

# Bir Halk Sağlığı Sorunu: Kanatlı Ürünlerinde Dioksin Varlığı

## A Public Health Problem: Dioxin Presence in Poultry Products

Ufuk KAMBER<sup>a</sup>,  
Güzin İPLİKÇİOĞLU ÇİL<sup>b</sup>,  
Ufuk Tansel ŞİRELİ<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Gıda Güvenliği ve Halk Sağlığı Bölümü,  
Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi,  
Kars, TÜRKİYE

<sup>b</sup>Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü,  
Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi,  
Ankara, TÜRKİYE

Received: 12 Apr 2019

Received in revised form: 03 Oct 2019

Accepted: 08 Oct 2019

Available online: 21 Oct 2019

Correspondence:

Güzin İPLİKÇİOĞLU ÇİL

Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi,

Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü,

Ankara,

TÜRKİYE/TURKEY

g.iplikcioglu@gmail.com

**ÖZET** Dioksinler; kalıcı organik çevresel kirleticiler arasında yer alan, toksik özellikleri nedeniyle insanlar için ciddi sağlık sorunları oluşturan, iki klorlu benzen halkası içeren bileşen grubunun genel adıdır. Özellikle son yıllarda gelişen endüstriyle birlikte klorlu birçok kimyasalın üretimi ve atık yakma sonucunda ara ürün olarak ortaya çıkarak, çevrede yaygın olarak bulunmaktadır. Kısa süreli yüksek seviyelerde dioksine maruz kalma, klorakneye, karaciğer fonksiyon bozukluklarına ve cildin şekilsiz kararması gibi deri lezyonlarına sebep olmaktadır. Uzun süreli maruz kalmada ise başta kanser, Tip 2 diyabet ve iskemik kalp hastalığı gibi sağlık sorunlarının olabileceği bildirilmektedir. İnsanlar için dioksinlere maruz kalmanın başlıca yollarından biri de gıdalardır. Dioksinler, kanatlıların besin zincirine birkaç yoldan girdiğinden, özellikle kanatlı etleri ve yumurtalar bu bileşen yönünden risk taşımaktadır. Çevre kirliliğinden etkilenmiş alanlarda üretilen, ev yetiştiriciliği ya da organik besicilik yapan işletmelerden elde edilen yumurta ve kanatlı etlerinde önemli düzeylerde dioksin olduğu tespit edilmiştir. Dioksinlerin zararlı etkilerinden korunmak ve dioksin bakımından güvenli tavuk eti ve yumurta üretimi için çiftlik aşaması başta olmak üzere; üretim, işleme, dağıtım ve satış sırasında kontrol edilmesi gerekir. Tavuk çiftliklerinde tolerans seviyelerinin aşılmasını önlemek için kontaminasyon izleme sistemleri oluşturulmalıdır. Yine kontamine yumurta ve kanatlı etlerinde dioksin düzeylerini tespit etmek ve kontamine ürünleri uzaklaştırmak için çaba gösterilmelidir. Tüketicilerin, kanatlılarda dioksin varlığı ile ilgili bilinci her geçen gün artsa da doğadaki ve gıdalarımızdaki dioksin seviyelerinin arzu edilen değerlere indirilmesinin uzun yıllar alacağı ve dolayısıyla insanlar için bu bileşiğin uzun bir süre daha risk kaynağı oluşturacağı bilinmelidir.

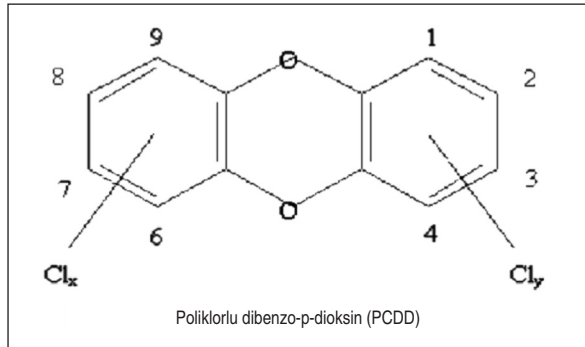
**Anahtar Kelimeler:** Dioksin; kanatlı; yumurta; gıda kontaminasyonu; halk sağlığı

**ABSTRACT** Dioxins are the general name of a group of component containing two chlorinated benzene rings, which are among the permanent organic environmental pollutants, that are cause serious health problems for humans due to their toxicity. They can be found widely in the environment especially in recent years, after the increase in the production of chlorinated chemicals and as an intermediate product as a result of waste incineration. Short-term exposure to high levels of dioxins leads to chloracne, liver dysfunctions and skin lesions such as amorphous blackening of the skin. It is reported that long term exposure may cause health problems such as cancer, Type 2 diabetes and ischemic heart disease. Food is one of the main ways of exposure to dioxins for humans. Since dioxins enter the food chain of poultry in several ways, especially poultry meat and eggs have a risk in terms of this component. It is known that there are significant levels of dioxins detected from eggs and poultry meat produced in the areas affected by environmental pollution, obtained from small size enterprises or organic dairy farms. Controls during the production, processing, distribution and sales are essential, in particular, to prevent the harmful effects of dioxins and to produce dioxin-safe food. Contamination monitoring systems should be established to prevent tolerance levels to be exceeded. Despite the increasing awareness of the presence and prevention of dioxin in poultry, it will take many years for the levels to be reduced to the desired values in nature and it should also be known that this compound will be a risk factor for humans for a long time.

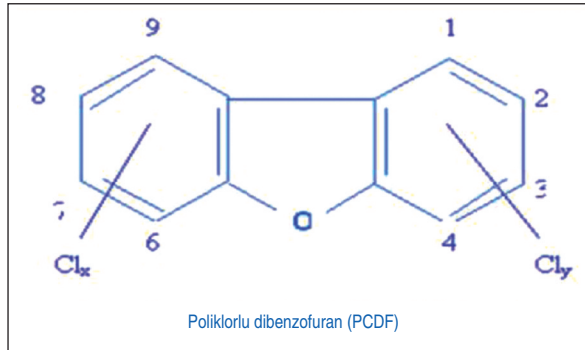
**Keywords:** Dioxin; poultry; egg; food contamination; public health

**D** ioksinler, toksik özellikte olup maruz kalındığında insanlar için çok ciddi sağlık sorunları oluşturan çevresel kirleticilerdir. Dioksin kelimesi her ne kadar tek bir bileşik ismi olarak algılsa da birçok kimyasal bileşiği ifade eder. İki oksijen köprüsüyle birbirlerine bağlanmış iki

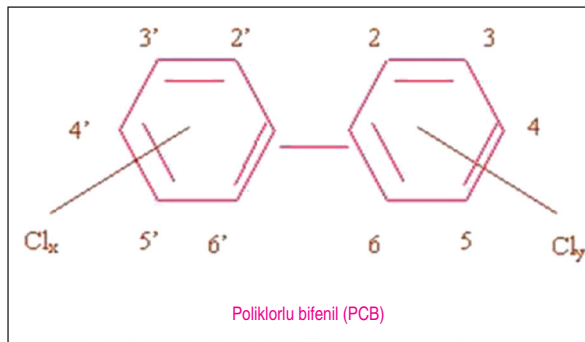
klorlu benzen halkası içeren bileşen grubunun genel adıdır. Dioksin bileşikler dört ya da daha fazla klor atomu içerirler. İsmi son bağlanmadan almıştır (d= 2, okso= oksijen bağlama). Dioksinler, Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'de gösterilen, poliklorlu dibenzo-p-dioksinler (PCDD), poliklorlu dibenzofuran (PCDF) ve poliklorlu bifenil (PCB)'ler olmak üzere geniş bir grup kimyasal tanımlamak için kullanılan çoklu bir terimdir. Doğada 75 farklı dioksin, 135 farklı furan ve 209 farklı PCB bileşiği bulunmaktadır ve bunların 30'a yakını çok toksiktir. Bunlar içerisinde en fazla



ŞEKİL 1: PCDD (Dioksin).



ŞEKİL 2: PCDF (Furan).



