

**Araştırma Makalesi****Kimyasal Kontaminantların Çevre Sağlığı ve Gıda Güvenliği Üzerine Etkileri**Ülker Aslı GÜLER<sup>1</sup>, Özlem Pelin CAN<sup>2</sup><sup>1</sup> Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü<sup>2</sup> Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü**Öz**

Gıda güvenliğini etkileyen risk faktörleri fiziksel, mikrobiyolojik ve kimyasal olmak üzere üç ana başlık altında incelenmektedir. Fiziksel risk faktörleri, ambalajlama hataları ve hijyen tekniklerine uyumun sağlanmadığı durumlarda gerçekleşmektedir. Mikrobiyolojik risk faktörleri olarak mikroorganizma ve bunların toksinlerini saymak mümkündür. Kimyasal risk faktörleri ise endüstriyel üretimde önemli bir yer tutmaktadır. Gıdaların doğal yapısında bulunan kimyasal maddeler, gıda üretim proseslerinde yapılan hatalar, ağır metaller ve atıklar ciddi risk faktörü grubunu oluşturmaktadır. Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) önemli kanserojen madde grubunda yer almaktadır. Bilinen en kanserojen polisiklik aromatik hidrokarbon benzo(a)piren'dir. Bu madde toprakta, suda, egzoz ve sigara dumanında, PVC üreten fabrika atıklarında bulunmaktadır. Klorlu kimyasal maddelerden kaynaklanan tehlikeler arasında ise dioksin ve dioksin benzeri maddeler, poliklorlu difeniller ve naftalenler yer almaktadır. Dioksin; klor veya brom içeren endüstriyel üretimlerde ara kimyasal olarak ve klorlu bir ortamda, organik bir maddenin yanması sonucu meydana gelmektedir. Kimyasal tehlikeler değerlendirildiğinde egzoz dumanı, fabrika dumanları dioksin açısından önemli bir kaynaktır. Bu bileşikler için bağışıklık sistemini baskılayıcı, hormonal sistemi bozucu etkileri nedeniyle gıdalarda bulunması gereken miktarlarına sınırlama getirilmiştir. Yine pestisitler ve ağır metaller kimyasal kontaminant açısından endişe oluşturmaktadır. Bu nedenle kimyasal kontaminantların çevre sağlığı ve gıdalar üzerine etkileri kapsamlı olarak değerlendirilmelidir.

**Anahtar kelimeler:** Kimyasal maddeler; Kontaminantlar; Çevre Sağlığı; Gıda Güvenliği**Effects of Chemical Contaminants on Environment Health and Food Safety****Abstract**

Risk factors for food safety are examined under three main topics; physical, microbiological and chemical. Physical risks factors occur hygiene techniques and packaging errors. Microorganisms and their toxins can be seen as microbiological risk factors. Chemical risk factors also play an important role in industrial production. Chemical risk group substantially includes wastes, heavy metals, chemicals found in the food and the errors during the process and production of food. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are involved in major carcinogenic substance groups and Benzo (a) pyrene is known to be the most carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbon. This substance is found in soil, water, exhaust fumes, cigarette smoke and the waste of factories producing. Dioxin and dioxin-like substances, polychlorinated biphenyls and naphthalenes are one of the hazards arising from chlorinated chemicals. Dioxin is formed as the result of combustion of the organic matter in a chlorinated environment as being chemical intermediates in industrial-sized productions containing chlorine or bromine. Cigarette smoke, exhaust fumes and factory fumes are major sources of dioxin. Their amount in

<sup>1</sup> Corresponding author:e-mail: [ulkerasli@gmail.com](mailto:ulkerasli@gmail.com)

food has been limited because of their deteriorating effects on the hormonal system and their suppressive effects on immune system. Pesticides and heavy metals constitute concern in terms of chemical contaminants as well. Therefore, the effect of chemical contaminants on environmental health and foods should be extensively evaluated.

**Keywords:** Chemical agents; Contaminants; Environment Health; Food Safety

## **Giriş**

Gelişen teknoloji, hızla artan dünya nüfusu, daha rahat yaşam sürme ve daha güvenilir gıdaya erişme çabaları günümüzde çevre sağlığını ve gıda kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Sağlıklı yaşam üzerine etkili olan en önemli parametreler çevre, su, toprak ve gıdalardır. Çevre sağlığı açısından özellikle ağır metaller, ilaç kalıntıları, pestisitler ve son yıllarda kirletici türü olarak önem kazanan dioksin ve dioksin benzeri maddeler (poliklorlu- $\rho$ -dioksinler (PCDD), poliklorlu dibenzofuran (PCDF) ve poliklorlubifeniller (PCB)) ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) gibi klorlu kimyasallar dikkati çekmektedir [1].

