi, gelişmesi ve sağlığının korunması açısından en güvenilir ve besleyici bir besindir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Uluslararası Kanser Araştırması Ajansı (IARC) tarafından; 2,3,7,8 TCDD potansiyel karsinojen olarak sınıflandırılmıştır. İnsan sağlığı üzerinde zararlı etkileri olan dioksin ve furanların en

Tablo-6: İnsan Adipoz Dokusunda PCDD/Fs düzeyleri.

Ülke-Kaynak No	Yıl	Örnek sayısı (n)	Ort.Yaş (Yıl)	WHO PCDD/F-TEQ (pg/g yağ)
Türkiye (26)	2004	23	36	9.2
İspanya (27)	2002	15	58	11.03
Fransa (28)	1999	16	53	35.63
Finlandiya (29)	1997-98	420	44	29
Kore (30)	1994-95	32	53	18
Almanya (31)	1996	139	37	16.1
Japonya (32)	2000	10	-	11.9
USA (33)	1984-86	28	-	9.5
Hindistan (34)	2000	21	20-69	14-56
US (35)	1987	865	0-45+	5.38

önemli kaynaklarından biri atık yakma tesisleri ve teknolojisidir. Bu nedenle; bütün yakma proseslerinde dioksin üretimine neden olacak tekniklerin kullanılması yasaklanmalıdır. Atık kontrolünde öncelik, tehlikeli atıkların çevreyi kirletmesine neden olan üretimlerin önlenmesine ve gerekli yerlerde atık üretimini en aza indirecek temiz üretim teknolojilerine verilmelidir.

Beslenme açısından öneriler;

- Dioksin yağda çözünen bir bileşik olduğu için, et tüketiminde yağsız olanlar tercih edilmeli,
- Et, tavuk ve deniz ürünlerinden yağ ve özellikle de deri kısmı ayrılarak tüketilmeli,
- Besin hazırlama ve pişirmede tereyağ kullanımı azaltılmalı,
- Sebze-meyve tüketimi artırılmalıdır.

Sonuç olarak; çevresel dioksin kaynaklarının azalması, besinlerde ve insan vücudundaki dioksin düzeylerinde de azalmaya neden olacaktır. Ayrıca yeterli ve dengeli beslenmede besin çeşitliliği sağlanarak ve sağlıklı hazırlama -pişirme kurallarına dikkat edilerek dioksine maruz kalma riski önemli oranda azalacaktır.

KAYNAKLAR

1. Schecter A, Birnbaum L, Ryan JJ, Constable JD. Dioxins: an overview. *Environmental Research* 2006; 101: 419-418.
2. Özmert EN. Erken çocukluk gelişiminin desteklenmesi-II:çevre. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi* 2005;48(4):337-354.

3. Şahbaz F, Acar J. Dioksin ve dioksinin gıdalara bulaşma olasılıkları. *Gıda* 1993; 18(4): 243-245.
4. Behnisch PA, Hosoe K, Sakai S. Combinatorial bio/chemical analysis of dioxin and dioxin-like compounds in waste recycling, feed/food, humans/wildlife and the environment. *Environment International* 2001; 27:495-519.
5. Birnbaum LS, Staskal DF, Diliberto JJ. Health effects of PBDDs and PBDFs. *Environment International* 2003; 29:855-860.
6. Environmental Protection Agency (EPA). Exposure and human health reassessment of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and related compounds. National Academy of Sciences (NAS) reviews draft. 2004.
7. The National Academy of Sciences has completed its review of the U.S. Dioxin and Health , 2005. (<http://www.dioxinfacts.org/>).
8. European Food Safety Authority (EFSA). Dioxins, Scientific Colloquium on methodologies and principles for setting tolerable intake levels for dioxins, furans and dioxin-like PCB's, 2004 (http://www.efsa.europa.eu/en/science/colloquium_series/no1).
9. World Health Organization (WHO). Dioxins and their effects on human health, 1999, (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/en/>)
10. Bernard A, Broeckaert F, De Poorter G, De Cock A, Hermans C, et al. The Belgian PCB/Dioxin incident: analysis of the food chain contamination and health risk evaluation. *Environmental Research* 2002; 88(1): 1-18.
11. Commission Regulation (EC). Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. No:1881, 2006.
12. Food Standards Agency (FSA). Dioxins and dioxin-like polychlorinated biphenyls in foods from farms close to pyres. *Dioxin Report* 2001. (<http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/dioxinreport1.pdf>).
13. Revich B, Aksel E, Ushakova T, Ivanova I, Zhuchenko N, et al. Dioxin exposure and public health in chapaevsk, Russia. *Chemosphere* 2001; 43:951-966.