ŞEKİL 3: PCB (Bifenil).

toksik etkiye sahip olanı ise 2, 3, 7, 8-tetraklorodibenzodioksin (TCDD)'dir.<sup>1</sup> Dioksinler tetrodoksın, striknin, aflatoksin siyanür, cıva ve DDT'den daha toksik özelliktedir. Dioksin bileşiklerinin toksisiteleri 2, 3, 7, 8-TCDD'ye göre belirlenir ve bundan dolayı dioksin bileşiklerinin her birinin toksik eş değerlik değeri [toxic equivalency (TEQ)] farklıdır.<sup>2</sup>

## DIOKSİN KAYNAKLARI

Dioksinler, klor içeren hidrokarbonların ya da klorla birlikte hidrokarbonlu maddelerin yakılmasında tam yanma gerçekleşmediği zaman (180-400 °C) oluşur. Oksijenin yeterli olduğu ve tam yanmanın sağlandığı ortamlarda (800-1000 °C) dioksin oluşmaz.<sup>3</sup> Bu nedenle çevremizde bulunan dioksinler, ev ile belediye çöplerinin yakılması ya da diğer kurumların atık yakma fırınlarından (özellikle plastiklerin bulunduğu atıklar) kaynaklanmaktadır. Dioksin kirliliği ayrıca, doğal çalılıkların ve ormanların yanması (odun ve bitkilerin yapısındaki ligninin yanması dioksin oluşumunda rol oynar), volkan patlamaları, bazı endüstriyel işlemlerin (PVC plastiklerin üretimi, klorlu pestisit üretimi, küspe ve kâğıt ağartma gibi klor içeren ağartıcıların kullanılması) sonucunda kasıtsız bir yan ürünü olarak da oluşur.<sup>4</sup> Yine sigara dumanında, ev ısıtma sistemlerinde ve arabalardan çıkan egzozda da düşük konsantrasyonlarda dioksin tespit edilmiştir. Dioksinler ayrıca, kullanılmayan yapılarda gelişen, beyaz koloni oluşturan beyaz rot mantarları tarafından da doğal olarak üretilir. Burada da küfler dioksini ligninden oluşturmaktadır. Hayatımızı kolaylaştıran bazı ürünlerin de dioksin içerdikleri iddia edilmektedir. Klorla ağartma işleminden geçen günlük hayatımızda kullanılan plastik bardak ve tabaklar, pet şişeler, köpük malzemeleri, tuvalet kâğıtları, kâğıt mendiller, süt ve meyve suyu kartonları, çocuk bezleri ve peçeteler bu materyaller arasında sayılmaktadır.<sup>3</sup> Plastik malzemelerin içerisinde bulunan sıcak içecekler ile pet şişelerde satılan suların uzun süre güneş altında bekletilmesi sonucunda sıcaklığın etkisiyle dioksinlerin oluştuğu ve sulara geçtiği bilinmektedir.<sup>2</sup> Özellikle ev atıklarının ve belediye

çöp atıklarının (plastikler, pentaklorofenol ile muamele edilmiş ağaçlar, klorlu pestisit atıklarla bulaşık maddeler) yakılması sonucu ortaya salınan dioksin miktarı çok yüksektir.<sup>5</sup> Avustralya'da yapılan çalışmada, dioksinin %80'inin yanmalardan kaynaklandığı ve bunun %75'inin suları kirlettiği ortaya konulmuştur. Havaya salınan dioksinler dağılarak uzun mesafeler kat ederler ve sonunda atmosferden toprağa, yüzey sularına ve bitki örtüsüne çökerler.<sup>6</sup>

Dioksin ve furanlar ara ürünler olup, ticari amaçla üretilen bileşikler değildir ve bilinen kullanım alanları da yoktur. Yukarıda anlatıldığı gibi, bunlar genellikle kimyasal ürünlerin üretiminde istenmeyen yan ürün olarak açığa çıkmaktadır.<sup>7</sup> PCB'ler ise endüstriyel amaçlar için üretilmiş bir grup kimyasal bileşiktir. Artık üretilmemesine rağmen PCB'ler bir zamanlar Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde elektrikli ekipmanlarda soğutucu-yağlayıcı olarak ve yabani otları temizlemek için tarımda herbisitler olarak yaygın kullanılmıştır. Fakat dioksinlerin çok toksik olduğu anlaşılınca, Çevre Koruma Ajansı, 1979 yılında bu herbisitlerin kullanılmasını yasaklamıştır.<sup>8</sup>

Dioksinler aşırı derecede kalıcı organik kirletici bileşikler olduğundan, hem insan yapımı hem de doğal kaynaklı bu bileşiklerin düzeylerinin doğada azalmasının yıllarca süreceği tahmin edilmektedir. Yine yapılan başka araştırmalarda, dioksinin toprakta 100 yıldan fazla bir yarı ömre sahip olabileceği ortaya konmuştur.<sup>9</sup> Dioksinler suda kolayca çözünmezler ve bu nedenle yüzey suyuna giren dioksinlerin çoğu parçacıklara kuvvetli bir şekilde yapışır ve sonunda çökeltiye yerleşir. Toprak, göller, nehirler ve okyanusların dibindeki sedimentler, dioksin için diğer bir depolama alanlarıdır. Bütün canlılar dioksin bileşiklerini hava, su, bitki, tortu ve topraktaki besinler aracılığıyla vücutlarına kolayca alırlar. Dioksinlerin vücutta parçalanması oldukça zordur ve çok yavaş (yarılanma ömrü 11-15 yıl) atılırlar. Konsantrasyonlar gıda zincirindeki her adımda artar, örneğin; bitkilerde bulunan dioksinler, hayvanlar bitkileri yediklerinde daha da konsantrasyon hâle gelmiş olur.<sup>10</sup>

## DIOKSİNE MARUZİYET

Dioksinler vücuda en çok gıdalar yoluyla girer, dolayısıyla gıdalar insanlar için dioksinlere maruz kalmanın başlıca kaynağıdır. İnsanlardaki dioksin kontaminasyonunun %90'ının besin zinciri yoluyla olduğu bildirilmektedir.<sup>11</sup> Sadece küçük bir kısmı deri ve solunum yoluyla olmaktadır.<sup>12</sup> Dioksinlerin yağlarda biriken lipofilik bileşikler olması nedeniyle kırmızı ve kanatlı etleri, yumurtalar, balıklar, hayvansal yağlar ve süt ürünleri başlıca sorumlu gıdalar olarak gösterilmektedir.<sup>13</sup> Hayvansal kaynaklı gıdaların tüketimi, insan maruziyetinin ana giriş yolu olarak kabul edilir ve %95'in üzerinde hayvansal yağların alımı yoluyla gerçekleşir. Bu toksik bileşiklerin gıdalar vasıtasıyla insanlarda tehdit oluşturduğu belirlendikten sonra yapılan analizlerde, hayvansal ürünlerde önemli düzeylerde dioksin olduğu görülmüştür.<sup>14</sup> Avrupa'da yapılan çalışmalarda, yasal sınırları aşan dioksinlerin %34'ü, organik tavuk yetiştiriciliği yapan çiftliklerden elde edilen ürünlerde bulunmuştur. Çiftlik hayvanlarındaki dioksin varlığı, yem maddelerinin kirlenme düzeyine ve diyet içindeki oranlarına bağlıdır. En fazla kirlilik balık unu ve balık yağında bulunmaktadır. Dioksinler, biyoakümülyasyon özelliğine sahip olduklarından hayvansal yağlarda bitkiler ve topraktan daha çok bulunabilirler. Batı Avrupa'daki çeşitli ülkelerde inek sütü, sığır ve koyun eti ile yumurtalarda bulunan dioksin içeriğinin, kirlilik kaynakları yakınlarında bulunan bölgelerde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu nedenle yakma fırınlarına yakın birçok yerde yapılan hayvancılık yapılan işletmelerde dioksin krizi meydana gelmiştir.<sup>15</sup>

## DIOKSİN VAKALARI

Hayvansal gıda üretimi için yetiştirilen hayvanların yüksek miktarlarda dioksin ile kontamine olduğu vakalardan ilki; 1976 yılında İtalya'nın Seveso kentindeki bir kimya fabrikasında yaşanan kaza sonucu meydana gelmiştir. Kaza sonrası TCDD de dâhil zehirli kimyasallar içeren büyük bir bulut oluşmuş ve bu 37.000 kişinin yaşadığı 15.000 km<sup>2</sup>'lik bir bölgeyi kirletmiştir. ABD'de hayvan yeminde topaklaşmayı önleyici ajan olarak kontamine kilin kullanılması, Avrupa'da hayvan yemlerinde katkı

olarak Brezilya'dan getirilmiş narenciye posası eklenmesi, Belçika'da 1999 yılında yemlere geri dönüştürülmüş yağların katılması nedeniyle dioksin kontaminasyon vakaları gerçekleşmiştir. İrlanda'da 2008'in sonlarında domuz eti ve domuz eti ürünlerinde, Almanya'da 2010'da yumurtada yüksek seviyelerde dioksin tespit edilmiştir.<sup>16,17</sup> 1999 yılında Avusturya'da da yem üretiminde kullanılan doğal kaolinin yüksek seviyede dioksin içermesinin tavuk ve domuzlarda önemli oranda dioksin kontaminasyonuna neden olduğu (tavuk yumurtasında 13 pg TEQ/g yağ) açıklanmıştır.<sup>17</sup> Bu kontaminasyonlar on binlerce tavuk, yüzbinlerce yumurta, binlerce sığır, koyun, domuz ve tonlarca et ve süt ürününün imha edilmesiyle sonuçlanmıştır. Aynı zamanda, bu ürünlerin tüketiminde ve ihracatında büyük düşümlere neden olmuştur.<sup>18</sup> Ülkemizde Kocaeli ilinde yapılan bir çalışmada, bir atık yakma tesisinin çevresinde beslenen hayvanların yumurta ve sütlerinde oldukça yüksek miktarlarda dioksin olduğu tespit edilmiştir.<sup>19</sup> Avrupa Birliği ülkelerinde hayvansal gıdalarda tespit edilen dioksinlerin düzeyleri **Tablo 1**'de görülmektedir.