Sağlıklı bir yaşamın parçası olan güvenli gıda ise gıdanın üretim anında veya tüketici tarafından kullanıldığı durumda gıda kaynaklı tehlikelerin bulunması ile ilgilidir [2]. Gıda güvenliği, gıdalarda olabilecek fiziksel, kimyasal ve biyolojik olumsuzlukların bertaraf edilmesi için alınan tedbirler bütünüdür. Toplumların öncelikli amaçlarından biri; güvenli gıdalara ömür boyu gerektiği bollukta ve her zaman sahip olabilmeye sıkıntı yaşanmamasıdır [3]. Ancak

teknolojik gelişmeler gıdalar üzerinde olumlu ve olumsuz etkilerde bulunmaktadır. Olumlu etkilerin başında gıdaların fiziksel, biyolojik ve kimyasal açıdan daha güvenilir olması gelmektedir. Olumsuz etkiler arasında ise fabrika atıklarının, ağır metal kalıntılarının, ambalaj materyallerinin gıdalar üzerinde kalıntı bırakması sayılabilir [3].

Bu derleme makalesinde; gıda güvenliğini olumsuz yönde etkileyen fiziksel, biyolojik ve kimyasal tehlikelere, bu tehlikeleri bertaraf etmek için alınması gereken önlemlere ve çevre sağlığı üzerinde önemli derecede etkisi olan ağır metaller, farmasetik ilaç kalıntıları, klorlu kimyasal maddeler, PAH'lar ve pestisitler gibi kimyasal kontaminantlara değinilmiştir.

## **Gıda Güvenliğini Etkileyen Tehlikeler**

### ***Fiziksel tehlikeler***

Gıdalarda bulunması istenmeyen toz, toprak, taş, cam, kağıt, kıl, tüy, sigara külü, sinek, böcek ve plastik gibi maddelerden yani ortamda serbest halde bulunan kirleticilerden kaynaklanmaktadır. Bu durum yeteri kadar yapılmayan hijyenik uygulamalar ve iyi üretim tekniklerinin yerinde

kullanılmamasından kaynaklanmaktadır [1]. Hammaddenin elde edilmesinden tüketiciye ulaşmaya kadar geçen tüm aşamalarda bulaşabildikleri gibi bazıları ise hile amaçlı gıdalara katılabilmektedir. Bu tehlike grubu arasında Sezyum (Cs) 137, iyodin (I) 131, potasyum (K) 40 ve stronsiyum (Sr) 90 gibi radyoaktif bileşikler saymak da mümkündür [4].

### Biyolojik tehlikeler

Biyolojik tehlike unsurları gıda üretim ve dolaşım zincirinin her aşamasında etkili olabilmektedir. Gıdalarda gelişebilecek biyolojik tehlikeler bakteriler, küfler, viral ajanlar, parazitler ve hayvanları kapsamaktadır (Tablo 1). Bu tehlikelere maruz kalınması halk sağlığı açısından ciddi problemler oluşturabildiği gibi ürün kalitesi ve ekonomisi üzerinde de etkili olabilmektedir [5]. *E. coli*, *S. aureus*, *Cl. botulinum*, *Cl. perfringens*, *L. monocytogenes* bakteriyel tehlikelere yol açan önemli bakteriler arasında yer almaktadır. Bu mikroorganizmalar gıdalara toz, toprak, hava, haşereler, kemirgenler ve diğer hayvanlar, çiğ gıdalar, çöpler, gıda üretiminde kullanılan araçlar, gereçler ve insanlar aracılığıyla bulaşabilmektedirler [4].

Bakterilerin kendileri tehlike oluşturabildikleri (enfeksiyon tipi gıda zehirlenmesi) gibi toksinleri (intoksikasyon tipi gıda zehirlenmeleri) de büyük risk oluşturabilmektedir. *Enterobacteriaceae*

familiyasına ait *Salmonella* serotipleri, enteropatojenik *E.coli* ve *Shigella spp.*, *Campylobacteraceae* üyelerinden *Campylobacter jejuni* ve *C. Coli* bakteriyel gıda zehirlenmelerinde en önemli yeri tutmaktadır.