14. Yoshida K, Ikeda S, Nakanishi J. Assessment of human health risk of dioxins in Japan. *Chemosphere* 2000; 40:177-185.
15. Llobet JM, Domingo JL, Bocio A, Casas A, Teixidó A. Human exposure to dioxins through the diet in Catalonia, Spain: carcinogenic and non-carcinogenic risk. *Chemosphere* 2003; 50:1193-1200.
16. Leung HW, Kerger BD, Paustenbach DJ. Elimination half-lives of selected polychlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans in breast-fed human infants. *J. of Toxicology and Environmental Health* 2006; 69 (6): 437-443.
17. Tilson HA, Kodavanti PR. The neurotoxicity of polychlorinated biphenyls. *Neurotoxicology* 1998; 19: 517-525.
18. Tilson HA, Kodavanti PR. Neurochemical effects of polychlorinated biphenyls: an overview and identification of research needs. *Neurotoxicology* 1997; 18: 727-743.
19. Steenland K, Bertazzi P, Baccarelli A, Kogenivas M. Dioxin revisited: developments since the 1997 IARC classification of dioxin as a human carcinogen. *Environmental Health Perspectives* 2004; 112(13): 1265-1268.
20. World Health Organization (WHO). Executive Summary. Assessment of the health risk of dioxins: Re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI), 1998. (<http://www.who.int/pes/pubs/dioxin-exec-sum/exe-sum-final.html>).
21. World Health Organization (WHO). The WHO Environmental Health Criteria Series, No.88: Polychlorinated dibenzo-para-dioxins and dibenzofurans, 1989. (<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc88.htm>).
22. Michalek JE, Pirkle JL, Caudill SP, Tripathi RC, Patterson DG, et al. Pharmacokinetics of TCDD in veterans of operation ranch hand: 10-year follow-up. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 1996; 47(3):209-220.
23. Stegeman JJ, Lech JJ. Cytochrome p450 mono oxygenase systems in aquatic species: carcinogen metabolism and biomarkers for carcinogen and pollutant exposure. *Environmental Health Perspectives* 1991; 90: 101-109.
24. Chen YC, Guo YK, Hsu CC, Rogan RJ. Cognitive development of Yu-Cheng ("oil disease") children prenatally exposed to heat-degraded PCB's. *JAMA* 1992; 268: 3213-3218.
25. Urabe H, Asahi M. Past and current dermatological status of Yusho patients. *Environ Health Perspect* 1985; 59: 11-15.
26. Çok I, Dönmez MK, Sastroğlu MH, Aydınuraz B, et al. Concentration of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans and dioxin-like PCBs in human adipose tissue from Turkish men. *Chemosphere* 2007; 66:1955-61.
27. Schuhmacher M, Domingo JL, Hagberg J, Lindstrom G. PCDD/F and non-ortho PCB concentrations in adipose tissue of individuals living in the vicinity of a hazardous waste incinerator. *Chemosphere* 2004; 57:357-364.
28. Arfi C, Seta N, Fraise D, Revel A, Escande JP, Momas I. Dioxins in adipose tissue of non-occupationally exposed persons in France: correlation with individual food exposure. *Chemosphere* 2001; 44(6):1347-1352.
29. Kiviranta H, Tuomisto JT, Tuomisto J, Tukiainen E, Vartiainen T. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans, and biphenyls in the general population in Finland. *Chemosphere* 2005; 60:854 -869.
30. Kang YS, Matsuda M, Kawano M, Wakimoto T, Min BY. Organochlorine pesticides, polychlorinated biphenyls, polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in human adipose tissue from western Kyungnam, Korea. *Chemosphere* 1997; 35(10):2107-2117.
31. Papke O. PCDD/PCDF: Human background data for Germany, a 10-year experience. *Environmental Health Perspectives* 1998; 106:723-731.
32. Choi JW, Miyabara Y, Hashimoto S, Masatoshi M. Comparison of PCDD/F and coplanar PCB concentrations in Japanese human adipose tissue collected in 1970-1971, 1994-1996 and 2000. *Chemosphere* 2002; 47(6): 591-597.
33. Patterson DG, Todd DD, Turner WE, Maggio V, Alexander LR, et al. Levels of non-ortho-substituted polychlorinated biphenyls, dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in human serum and adipose tissue. *Environmental Health Perspectives* 1994; 12 (suppl 1) :195-204.
34. Kumar SM, Kanan K, Paramasivan ON, Sundaram VPS, et al. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans and polychlorinated biphenyls in human tissues, meat, fish and wildlife samples from India. *Environmental Science and Technology* 2001; 35: 3448-3455.
35. Orban JE, Stanley JS, Schwemberger JG, Remmers JC. Dioxins and dibenzofurans in adipose tissue of the general US population and selected subpopulations. *American Journal of Public Health* 1994; 84(3):439-445.