### DIOKSİNLERİN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Dünya Sağlık Örgütü [World Health Organization (WHO)], dioksinlerin tolere edilebilir günlük alımını 1-4 pg TEQ kg<sup>-1</sup> vücut ağırlığı olarak belirlerken; Gıda Bilimsel Komitesi, tolere edilebilir haftalık alımını vücut ağırlığı için 14 pg

kg<sup>-1</sup> TEQ olarak belirlemiştir.<sup>5</sup> Çoğu insan günlük yaşamda bu dozun üzerinde dioksine maruz kalmaktadır. Dioksinlerin %95'i alimenter yolla alınmakta ve bunun kaynaklarını yağlı etler, süt ürünleri, balık ve yumurta oluşturmaktadır. Günlük alınan dioksinin %4'ünün yumurtadan kaynaklandığı, yani yumurtanın dioksin alımına katkısının önemli olduğu bildirilmektedir.<sup>12</sup>

Dioksin bileşikleri hücre içi aril hidrokarbon reseptörüne (AhR) etki etmektedirler. AhR gen düzenleyici bir protein olup, transkripsiyon faktörüdür.<sup>21</sup> İnsan vücudunda dioksinin yarılanma ömrü vücut yağ yüzdesine göre değişmekle birlikte, 7-132 yıl arasında olabileceği ifade edilmektedir.<sup>22</sup> İnsanların kısa süreli yüksek seviyelerde dioksinlere maruz kalması klorakneye, karaciğer fonksiyon bozukluklarına ve cildin şekilsiz kararması gibi deri lezyonlarına sebep olmaktadır. Uzun süreli maruz kalmada ise başta kanser, Tip 2 diyabet ve iskemik kalp hastalığı gibi sağlık sorunlarına neden olabileceği bildirilmektedir. Dioksin alımı belirtilen düzeylerden ne kadar yüksekse kanser riski de o kadar fazladır.<sup>23</sup> Dioksinlerin çocuklarda gelişim ve öğrenme güçlüğü, bağışıklık sisteminin baskılanması, akciğer problemleri, cilt bozukluklarına neden olduğu da bilinmektedir. Japonya'da yapılan bir çalışmada, dioksine maruz kalmış bebeklerde zekâ geriliği ve 8 yaşındaki çocuklarda da kavrama yeteneklerinde gerileme olduğu ortaya konmuştur.<sup>24</sup> Yetişkinlerde dioksin maruziyeti hormonlara zarar verip üreme ve kısırlık sorunlarına yol açmaktadır.

**TABLO 1:** Avrupa Birliği ülkelerinde hayvansal gıdalarda izin verilen dioksin kalıntı miktarları.<sup>20</sup>

Hayvansal gıda	Seviyeler (pg/g yağ TEQ)	
	Dioksin	Dioksin+DL-PCB
<b>Et ve et ürünleri</b>		
- Büyükbaş hayvanlar ve koyun	2,5	4,0
- Kümes hayvanları	1,75	3,0
- Domuzlar	1,0	1,25
<b>Süt ve süt ürünleri</b>		
Tavuk yumurtası ve yumurta ürünleri	2,5	5,0
<b>Et yağları</b>		
- Büyükbaş hayvanlar ve koyun	2,5	4,0
- Kümes hayvanları	1,75	3,0
- Domuzlar	1,0	1,25

TEQ: Toksik eş değerlik değeri.

Doğum kusurları, gebeliği devam ettirememeye, azalan fertilité, azalmış sperm sayısı, endometriyozis, düşük testosteron seviyeleri gibi üreme sorunlarıyla ilişkilendirilmiştir.<sup>21,25</sup> Bunların dışında dioksin maruziyette oluşan diğer sağlık problemleri; Wasting sendromu, hepatotoksisite, damak yarığı, kusurlu böbrek oluşumu gibi doğumsal anomaliler, immünotoksisite, nörotoksisite, mide bulantısı, solunum güçlüğü, yüksek tansiyon ve astım olarak açıklanmıştır.<sup>3,26</sup>

## KANATLILARDA DİOKSİN

Kanatlı yetiştiriciliği bugün kafes, kümes, serbest ve organik olmak üzere 4 şekilde yapılmaktadır. Yetiştiricilik şekli, gelen talepler doğrultusunda, kafes sisteminden gittikçe kümes ve organik yetiştiriciliğe dönüşme eğilimi göstermektedir. Örneğin; İngiltere’de eskiden çoğunlukla kafes yetiştiriciliği şeklindeki yumurta üretiminin şimdi %50’si kafes, %42’si serbest ve %8’i kümes şeklindedir.<sup>27</sup> Ülkemizde ise yetiştiricilik şekli ile ilgili net istatistik verileri olmamasıyla birlikte; üretilen yumurtaların %95,5’inin kafes, %4,5’inin organik yumurta olduğu bildirilmektedir.<sup>28</sup>

Dioksinler kanatlıların besin zincirine birkaç yoldan girdiğinden, kirlenme büyüklüğü maruziyet

sıklığına ve bu yolların her birindeki dioksin seviyelerine göre farklılık gösterir. Çalışmalar, kaba yemlerin genel olarak ticari yemlere göre daha yüksek seviyelerde dioksin içerdiğini göstermiştir (Tablo 2). Farklı üretim sistemleri de alınan dioksin miktarlarını etkilemektedir (Tablo 3). Serbest tavuk yetiştiriciliğinde dioksin seviyeleri çok yüksektir. Çünkü tavukların dioksin kaynakları kurtlar, solucanlar, böcekler, ot, toprak ve kaba yemlerdir. Bu nedenle açık havada yetiştiricilik yapılan kanatlılarda dioksin miktarı daha yüksek bulunabilir.<sup>15</sup>

Bunun dışında dioksinler iklimsel ve çevresel faktörlerin (orman yangınları ve ev tipi atıkların yakılması) etkisi ile tarım alanlarına yayılarak, bu toksinlerin miktarlarının daha da yükselmesine neden olabilirler.<sup>29</sup> Ayrıca, pentaklorophenol (PCP) malzemesi ile muamele edilmiş odundan yapılan hayvan yatak talaş kullanımı dioksin seviyelerinin artışına neden olmaktadır. Bu olgu üzerinden yapılan çalışmada, PCP’li odun talaşı üzerinde yetiştirilen tavukların yumurtalarında dioksin bileşikleri tespit edilmiştir.<sup>30</sup> Yine aynı madde ile muamele edilmiş ahşaplardan yapılan çiftliklerden alınan hayvansal ürünlerde de dioksin yüksek miktarlarda rastlanmıştır.<sup>31</sup>

**TABLO 2:** Bazı hayvan yemlerindeki dioksin içeriği.<sup>36</sup>

Gıda maddesi/yem	Miktar (ng/g TEQ)*		
	En az	En çok	Ortalama
Kaba yem	0,1	6,6	0,2
Tahıllar ve baklagiller	0,01	0,4	0,1
Hububat, tane baklagilleri ve şeker yan ürünleri	0,02	0,7	0,1
Sebze yağı	0,1	1,5	0,2
Balık unu-Pasifik (Şili, Peru)	0,02	0,25	0,14
Balık unu-Avrupa	0,04	5,6	1,2
Balık yağı-Pasifik (Şili, Peru)	0,16	2,6	0,61
Balık yağı-Avrupa	0,7	20	4,8
Karışık hayvansal yağ	0,5	3,3	1,0
Et ve kemik unu	0,1	0,5	0,2
Süt ve ürünleri	0,06	0,48	0,12
Toprak	0,5	87	5,0
Premiksler	0,02	0,5	0,2

\* Kuru maddede.