Tablo 1. Gıdalarda bulunan mikroorganizmalar

Et	Süt	Su
<i>A. hinshawii</i>	<i>M. tuberculosis</i>	<i>S. dysanteria</i>
<i>B.anthraxis</i>	<i>M. bovis</i>	<i>C. jejuni</i>
<i>C. jejuni</i>	<i>M. avinum</i>	<i>A. hydrophila</i>
<i>C. coli</i>	<i>M. fortuitum</i>	<i>Salmonella</i>
<i>Salmonella spp.</i>	<i>B .abortus</i>	<i>E. coli</i>
<i>E.coli</i>	<i>L. monocytogenes</i>	Parazitler
<i>F. tularensis</i>	<i>Salmonella spp.</i>	<i>V. cholera</i>
<i>Y. enterocolitica</i>	<i>Shigella</i>	<i>Y. enterocolytica</i>
<i>B. cereus</i>	<i>E. coli</i>	Virüsler
<i>C. botulinum</i>	<i>B.melitensis</i>	
<i>C. perfringens</i>		
<i>Shigella spp.</i>		
<i>S.aureus</i>		
<i>S. pyogenes</i>		

Daha sonra *Clostridium perfringens* ve *Bacillus cereus* kaynaklı toksiko enfeksiyonlar, stafilokoksal enterotoksin, emetik *B. cereus* toksini ve *C. botulinum*'a ait botulinum nörotoksini, *Vibrio spp.*, ve *Listeria monocytogenes* kaynaklı enfeksiyonlar gelmektedir [6].

*Salmonella* türleri, kuşlar da dahil olmak üzere pek çok çiftlik ve kümes hayvanlarının bağırsaklarında bulunmaktadır. Bu sebeple, iyi pişirilmemiş ya da çiğ et, tavuk, balık, yumurta ve sütler *Salmonella* türleri için iyi birer üreme ortamı olabilmektedir. *Clostridium perfringens* ise insan ve hayvan

sindirim sisteminde, dışkı ile kontamine olmuş sularda ve toprakta bulunur [6]. *E. coli* insan ve hayvanların bağırsaklarında bulunmakta ve hayvansal yiyeceklerle insanlara bulaşabilmektedir. Bu mikroorganizmaların rahatlıkla üreyebileceği riskli gıdalar arasında çiğ ve iyi pişmemiş kıyma, pastörize edilmemiş süt, dışkı ile kirletilmiş sular, iyi yıkanmamış sebze ve meyveler yer almaktadır. *Listeria monocytogenes*, ubikuter bir mikroorganizma olup, bu bakteri grubu için çiğ et, tavuk, dondurulmuş besinler, peynir ve krema gibi besinler uygun üreme ortamı olabilmektedir. İnsan ve hayvan dışkısında bulunan *Shigella spp.*, kontamine olmuş sularda ve bunlarla temas etmiş tavuk, balık, çiğ sebze ve meyvelerde önemli riskler oluşturmaktadır. *Bacillus cereus* genellikle toprakta ve birçok bitkide bulunmaktadır. Özellikle pirinç, makarna, krema ve sütlü ürünlerde hızla çoğalan bir bakteri olup, zehirlenmelerin temel kaynağı genellikle pirinç içeren yiyeceklerin uygun olmayan şekilde soğutulup tekrar ısıtılmasıdır. Besin maddeleri, el hijyenine dikkat edilmemesi, gıda zincirinde bulunan personelin hasta ya da yaralı olması, yumurta, et ve süt gibi besinlerin elde edildiği hayvanların hasta olması, açıkta saklanan besinlerin sinek, kemirici gibi hayvanlar ile temas etmesi gibi faktörler ile kirlenir. Bu kirlenme sırasında da biyolojik riskler gıdalar aracılığı ile insanlara taşınır [7].

Tüketime hazır gıdalar da biyolojik tehlikeler açısından önemli bir yere sahiptir. Bu gıdalar hazırlandıktan sonra tüketilinceye kadar uygun sıcaklık aralığında (5-60°C dışında) bekletilmeli, başta işletme ve personel hijyeni olmak üzere hijyenik kurallara uyulmalıdır [8].

### **Kimyasal tehlikeler**

Gıda güvenliğinde, insan ve çevre sağlığını tehdit eden birçok kimyasal bileşik üretim zincirinin birçok noktasından ürünlere geçebilir. Kimyasal maddelerin hepsi aynı kategoride yer almazlar. Çünkü bazıları çevrede doğal olarak bulunurken, bazıları da insanların değişik amaçlarla oluşturdukları ve doğal ortama bırakmaları ile karşımıza çıkmaktadırlar. Bu durum, insanların sağlığını ve çevrenin doğal varlığını tehlikeye düşürebilecek boyutlara ulaşabilmektedir [9]. Gelişen teknoloji ile doğru orantılı olarak üretimde kullanılan kimyasal oranı artmaktadır. Sanayi artık ve atıkları çevre kirlenmesinde önemli rol oynarken aynı zamanda da gıda ham maddelerinin de çevre kirliliğine bağlı olarak direkt ya da dolaylı olarak kontaminasyonu gerçekleşmektedir [2]. Kimyasal maddeler herhangi bir ortamda stabil olarak kalamazlar. Hava, su ve toprağa karışırlar. Bu kimyasal maddeler farklı kimyasal reaksiyonlar (oksidasyon, seyrelme, difüzyon vb.) ile azalır ya da farklı kirletici formlarına dönüşürler [10]. Gıdalarda bulunabilecek kimyasal tehlikeleri; gıdaların doğal yapısında bulunan, katkı

maddelerinden kaynaklanan, gıdaların üretiminden kaynaklanan ve gıdaların pişirilmesi sırasında oluşan kimyasal tehlikeler olmak üzere dört ana başlık altında toplayabiliriz.

### ***Gıdaların doğal yapısında bulunan kimyasal kontaminantlar***

Bazı gıdalar kendi bünyelerinde insan sağlığı üzerinde zehirlenme veya toksik etki gösterme gibi olumsuz etkiler yaratabilecek kimyasal maddeleri içerebilmektedirler. Bu kimyasal maddeler işleme ve depolama sırasında hammadde ile zincirin diğer halkalarına geçebilir ve kimyasal tehdit unsuru olarak karşımıza çıkabilir. Bunlar hayvansal ve bitkisel kaynaklı toksinler olmak üzere iki grupta toplanmaktadır [10].

### ***Hayvansal kaynaklı kontaminantlar***

**Zehirli bal:** Karadeniz Bölgesi'nde yetişen yabani bitki olan sarı ağrı (*Rhododendron flavum*) ve kara ağrı (*R. ponticum*) isimli bitki nektarı ile beslenen arıların ballarında andromedotoksin adı verilen bir madde bulunmaktadır. Bu toksini içeren ballar "zehirli" ya da "acı" bal olarak bilinmektedir. Bu bal tüketildiğinde karın ağrısı, ishal, bulantı, kusma, baş ağrısı, ağız ve deride yanma, göz kararması, terleme, heyecan ve sinirsel bozukluklar gibi bulgularıyla insanlarda akut zehirlenmeye neden olmaktadır. Ölüm çok azdır ve solunum felci sonucu ortaya çıkmaktadır. Ancak bu toksini

içeren bal kaynatıldıktan ve bir süre bekletildikten sonra tüketilebilmektedir [10].

**Avidin:** Çiğ yumurta akında bulunan bu madde protein tabiatındadır. Avidin, biotin ile bağlanarak B grubu vitaminin metabolizmadaki aktivitesini inhibe eder. Eğer yumurtaya yeterli ısı işlemi uygulanmadan tüketilirse, yumurtada bulunan biotin, avidin ile birleşir ve organizma biotin'den faydalanamaz. Yumurtanın pişirilmesi ile biotin serbest ve fonksiyonel hale geçerek avidin'in antivitamin etkisini yok etmektedir [11].

**Biyojen aminler:** Gıdalarda bulunan bazı mikroorganizmalar, dekarboksilasyon oluşturabilecek enzim aktivitesine sahiptir. Bu enzimler ile gıdalarda bulunan bazı aminoasitler dekarboksile olur ve açığa çıkan yeni kimyasallar insan sağlığını olumsuz etkiler. Bu kimyasallara biyojen amin adı verilmektedir. Histidin ve tirozin aminoasitlerinin dekarboksile olması sonucu tiramin ve histamin biyojen aminleri açığa çıkar. Bu aminler alerjik reaksiyonlar ve kan basıncında yükselme gibi semptomlara sebebiyet verir [12].