TEQ: Toksik eş değeri.

**TABLO 3:** Bazı Avrupa Birliği ülkelerindeki yumurtalardaki dioksinlerin düzeyleri.<sup>18</sup>

Yetiştirme şekli	Yumurta sayısı	Miktar (pg TEQ/g yağ)		Ülkeler
		Dioksin	Dioksin + DL-PCB	
Serbest	8	2,3 -19		İsviçre
Serbest	53	<SL*-22,8		Almanya
Organik	6	0,7 -7,7	0,7- 5,8	Hollanda
Serbest	19	2,1- 261		İngiltere
Serbest	11	6,3 -121,6	0,35 - 46,4	Fransa
Serbest	15	9,9		Belçika
Serbest	35	0,4 -18	0,4- 270	Belçika
Serbest	16	<SL*-0,8	0,4	İrlanda
Organik	4	2,7	3,9	İrlanda

\*Saptama Limiti.

TEQ: Toksik eş değerlik değeri.

Kanatlı etlerindeki dioksin miktarları; bileşiğin konjugasyonu ve doku türüne göre değişmektedir. Lovett ve ark., İngiltere ve Galler'de yaptıkları çalışmada, dioksin birikiminin kümes hayvanlarının yaşadığı çevrenin hem yumurta hem de etini etkilediğini göstermiş, kümes hayvanı ürünlerinin bir yakma tesisine yakın alandaki dioksin içeriğinin, başka bir yerde tespit edilenlerden önemli ölçüde yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Ancak, kalıntıya kanatlı etlerine göre yumurtalarda daha fazla rastlanmıştır. Buna karşın, tavuk karaciğerlerinde yasal sınırlar içerisinde bulunmuştur.<sup>10,32</sup> Petreas ve ark., dioksinlerin dişi hayvanlarda erkekler göre daha az biriktiğini açıklamışlardır. Bunun nedenini de dioksinlerin yumurta ile atılması olarak göstermişlerdir.<sup>33</sup>

Tavukların günlük gıda tüketimi (hububat, otlar, böcekler vs.) yaklaşık 35 g olup, bunun yaklaşık 20 g'ını hayvansal besinler (böcek, solucan, karınca gibi) oluşturur. Yine serbest dolaşan tavuklar günde 2-10 g arasında toprak yerler.<sup>34</sup> Bu sebepler dikkate alındığında organik yetiştiricilikteki olası dioksin kaynakları şunlardır: Ticari organik yem, ticari olmayan gıdalar, toprak, bitkiler, solucanlar ve böcekler. Bu kaynakların yumurtalardaki dioksin düzeyleri üzerine etkilerini gösteren veriler Tablo 4'te gösterilmiştir. Bu verilere göre; toprağın birincil en önemli kaynak, solucan ve böceklerin ikinci önemli kaynak olduğu

**TABLO 4:** Tavuk beslenmesinde dioksin kontaminasyonunun tahmini değerleri.<sup>15</sup>

Yem kaynağı	Tahmin edilen miktar (pg TEQ/g yağ)	
	En az	En çok
Düzenli besleme	0,05	1,25
Solucanlar ve böcekler	0,25	1,5
Otlar ve otlar	0,25	0,5
Toprak	0,25	2,5
Toplam	0,80	5,75

TEQ: Toksik eş değerlik değeri.

görülmektedir.<sup>15</sup> Buna benzer sonuçlar diğer birçok araştırmacı tarafından da teyit edilmiştir.<sup>33,35</sup>

Araştırmacılar, dioksin kontaminasyonunun ayrıca, kafeslerde yaşayan tavuklar arasında çapraz kontaminasyonla da şekillendiğini ve bunun havadaki tozlar vasıtasıyla gerçekleştiğini belirtmişlerdir.<sup>37</sup> Dioksin düzeyini etkileyen bir diğer faktör de tavukların yaşıdır. Tlustos ve ark., tavukların yaşı ile yumurtalarda bulunan dioksin düzeyleri arasında yakın bir ilişki bulmuşlardır.<sup>38</sup> Yine sınırlı veriler de olsa tavuklarda dioksinin yarı ömrünün adipoz doku ve yumurtalarda 25-60 gün olduğu tespit edilmiştir.<sup>39</sup>

Yemlerde dioksin: Genel olarak dioksinler ticari yemlerde düşük seviyelerde bulunur.<sup>38</sup> Hububat (buğday, arpa, çavdar, mısır gibi) gibi taneli bitkiler ile ayçiçeği ve bunların yan ürünleri (yağı ekstrakte edilmiş çekirdeği gibi) en yaygın

ticari yemlerdir. Bu yemlerdeki yağ oranı içeriği hayvansal kaynaklı maddelere göre değişir. Yemde bulunan hayvansal kaynaklı yağlardaki dioksin içeriği ise kg başına 12-232 pg TEQ arasında değişmektedir.<sup>40</sup> Ticari yemler, geleneksel yemlerden daha az dioksin içerdiğinden, ticari yemlerin yumurtalarda dioksin seviyelerinin artmasına katkıda bulunması daha azdır.<sup>15</sup> Organik yetiştiricilik yapan bazı çiftliklerde, sürülere ticari yemlerin yanında ticari olmayan yemler de verilmektedir. Ticari olmayan bu yemler olarak sebze, meyve ve bazı tahıl ve ürünleri sayılabilir.<sup>41</sup> Yumurtalardaki yüksek dioksin seviyesi ile beslenmede ticari olmayan yemler kullanan çiftliklerin arasında bir ilişki bulunmuştur. Araştırmalarda elde edilen sonuçlarda; tahıl, meyve ve sebzelerdeki dioksinin çoğunlukla tespit limitlerinin altında (ürün başına 0,05-0,1 pg TEQ civarında) olduğu görülmüştür. Fakat ithal edilen bu tip gıda maddelerinde dioksin kontaminasyonu düşünüldüğünde daha fazla olabilir.<sup>42</sup> Örneğin; tavuklara verilen ekmeğin tanesinde 0,0277 pg TEQ dioksin içerdiği, Smith ve ark., tarafından tespit edilmiştir. İnsan tüketimindeki dioksin seviyeleri ile ilgili veriler haricinde, tavukların ticari olmayan besinlerle beslenmenin dioksin içerikleri hakkında aslında çok fazla bilgi yoktur.<sup>22</sup> Her ne kadar Brandsma ve ark., yumurtalardaki yüksek dioksin seviyesi ile sebze ve bahçe artıkları arasında bir ilişki olduğunu ortaya koysa da bu artıkların bir dioksin kaynağı olduğu anlamına gelmemektedir.<sup>41</sup>

Açık alanda beslenmede, dışarıda geçirdikleri sürenin fazla olması durumunda tükettikleri böcek ve solucan miktarları da artar. Hayvanların diyetlerinde aldıkları dioksinlere ek olarak, toprak yutmaları da başka bir dioksin kontaminasyon kaynağıdır. Avrupa'da bazı topraklardaki dioksin düzeyinin 0,5-87 pg TEQ arasında olduğu tespit edilmiştir, tavuklar tarafından alınan toprak miktarının günde 2-10 g arasında olduğu tahmin etmektedir. Gerçekten de bu tahminin kabul edilmesi durumunda, ek dioksin alımı günde 1-870 pg TEQ arasında olabilir.<sup>39,40</sup>

Bitkilerden kaynaklanan dioksin: Tavuklar ot, çimen, tahıl ve diğer bitkilerden günde 7-35 g arasında tüketirler.<sup>34</sup> Dioksinler toprak yüzeyinde

değilse, bitkilerdeki yağlar da az kontamine olacağından toprakta yetiştirilen bitkilerin yapısında bulunacak dioksinlerin miktarı da önemsiz düzeydedir.<sup>42</sup> Bununla birlikte, Kijlstra, günde 35 g'lık çim alımının, yumurta başına 0,25-0,5 pg TEQ'luk bir dioksin içeriğine yol açabileceğini bildirmiştir.<sup>15</sup>