### ***Bitkisel kaynaklı kontaminantlar***

**Mantarlar:** Mantarlar insan beslemesinde kullanılan bitki türleri arasında yer almaktadır. Mantarlardaki etkin maddelerin bazıları insan ve hayvanlar için son derece zehirlidir. Bu etkin maddeler 8 sınıfta toplanır. Bunlar amanitin, ibotenik asit,

giromitrin, muscimol, orellanin, psilosibin, muscarine ve koprin'dir [13; 14]. Zehirlenme etkisi gösteren birçok mantarın toksik etkisi pişirme, dondurma, konserve yapma veya diğer işleme yöntemleriyle ortadan kaldırılabilmektedir.

**Bakla kaynaklı tehlikeler:** Favizm olarak bilinen bu durum, bazı insanların baklayı tüketmesinin ardından hemoglobinüri, hemolitik anemi ve şok ile ortaya çıkan bir hastalıktır [15]. Genetik olarak Glukoz 6 Fosfat Dehidrogenaz enzim eksikliğine bağlı olarak meydana gelen bir tehlike olup, bakla içerisindeki oksidan maddelere karşı duyarlı kişilerde meydana gelir [16].

**Patates zehirlenmesi:** Solanin zehirlenmesi olarak bilinir ve adı geçen madde glikoalkoloid olup, asetilkolin esteraz inhibitörüdür. Solanin patatesin kök ve yapraklarında bulunan ve tek kolin esteraz inhibitörüdür ve özellikle patates yeşilken, kabuk ve sürgünlerinde yüksek derişimlerde bulunur [11]. Solanin zehirlenmesi gastrointestinal, nörolojik, dermatolojik ve kan dolaşımı bozukluklarına neden olmaktadır [13].

### ***Katkı maddelerinden kaynaklanan kimyasal tehlikeler***

Gıdaların raf ömrünü uzatmak, gıdaların besleyici değerlerini korumak, teknolojik işlemlere yardımcı olmak, dayanıklılıklarını arttırmak, renk, görünüş, lezzet, koku gibi duyuşal özelliklerini iyileştirmek ve gıda

güvenliğini sağlamak amacıyla gıdalara eklenen ve tek başına insan gıdası olarak tüketilemeyen maddelere gıda katkı maddesi (GKM) adı verilmektedir [17]. GKM'ler kurallarına ve ilgili yasal düzenlemelere uyularak kullanıldığı sürece insan ve çevre sağlığı açısından risk oluşturmazlar [18].

Bazı GKM'leri kullanım miktarlarına dikkat edilmediğinde ve yanlış işlem uygulandığında insan sağlığını tehdit edebilmektedir.

**Benzoatlar:** Antimikrobiyal amaçlı birçok gıda da kullanılabilen benzoatların en çok kullanıldığı gıdalar arasında, ketçap, hazır soslar, pudingler, fırıncılık ürünleri, şekerlemeler yer almaktadır. Benzoik asit ve bileşikleri; beyin zedelenmesi, aşırı duyarlılık, kilo kaybı, astım, sinirsel bozukluklar, hiperaktivite, ürtiker, deride kızarıklık, şişlik, kaşıntı, hormonal dengenin bozulması gibi birçok bozukluklara sebep olabilmektedir [19; 20].

**Melamin:** Melamin, kapların ve ev dekorasyon ürünlerinin yapısında bulunan ve dayanıklılığın arttırılmasını sağlayan kimyasal bir maddedir. En çok kullanıldığı gıda süt olup, proteindeki azot miktarının arttırılması amacıyla kullanılmaktadır. Hile amaçlı kullanılan bu kimyasal madde başta böbrek fonksiyonları olmak üzere birçok sistemde ciddi hasarlar meydana getirdiği bildirilmektedir. Hayvanlarda yapılan çalışmalarda melaminin üreme sistemi bozukluklarına ve kansere yol açabildiği belirtilmiştir [21].

**Nitrat ve nitrit:** Günlük diyetle alınan nitratın bir kısmı pastırma gibi kürlenmiş etlerden alınır. Büyük çoğunluğunu ise sebzeler, su ile tükürük ve mide öz suyunda salgılanan nitrat oluşturmaktadır. Lahana, havuç, kereviz, marul, turp, pancar ve ıspanak nitrat bakımından zengin sebzeler arasındadır. Ayrıca tükürük salgısı ve sular da nitrat içermektedir. Nitrat ve nitrit, gıda katkı maddesi olarak et ürünlerinde antimikrobiyal, antioksidan, renk ve lezzet kazandırmak amaçlı kullanılmaktadır. Gıdalara kullanım sınırlarının üzerinde katıldığı zaman sekonder ve tersiyer yapıdaki proteinlerin amin kısmı ile birleşir ve ısının da etkisiyle kanserojen bir madde olan nitrozamine dönüşür. Nitrozaminler muhtemel kanserojen listesinde yer almaktadır Ayrıca  $Fe^{+2}$  ile birleşerek kanda  $O_2$  alımının azalmasına (methemoglobinemi) neden olmaktadır. Bu durum özellikle yeni doğanlarda meydana gelebilmektedir. Nitrat'ın toksisitesi, besinlerde veya yeni doğan bebeklerin sindirim sistemlerinde mikrobiyal enzimler aracılığıyla nitrite dönüşmesinden kaynaklanmaktadır [22; 23].

### ***Gıdaların üretiminden kaynaklanan kimyasal tehlikeler***

Bu grupta yer alan tehlikeleri 3 alt başlık altında yer almaktadır.

### ***İşletmede kullanılan su ile geçebilen kimyasallar***

Bu maddelerin başında kurşun, kadmiyum, arsenik, cıva, kobalt, krom, demir, bakır gibi ağır metaller ile flor, nitrat ve nitrit gibi maddeler gelmektedir [24]. Kurşun, kadmiyum, arsenik ve cıva derlemede çevre sağlığını etkileyen ağır metaller başlığı altında ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

### ***Temizlik ve dezenfektan madde kalıntıları***

Kaliteli bir ürün üretmek için işletmelerde iyi üretim teknikleri ve hijyen kurallarına uymak gerekmektedir. Bu amaçla temizlik ve dezenfeksiyon işlemleri yerinde ve kurallarına uygun olarak yapılmalıdır. İşletmelerde temizlik amacıyla alkali ve asit deterjanlar kullanılmaktadır. Kostik soda, sodyum karbonat ve sodyum hegzametasil fosfat gibi alkali deterjanlar proteinli ve yağlı kirlerin temizlenmesi için, asit deterjanlar ise mineralli kirlerin ortamdan uzaklaştırılması amacıyla kullanılmakta ve bu amaçla hidroklorik asit ve sülfürik asit tercih edilmektedir. İşletmelerde kullanılan temizlik maddeleri kirin çeşidine göre seçilmediğinde kullanılan miktar arttırılmaktadır. Temizlik işleminden sonra yeterli durulama işlemi yapılmazsa bu maddeler gıdalara geçebilir ve ne amaçla olursa olsun bu maddelerin gıdalarda bulunmasına müsaade edilmez. Dezenfeksiyon işleminin temizlikten sonra yapılması gerekmektedir. Bu amaçla, klorlu bileşikler, quaterner amonyum bileşikleri, fenol derivatları, alkol ve biguanidinler gibi çeşitli dezenfektan maddeler gıda

işletmelerinde kullanılmaktadır. Sonuç olarak yapılan durulama işlemi yetersiz olduğu zaman temizlik ve dezenfektan maddelerin etken maddeleri ürüne geçebilmektedir [25].

#### ***Ambalajdan ürüne geçebilen kalıntılar***

Gıdaların işlenmesi ve muhafazası sırasında plastik başta olmak üzere, metal, bitkisel maddeler (kağıt, tahta) ve cam gibi birçok materyal kullanılmaktadır. Ambalajlamanın; gıda maddesini dış etkilerden koruma, gıda bütünlüğünü ve gıda kalitesinin devamlılığını sağlama, gıda güvenliğini, tüketici bilgisini ve izlenebilirliğini sağlama gibi görevleri bulunmaktadır [26].