Solucanlarda ve böceklerden gelen dioksin: Serbest dolaşan tavuklar günde yaklaşık 20 g böcek ve solucan tüketirler.<sup>34</sup> Bu nedenle yumurtalardaki dioksin artışının sebeplerinden birinin de böcek ve solucanların tüketimi olabileceği düşünülmektedir. Solucanlarda, vücut ağırlığı başına 0,3-1,9 pg TEQ arasında değişen dioksin içeriği bulunmuş ve 20 g kadar solucan tüketmenin yumurtada 0,25-1,5 pg/g TEQ dioksin kirliliğine yol açabileceği bildirilmiştir. Bu risk, yutulan böcek ve solucan miktarı, tavukların dışarıda geçirdiği zaman ve böcek yoğunluğu gibi çeşitli faktörlere bağlıdır.<sup>15</sup>

#### YUMURTADA DİOKSİN

Tavuk yumurtası, dünyanın her yerinde insan diyetinin önemli bir parçasıdır. 2017 verilerine göre, kişi başına düşen yumurta tüketimi Çek Cumhuriyeti'nde 296, ABD'de 257, Çin'de 232, Türkiye'de 214, Brezilya'da 94 ve Hindistan'da 35'tir.<sup>28</sup> Yumurta tüketiminin artması, özellikle toplumdaki sosyal değişimlerin bir sonucu olarak (tek kişilik haneler ve kadınların ev dışında çalışması) her geçen gün artış göstermektedir. Yine günümüzde insanların fabrikasyon ürünleri fazla gıda tüketim tercihlerinin artmasıyla, serbest dolaşan tavuklardan elde edilen etler ve organik tavuklardan elde edilen yumurtalar giderek daha çok diyetin önemli bir parçası hâline gelmektedir.<sup>43</sup>

Yumurtalarda bulunan kalıntı dioksinin kaynakları oldukça çoktur. Şüphesiz ki dioksinler yumurtaya tavukların yedikleri gıdalardan geçip sindirim sisteminden emildikten sonra yumurtanın yağında birikirler. Organik çiftliklerden alınan yumurtalarda çok daha yüksek dioksin içeriği bildirilmiştir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda, çoğunluğu küçük sürülü çiftliklerden alınan organik yumurtaların diğer yetiştiricilik sistem yumurtalarına göre daha yüksek oranda dioksin

**TABLO 5:** Bazı Avrupa ülkelerinde yetiştiricilik tarzına göre yumurtalardaki dioksin düzeyleri.<sup>15</sup>

Ülkeler	Dioksin düzeyleri (pg/g yağ TEQ)	
	Kafes yetiştiricilik	Serbest/organik yetiştiricilik
Hollanda	1-2	0,4-8,1
Belçika	1	1-10
Almanya	0,5-2,3	0,4-11,4
İrlanda	0,1-0,6	0,5-2,7
İsveç	0,6	0,6-3,1
İsviçre	1,3	2,3-19

TEQ: Toksik eş değerlik değeri.

içerdiği bulunmuştur (Tablo 5, Tablo 6). Organik yumurtalarda bulunan dioksin düzeylerinin yüksek olmasının nedeni, bu sistemde diğer sistemlere göre daha yüksek dioksin seviyeleri bulunduğu dan, organik yetiştiriciliğin özellikleri ile açıklanabilir.<sup>41,44</sup> Organik yumurtalardaki yüksek dioksin düzeylerinin üretim karakteristikleri ile ilişkili olduğu başka birçok araştırmacı tarafından da vurgulanmıştır.<sup>11,35,41,45</sup> Avrupa'da hayvansal ürünlerde özellikle de serbest gezen tavuk yumurtalarında dioksin düzeyleri taramalarda yüksek bulunduğu hâlde ülkemizdeki çalışmalardan sadece birinde veriler yüksek bulunmuştur. Manav ve ark., tavuk yumurtalarının %18'inde kalıntıya rastladıklarını ve bunların Avrupa Birliği'nin koyduğu maksimum limitlerden aşağıda olduğunu açıklamışlardır.<sup>46</sup> Olanca ve ark.nın yaptığı araştırmada da yumurta ve ürünlerdeki PCDD/Fs, PCDD/Fs ve dl-PCB ve ind-PCB değerlerinin (sırasıyla 0,24-1,52, 0,28-1,76 ve 202-1.235 pg g<sup>-1</sup> yağ TEQ) izin verilen değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir.<sup>47</sup> Kılıç ark., süpermarketlerde

satılan gıdalarda PCDD/F ve dl-PCB düzeyleri ile ilgili çalışmalarda elde edilen verilerin Avrupa'da rapor edilen konsantrasyonlardan düşük olduğunu bildirmişlerdir.<sup>48</sup> Fakat Aslan ve ark.nın yaptığı çalışmada ise yumurtalardaki PCDD/F düzeyini (<1,16'ya 10,9 pg TEQ.g<sup>-1</sup> yağ) uluslararası limitlerin üzerinde olan örneklerinde olduğu bildirilmiştir.<sup>49</sup>

Yumurtalardaki dioksin düzeyi, tavukların aldıkları yem miktarına bağlıdır.<sup>50</sup> Iben ve ark.nın yaptığı çalışmada, kg başına 4 ng TEQ ile kirlenmiş yemdeki dioksinin ortalama %21,2'sinin yenilebilir dokularda biriktiği tespit edilmiştir.<sup>45</sup> Yumurtalar yaklaşık %10 oranında yağ içerdiğinden, dioksinlerin yumurta sarısının yağında birikmesi doğal bir sonuçtur. Dioksin almış tavukların organlardaki kalıntı dağılımında dioksinin %5-30'unun (ort %25) yumurtada, %7-54'ünün yağ dokularında, %1'inin karaciğerde biriktiği tespit edilmiştir.<sup>39</sup> Ikeda ve ark., tavuklar tarafından alınan dioksinlerin ilk önce yağ dokusunda depolandığını ve daha sonra uzun bir süre zarfında sabit bir hızda yumurtalara geçtiğini bildirmişlerdir.<sup>50</sup> Dioksin özellikle yumurta sarısındaki lipoproteinlerde yoğunlaşmaktadır. On ng'dan fazla dioksin içeren yumurtalarda kuluçkadan çıkma engellenmekte, yumurtaların 1.000 ng'dan fazla dioksin içermesi de %80 oranında mortaliteye neden olmaktadır.<sup>51</sup>

Serbest dolaşan tavukların dioksinle kontaminasyonu, toprağın yutulması ve dioksin içeren böcek ve solucanların yenmesinden kaynaklanmaktadır. Brandsma ve ark., yumurtalardaki dioksin ile toprak ve solucanlardaki dioksin düzeyleri arasında bir korelasyon bulmuşlardır (p<0,10).<sup>41</sup> Pliszczynska ve ark. ise

**TABLO 6:** Almanya'daki farklı tavuk yetiştiriciliğine ait yumurtalardaki dioksin miktarları.<sup>35</sup>

Yetiştirme biçimi	n1	Yıl	Miktar (pg/g yağ TEQ)		
			En az	En çok	Ortalama
Kafes sistemi	20	1993	0,56	2,30	1,16
	69	1995	0,23	6,04	1,36
Yerde	93	1993	1,03	23,4	1,81
	31	1995	0,19	5-57	1,63
Serbest dolaşım	23	1993	0,38	11,4	1,91
	31	1995	0,49	22,8	4,58

TEQ: Toksik eş değerlik değeri.



toprağın yumurtadaki ana dioksin kaynağı olduğu sonucuna varmışlardır.<sup>31</sup> Hollanda'da yapılan çalışmada, yutulan 10 g toprağın her yumurtanın yağında 0,25-2,5 pg TEQ artışına sebep olabileceği bildirilmiştir.<sup>15</sup> Birçok araştırmacı, toprağın yumurtalarda artmış dioksin seviyelerine yol açan temel bir kirlenme kaynağı olduğunu doğrulamıştır.<sup>33,52</sup>

Sürü büyüklüğü, dış mekânın kullanımı için tavukların davranışlarını doğrudan etkilediğinden, yumurtalarda dioksin seviyeleri üzerine etkisi bulunmaktadır. Çoğu zaman küçük sürüler dışarıda, büyük sürüler kapalı alanda yetiştirilme şeklindedir. Dışarıda harcanan süre dioksinle kirlenmiş toprağın ve böceklerin alım miktarını belirler. Küçük çiftliklerdeki tavukların günün büyük kısmını dışarıda geçirmeleri, yumurtadaki dioksin seviyesinin yüksek olmasının sebeplerinden biridir.<sup>53</sup>

Sonuç olarak, kümes ve kafes yetiştiriciliğine göre serbest dolaşan kanatlı eti ve yumurtalarında dioksin seviyelerinin yüksek olduğu bir gerçektir. Bu çerçevede, topraktaki kirlenme seviyeleri düşük tutulmalı ve tavukların beslendiği bölgeler de kontrol edilmelidir. Yine serbest ve/veya organik yetiştiricilik yapan çiftliklerde; kanatlıların dışarıda bulunma süreleri, dışarıda kaldıkları toprak alanlarının büyüklüğü azaltılarak tavukların dioksine maruz kalmaları düşürülebilir.

## DIOKSİNLERİN AZALTILMASI

Dioksinlere maruz kalmanın önlenmesinde kirli malzemenin uygun bir şekilde yakılması bilinen en iyi yöntemdir. Yakma işlemi dioksinleri yok edebilir, fakat yakma işleminin 850 °C'nin üzerinde sıcaklıkta olması gerekir. Aşırı miktarda kontamine olmuş malzemelerin imhası için, daha yüksek sıcaklıklar (1.000 °C veya daha fazla) gereklidir. Gıda zincirinde gıda kaynağının ikincil kontaminasyonunun önüne geçilmelidir. Üretim, işleme, dağıtım ve satış sırasında kontrol, dioksin bakımından güvenli gıda üretim için esastır. Tolerans seviyelerinin aşılmamasını sağlamak için "Kontaminasyon İzleme Sistemleri" oluşturulmalıdır. Kontaminasyondan şüphelenildiğinde, kirlenmiş yem ve yiyecekler tanımlanıp kontrol altına alınmalı ve bertaraf etmek için daha önce hazırlanmış acil durum planları

uygulanmalıdır. Etkilenen popülasyonun maruziyet (örneğin; kandaki veya anne sütü içindeki kirletici maddelerin ölçülmesi) düzeyleri tespit edilmelidir.<sup>54</sup>

Kanatlılarda dioksinlerin azaltılması ile topraktan dioksinlerin giderilmesi üzerine çalışma çok az sayıdadır. Organik yumurtalarda dioksin içeriğinin düşürülmesi için uygulanacak önlemlerin etkisi hakkında henüz çok az şey bilinmektedir. Kirliliğin azaltılması için muhtemel olası müdahaleler; hayvanların dış mekânda geçirdiği zamanın kısaltılması, açık alanın büyüklüğünün azaltılması, toprağın değiştirilmesi, açık arazinin temiz toprakla kaplanması ve tavuklara vitamin verilmesi gibi uygulamalar olabilir.<sup>53</sup> Morita ve ark., bazı yeşil sebzelerin sindirim sisteminde dioksinin emiliminde negatif bir etkiye sahip olabileceğine ve bu etkiyi klorofilin yaptığına dair kanıtlar bulmuşlardır.<sup>55</sup> Ayrıca, Shappell ve ark., kilo artırıcı ajan klenbuterolün, farelerin vücutlarındaki dioksin birikimini %30 oranında azalttığını bildirmişlerdir. Dioksinler kanatlı vücutundan uzaklaştırılmalarının yanı sıra bazı yöntemler ile topraktan da elimine edilebilirler. Fakat bu teknolojiler kompleks olup, çiftliklerde uygulanması zordur. En kolay uygulanabilir olanı küçük arazili çiftlikler için kirlenmiş toprağın temiz toprakla değiştirilmesi seçeneğidir.<sup>56</sup>

Dioksin riskini minimuma indirmek için, resmi otoriteler dioksin izleme sistemi ve yemler ile çevresel kaynaklardaki dioksin miktarını azaltmaya yönelik programlar oluşturma stratejisi geliştirmelidir. Satışa sunulmuş kanatlı ürünleri başta olmak üzere, hayvansal gıdalarda analizler yapılmalıdır. Yine çevresel atıkların yakılması işi ile uğraşan belediyeler ve firmaların düşük dioksin emisyonlu atık yakma teknolojileri kullanmaları zorunlu hâle getirilmelidir.

Avrupa Birliği, insanların maruz kaldığı dioksin tehlikesini azaltmak için 2005 yılından itibaren yumurtadaki miktarını 2,5 pg/g ile sınırlandırmıştır.<sup>34</sup> Dioksinlerin emisyonlarının azaltılması çalışmaları WHO ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı iş birliği içinde devam etmektedir. Geçtiğimiz 10 yıl boyunca, endüstri ve hükümetler, kurşunsuz petrolün piyasaya sürülmesi ile yerel

yakma fırınları ve diğer endüstrilerde alınan önlemler sonucunda ortam, yem ve gıdalara bulaşan ve insanların maruz kaldığı dioksin seviyelerini önemli ölçüde azaltmıştır. İngiltere ve Almanya, 1980'li yılların sonlarında dioksin emisyonunu azaltmak için önlemler almaya başlamış, akabinde bu bileşiklerin diyet yoluyla alınımında bir azalmanın olduğunu bildirmişlerdir. Hollanda'da yapılan dioksin azaltma çalışmalarında, depolanmış yumurta örneklerinin dioksin içeriği, 1991 yılında 1 g yağda 2,0 pg TEQ iken, 1999 yılında 1,2 pg TEQ'ya düşürülmüş, 1978'de günlük vücut ağırlığı başına düşen 10 pg TEQ olan dioksin, 1994'te 2 pg TEQ'ya kadar geriletmiştir. Bununla birlikte, dioksin türev bileşiklerinin ortamdan uzaklaşmasının yıllar alacağı da bir gerçektir.<sup>57</sup>

Tüketiciler maruz kalma riskini azaltmak için ne yapmalıdır? Tüketicilerin dioksine maruz kalmaları durumunda yapacakları oldukça sınırlıdır. Öncelikle bireysel olarak; çöplerini yakan insanlar ile anız yakan çiftçiler, bu faaliyetleri bırakarak aile bireylerini, çevredeki insanları ve kendilerini dioksine maruz kalmaktan engellemiş olurlar. Beslenme çerçevesinde de az yağlı et yemek, az yağlı süt ürünlerini tüketmek, serbest dolaşan tavuk yumurtası ve organik yumurta tüketimini sınırlamak dioksin bileşiklerine maruz kalmayı azaltabilir. Yine farklı diyet yemekleri (meyve, sebze, bakliyat ve tahıl vs.), tüketmek de tek bir kaynaktan dioksine aşırı maruz kalmayı önlemeye yardımcı olur.<sup>58</sup>

## DIOKSİNİN TESPİTİ

Dioksinlerin varlığını tespit etmek için karmaşık yöntemler, iyi eğitilmiş personel, pahalı kimyasal reaktifler ve özel bir laboratuvar gereklidir. Yine analiz öncesi birkaç gün süren hazırlık aşaması vardır. Günümüzde laboratuvarlarda dioksin kontaminasyonu hızla tespit edebilen, doğru ve güvenilir testlere ihtiyaç duyulmaktadır. Dioksin bileşiklerini tespit edecek çok pahalı olmayan kromatografik testler geliştirilme aşamasındadır.<sup>13</sup> Yine bu amaçla, gıda analizlerinde kullanmak için geliştirilecek biyosensör testler de pratik olacağından daha yararlı olabilir.<sup>59</sup>

## DÜNYADA VE TÜRKİYE'DEKİ YASAL MEVZUAT

Avrupa Birliği, yüksek toksik özellikleri nedeni ile gıda ve yemlerde dioksin ve benzeri bileşikler için TEQ cinsinden belirli limitler koymuştur. Örneğin; yağlarda 1,5 pg/g, süt ve süt ürünleri ve yumurtada 6 pg/g ve karaciğerde 12 pg/g. Avrupa Birliği, 2006 yılından sonra insanların maruz kaldığı dioksini %25 düzeyinde azaltmayı amaçlamış ve bu tarihten itibaren, serbest dolaşan ve organik yumurtaların yağlarının gramında 2,5 pg TEQ'dan daha fazla dioksin içermemesi sınırını getirmiştir.<sup>20</sup> WHO, dioksin ve benzeri bileşiklerin tolere edilebilir günlük alım miktarını 1-4 pg TEQ/kg olarak düzenlemiştir. Türk Gıda Kodeksinin "*Belirli Gıdalarda Dioksinlerin, Dioksin Benzeri Poliklorlu Bifenillerin ve Dioksin Benzeri Olmayan Poliklorlu Bifenillerin Seviyesinin Resmî Kontrolü İçin Numune Alma, Numune Hazırlama ve Analiz Metodu Kriterleri*" Tebliğindeki dioksin limitleri **Tablo 7**'de verilmiştir. Ayrıca, Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nin, 26. Maddesinde de normal şartlar altında (%11 oksijen) yakma tesisi baca emisyonlarında dioksin için 0,1 ng/m<sup>3</sup> sınırı konmuştur.<sup>60</sup>

## SONUÇ

Özellikle son yıllarda gelişen endüstriyle birlikte klorlu birçok kimyasalın üretimi ve atık yakma sonucunda bir ara ürün olarak ortaya çıkıp, çevreye yayılan dioksinlerin insan sağlığı için önemli bir risk oluşturduğu görülmektedir. Çevre kirliliğinden etkilenmiş alanlarda üretilen, aile işletmeciliği ya da organik besicilik yapan işletmelerden elde edilen yumurta ve kanatlı etlerini sık sık yiyen kişiler risk altında olabilirler. Serbest ya da organik kanatlı yetiştiriciliği hayvansal ürünlerindeki dioksin düzeylerinin yüksek olmasından dolayı bu işletmelerde çalışan üreticiler, köylüler dioksin kirliliğinin hayvansal ürünlerin kalitesi üzerindeki etkileri konusunda eğitilmelidir. Bu eğitim, dioksinlerle ilgili problemlerin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunacak ve bu toksik kimyasalların gıda zincirine girmesini önleyecektir. Yine kontamine yumurta ve kanatlı etlerinde (özellikle serbest ve organik yetiştiricilik yapan çiftliklerde) dioksin

**TABLO 7:** Türk gıda kodeksinde PCDD/ PCDF ve PCB'nin gıdalardaki maksimum limitleri.<sup>60</sup>

Gıda maddesi	İzin verilen toplam miktar (pg/g yağ TEQ)	
	Dioksinler	Dioksinler ve dioksin benzeri PCB'ler
1. Et ve et ürünleri (yenilebilir sakatatlar hariç)		
- Sığır türü hayvanlar ve koyun, keçi	2,5	4,0
- Kanatlı hayvanlar	1,75	3,0
- Domuz	1,0	1,25A
2. Karaciğer ve ürünleri (1'de belirtilen hayvanların)	4,5	10,0
3. Balık, su ürünleri ve bunlardan üretilen ürünler, deniz kabukluların baş, göğüs etleri hariç	3,5	6,5
	(pg/g yağ ağırlık)	(pg/g yağ ağırlık)
4. Süt ve süt ürünleri (tereyağı dâhil)	2,5	5,5
5. Tavuk yumurtası ve yumurta ürünleri	2,5	5,5

PCDD: Poliklorlu dibenzo-p-dioksinler, PCDF: Poliklorlu dibenzofuran, PCB: Poliklorlu difeniller, TEQ: Toksik eş değerlik değeri.

düzeylerini tespit etmek ve kontamine ürünleri uzaklaştırmak için çaba gösterilmelidir. Bu kirletici ajanların gıda, yem ve ekosistem içerisindeki konsantrasyonlarının da sıkı kontrolü yapılmalıdır. Ek olarak; ekosistemi kirleten kaynakların belirlenmesi, bu kaynakların kimyasal kirlilik oluşturmalarının önlenmesi veya en aza indirgenmesi de gereklidir. Birçok dioksin, kontaminasyon kaynağının elimine edilmesine rağmen, yine de arka plan seviyelerinin arzu edilen değerlere indirilmesi uzun yıllar alacağından insanlar için uzun bir süre daha risk kaynağı oluşturacağı da bilinmelidir.

#### Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma

veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

#### Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

#### Yazar Katkıları

**Fikir/Kavram:** Ufuk Kamber; **Tasarım:** Ufuk Kamber, Ufuk Tansel Şireli; **Denetleme/Danışmanlık:** Ufuk Kamber; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Ufuk Kamber; **Analiz ve/veya Yorum:** Ufuk Kamber, Ufuk Tansel Şireli, Güzin İplikçioğlu Çil; **Kaynak Taraması:** Ufuk Kamber, Güzin İplikçioğlu Çil; **Makalenin Yazımı:** Ufuk Kamber; **Eleştirel İnceleme:** Ufuk Tansel Şireli.

## KAYNAKLAR

- Poland A, Knutson JC. 2,3,7,8-tetra-chlorodibenzo-p-dioxin and related halogenated hydrocarbons: examination of the mechanism of toxicity. *Annu Rev Pharmacol Toxicol.* 1982;22:517-54. [Crossref] [PubMed]
- Güler Ü, Kundakçı Ö. [Dioxin and dioxin-like compounds and their effects on human and environmental health]. *Karaelmas Fen Müh Derg.* 2014;4(1):71-5.
- Arıkan D, Yetim H, Sağdıç O, Kesmen Z. [Dioxin contamination in foods and their effects on human health]. *Electronic J Food Technol.* 2009;12(2):9-15.
- Baytok E, Bingöl NT. [Dioxin: toxin entered in our table and life with our food]. *Van Vet J.* 2013;24(1):45-9.
- Anon. Information Sheet I: Summary of the Dioxin Reassessment Science (Vol. 2): Washington: Environmental Protection Agency (EPA); 2001. p.2.
- Bawden K. Inventory of dioxin emissions in Australia. No: 3. National Dioxins Program Report; 2004. p.85.
- Filazi A, Yurdakök Dikmen B, Kuzukıran Ö. [Poisoning cases originated from environmental pollutants]. *Türkiye Klinikleri J Vet Sci Pharmacol Toxicol-Special Topics.* 2015;1(3):45-52.
- Barnes D, Alford-Stevens A, Birnbaum L, Kutz FW, Wood W, Patton D. Toxicity equivalency factors for PCBs. *Qual Assur.* 1991;1(1):70-81. [PubMed]

9. Schecter A, Birnbaum L, Ryan JJ, Constable JD. Dioxins: an overview. *Environ Res.* 2006;101(3):419-28. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
10. Lovett AA, Foxall CD, Creaser CS, Chewe D. PCB and PCDD/DF concentrations in egg and poultry meat samples from known urban and rural locations in Wales and England. *Chemosphere.* 1998;37(9-12):1671-85. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
11. De Vries M, Kwakkel RP, Kijlstra A. Dioxins in organic eggs: a review. *NJAS Wageningen J Life Sci.* 2006;54(2):207-22. [[Crossref](#)]
12. Van den Berg M, De Jongh J, Poiger H, Olson JR. The toxicokinetics and metabolism of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) and their relevance for toxicity. *Crit Rev Toxicol.* 1994;24(1):1-74. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
13. Eduljee GH, Gair AJ. Validation of a methodology for modeling PCDD and PCDF intake via the food chain. *Sci Total Environ.* 1996;183(3):221-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
14. De Viries M. Monitoring dioxin contents of organic eggs. *Food and Consumer Product Safety Authority.* Hague. 2002;7.
15. Kijlstra A. The role of organic and free poultry production systems on the dioxin levels in eggs. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> SAFO;* 2004. p.83-90.
16. Kennedy J, Delaney L, Hudson EM, McGloin A, Wall PG. Public perceptions of the dioxin incident in Irish pork. *J Risk Res.* 2010;13(7):937-49. [[Crossref](#)]
17. Kupferschmidt K. Dioxin scandal triggers food debate in Germany. *CMAJ.* 2011;183(4):E221-2. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
18. Schoeters G, Hoogenboom R. Contamination of free-range chicken eggs with dioxins and dioxin-like polychlorinated biphenyls. *Mol Nutr Food Res.* 2006;50(10):908-14. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
19. Aslan S, Korucu M, Karademir KA, Durmuşoğlu E. Kocaeli'nde yerel olarak üretilen yumurtalarda dioksin ve furan (pcdd/f) seviyelerinin belirlenmesi. *İzmir: 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Yaşam Çevre Teknoloji;* 2007.
20. Anon. Amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for dioxins, dioxin-like PCBs and non dioxin-like PCBs in foodstuffs; 2011. p.6. No 1259/2011, L 320/18.
21. White SS, Birnbaum LS. An overview of the effects of dioxins and dioxin-like compounds on vertebrates, as documented in human and ecological epidemiology. *J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev.* 2009;27(4):197-211. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
22. Smith G, Hart ADM, Rose MD, Macarthur R, Fernandes A, White S, et al. Intake estimation of PCDD/Fs and PCBs in salmon: the inclusion of uncertainty. *Food Add Contam.* 2002;19(8):770-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
23. Boffetta P, Mundt KA, Adami HO, Cole P, Mandel JS. TCDD and cancer: a critical review of epidemiologic studies. *Crit Rev Toxicol.* 2011;41(7):622-36. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
24. Sun SJ, Zhao JH, Liu HJ, Liu DW, Ma YX, Li L, et al. Dioxin concentration in human milk in Hebei Province in China and Tokyo, Japan: potential dietary risk factors and determination of possible sources. *Chemosphere.* 2006;62(11):1879-88. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
25. Koopman-Esseboom C, Weisglas-Kuperus N, de Ridder MA, Van der Paauw CG, Tuinstra LG, Sauer PJ. Effects of polychlorinated biphenyl/dioxin exposure and feeding type on infants' mental and psychomotor development. *Pediatrics.* 1996;97(5):700-6. [[PubMed](#)]
26. Dömötöróvá M, Sejáková ZS, Kočan A, Čonka K, Chovancová J, Fabišiková A. PCDDs, PCDFs, dioxin-like PCBs and indicator PCBs in soil from five selected areas in Slovakia. *Chemosphere.* 2012;89(4):480-5. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
27. Anonymous. Commission of the European communities, report from the commission to the council with regard to developments in consumption, washing and marking of eggs. 479 final, 6/8/2003.
28. Anonymous. Yumurta Tavukçuğu Verileri 2017. Yumurta Üreticileri Merkez Birliği; 2017. p.29. [[Link](#)]
29. Estrellan CR, Iino F. Toxic emissions from open burning. *Chemosphere.* 2010;80(3):193-207. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
30. Brambilla G, Fochi I, De Filippis SP, Iacovella N, di Domenico A. Pentachlorophenol, polychlorodibenzodioxin and polychlorodibenzofuran in eggs from hens exposed to contaminated wood shavings. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess.* 2009;26(2):258-64. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
31. Pliszczynska-Pliszczynaska J, Strucinski P, Mikolajczyk S, Maszewski S, Rachubik J, Pajurek M. Pentachlorophenol from an old henhouse as a dioxin source in eggs and related human exposure. *Environ Pollut.* 2016;208(Pt B):404-12. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
32. Ghimpe O, Militaru M, Scippo ML. Dioxins and polychlorinated biphenyls contamination in poultry liver related to food safety a review. *Food Control.* 2014;38:47-53. [[Crossref](#)]
33. Petreas M, Ruble R, Visita P, Mok M, McKinney M, She J, et al. Bioaccumulation of PCDD/Fs from soil by foraging chickens. *Organohalogen Compd.* 1996;29:51-3.
34. Anonymous. Opinion of the Scientific Committee on Animal Nutrition on the Dioxin Contamination of Feedingstuffs and their Contribution to the Contamination of Food of Animal Origin. Brussels: European Commission; 2000. p.105.
35. Fiedler H, Hutzinger O, Welsch-Pausch K, Schmiegender A. Evaluation of the occurrence of PCDD/PCDF and POPs in wastes and their potential to enter the food chain. University of Bayreuth, Bayreuth: Final Report; 2000. p.121.
36. Anonymous. Position paper on dioxins and dioxin-like PCB's. Codex Committee on Food Additives and Contaminants (CX/FAC 04/36/32). Rome: Thirty-sixth Session Joint FAO/WHO Food Standards Program; 2004. p.17.
37. Zabik MJ, Polin D, Underwood M, Wiggers P, Zabik ME. Tissue residues in male chickens fed a 50 ng/kg dietary concentration of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin. *Bull Environ Contam Toxicol.* 1998;61(5):664-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
38. Tlustos E, Pratt I, Moylan R, Neilan R, White S, Fernandes A, et al. Investigation into levels of dioxins, furans and PCB's in battery, free range, barn and organic eggs. *Organohalogen Compd.* 2004;66:1925-31.
39. Stephens RD, Petreas MX, Hayward DG. Bio-transfer and accumulation of dioxins/furans from soil: chicken as model for foraging animals. *Sci Total Environ.* 1995;175(3):253-73. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
40. Anonymous. Assessment of Dietary Intake of Dioxins and Related PCBs by the Population of EU Member States. Report of Experts Participating in Task 3.2.S. Brussels: European Commission; 2000. p.115.
41. Brandsma EM, Binnendijk GP, De Buissonje FE, Mul MF, Bokma-Bakker MH, Hoogenboom LAP, et al. Factors that can influence the dioxin contents of organic eggs. *Praktijkonderzoek;* 2004. Lelystad 29.
42. Roeder RA, Garber MJ, Schelling GT. Assessment of dioxins in foods from animal origins. *J Anim Sci.* 1998;76(1):142-51. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
43. Don B. Per capita egg consumption by country 1999 and 2000. *International Egg Commission;* 2000.
44. Anon. Investigation into levels of dioxins, furans, PCBs and some elements in battery, free-range, barn and organic eggs. *Feed and Food;* 2004. p.23.
45. Iben C, Böhm J, Tausch H, Leibetseder J, Luf W. Dioxin residues in the edible tissue of broiler chicken. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 2003;87(3-4):142-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
46. Manav GÖ, Elmas EÖ, Ermiş E. Determination of organochlorinated pesticide and polychlorinated biphenyl congeners residues in chicken eggs by gas chromatography. *Food Health.* 2018;4(4):264-73. [[Crossref](#)]

47. Olanca B, Cakiroğullari GC, Ucar Y, Kirisik D, Kilic D. Polychlorinated dioxins, furans (PCDD/Fs), dioxin-like polychlorinated biphenyls (dl-PCBs) and indicator PCBs (ind-PCBs) in egg and egg products in Turkey. *Chemosphere*. 2014;94:13-9. [Crossref] [PubMed]
48. Kilic D, Çakiroğulları GÇ, Uçar Y, Theelen R, Traag W. Comparison of PCDD/F and dl-PCB levels in Turkish foodstuffs: industrial versus rural, local versus supermarket products, and assessment of dietary intake. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2011;28(7):913-24. [Crossref] [PubMed]
49. Aslan S, Kemal Korucu M, Karademir A, Durmusoglu E. Levels of PCDD/Fs in local and non-local food samples collected from a highly polluted area in Turkey. *Chemosphere*. 2010;80(10):1213-9. [Crossref] [PubMed]
50. Ikeda M, Matsushita S, Yamashita J, Ikeya M, Iwasawa T, Tomita T. The transfer of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin into eggs and chicks following exposure to hens. *Organohalogen Compd*. 2004;66:3305-9.
51. Schwetz B, Norris JM, Sparschu GL, Rowe VK, Gehring PJ, Emerson JL, et al. Toxicology of chlorinated dibenzo-p-dioxins. *Environ Health Perspect*. 1973;5:87-99. [Crossref] [PubMed] [PMC]
52. Schuler F, Schmid P, Schlatter C. The transfer of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans from soil into eggs of foraging chicken. *Chemosphere*. 1997;34(4):711-8. [Crossref] [PubMed]
53. Hoogenboom RLAP, Ten Dam G, van Bruggen M, Jeurissen SMF, van Leeuwen SPF, Theelen RMC, et al. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs) and biphenyls (PCBs) in home-produced eggs. *Chemosphere*. 2016;150:311-9. [Crossref] [PubMed]
54. World Health Organization (WHO). Dioxins and their effects on human health. World Health Organisation; 2018. [Link]
55. Morita K, Ogata M, Hasegawa T. Chlorophyll derived from *Chlorella* inhibits dioxin absorption from the gastrointestinal tract and accelerates dioxin excretion in rats. *Environ Health Perspect*. 2001;109(3):289-94. [Crossref] [PubMed] [PMC]
56. Shappell NW, Billee LO, Feil VJ. Effects of clenbuterol on body stores of polychlorinated dibenzofurans (PCDF) and dibenzo-p-dioxins (PCDD) in rats. *J Anim Sci*. 2002;80(9):2461-75. [Crossref] [PubMed]
57. Assessment of the Health Risks of Dioxins: Reevaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI). Executive Summary of the WHO Consultation, 25-29 May 1998. Geneva: World Health Organization (WHO); 1998. p.28.
58. Dearfield KL, Edwards SR, O'Keefe MM, Abdelmajid NM, Blanchard AJ, Labarre DD, et al. Dietary estimates of dioxins consumed in U.S. department of agriculture regulated meat and poultry products. *J Food Prot*. 2013;76(9):1597-607. [Crossref] [PubMed]
59. Chobtang J, De Boer IJM, Hoogenboom RL, Haasnoot W, Kijlstra A, Meerburg BG. The need and potential of biosensors to detect dioxins and dioxin-like polychlorinated biphenyls along the milk, eggs and meat food chain. *Sensors (Basel)*. 2011;11(12):11692-716. [Crossref] [PubMed] [PMC]
60. Resmi Gazete (29.12.2011, Sayı: 28157) sayılı Gıda Kodeksi, Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Yönetmelik; 2011. p.1.