Gıdaların ambalajlama materyallerinde kullanılan polikarbonat plastikler ve epoksi reçinelerin monomeri olan Bisfenol A (BFA) yüksek bir üretim kapasitesine sahiptir. Endüstriyel bir kimyasal madde olan BFA'lar polikarbonatlar biberon ve su şişelerinin yapımında kullanılmaktadırlar [26]. Epoksi reçineler ise gıda maddelerinin ambalajlanmasında kullanılan materyallerin kaplanmasında, depolama ve taşıma kaplarında kullanılmaktadır. Gıdalardaki BFA kontaminasyonunun çoğunluğu BFA içeren kaplardan migrasyon ile şekillenmektedir. Kontamine gıdanın tüketilmesi ile de vücuda alınımı gerçekleşmektedir [27; 28]. BFA'nın endokrin sistemine, merkezi sinir sistemine ve immün sistem üzerine olumsuz etkileri olabileceği belirtilmektedir [29].

#### ***Ürünün pişirilmesi sırasında oluşan kimyasal tehlikeler***

Gıdalara uygulanan yüksek sıcaklık ve gıdanın uzun süre ısıya maruz bırakılması ürünlerde heterosiklik aromatik aminler (HAA) ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) oluşmasına neden olmaktadır. HAA'lar hayvansal orijinli, proteince zengin kreatin, serbest aminoasitler gibi organik bileşiklerin ısıtılması sonucu oluşmaktadır. Toksik, karsinogenik ve mutajenik özellikleri olan bu maddeler genellikle kızartılan, ızgara edilen ve tütülenen ürünlerde oluşabilmektedir. HAA'lar, dayanıklı ve çok halkalı aromatik yapıya sahiptirler. Tamamı karakteristik UV spektrumuna ve yüksek ekstinksiyon katsayısına, bazıları ise flüoresans özelliğe sahiptirler [30]. HAA'ların bazı öncü bileşikleri, özellikle kreatin/kreatinin, bazı aminoasitler, şekerler, peptidler ve proteinlerdir. HAA'ların derişimleri ısıl işlem gören et tipi, pişirme süresince kullanılan sıcaklık, pişirme süresi, pişirme ekipmanı ve yöntemini içine alan pişirme koşulları, pH ve su aktivitesi gibi fiziksel faktörlere ve karbonhidratlar, serbest aminoasitler ve kreatin gibi kimyasal faktörlere bağlıdır. Ayrıca HAA'ların gıdalardaki derişimlerinde ısı ve kütle transferinin, yağların, yağ oksidasyonunun ve antioksidanların etkili olduğu belirtilmiştir [31]. Ayrıca oluşan mutajen ajanların büyük kısmı kabukta, pişirme suyunda, tava kalıntılarında ve



pişirme esnasında çıkan dumanda bulunmaktadır [32].

PAH'lar organik maddelerin yüksek sıcaklıkla dekompozisyonu sonucu ve yetersiz yanma sonucu oluşan kimyasal maddelerdir. Kullanılan yakıtın tam olarak yanmaması en temel problemdir. Kanserojenik etkileri yüksek olan bu maddeler petrol, kömür ve organik maddelerin prolizi sonucu oluşmaktadır. Özellikle PVC, pigment ve pestisit işlenmesi sırasında, egzoz gazı ve sigara dumanında bulunmaktadır. Orman yangıları da yine çevreye PAH'ların yayılmasını etkileyen faktörler arasında yer almaktadır.

### **Çevre sağlığını etkileyen kimyasal kontaminantlar**

Çevreyle insan arasındaki etkileşim, sağlık açısından iki yönlüdür. Bir yandan çevre koşulları kişinin sağlığını olumlu veya olumsuz etkilerken, diğer yandan insanlar da çevrelerini daha sağlıklı ya da daha tehlikeli duruma getirirler. Örneğin, tarımsal üretimi arttırmak ve korumak için pestisitlerin tarımda kullanılması tarım alanı için oldukça önemli iken insanın çevresine soktuğu bu yeni kimyasallar sağlık için tehlike kaynağıdır [33]. Çevredeki karsinojen maddelerin artışının önemli bir sonucu kanser hastalığının artışıdır [34]. Yapılan araştırmalar tüm kanser oluşum nedenlerin üçte ikisinden kimyasal maddelerin sorumlu olduğunu göstermektedir [34]. Uluslararası Kanser Enstitüsü'nün yayınlarına göre, çevremizdeki kimyasal

maddelerin 181'i kesin olarak karsinojendir. Geri kalan 36 maddenin de yarısının karsinojen olduğu kuvvetle muhtemeldir [35]. Çevre sağlığını olumsuz yönde etkileyen önemli kimyasal kirleticiler aşağıda sınıflandırılmıştır.

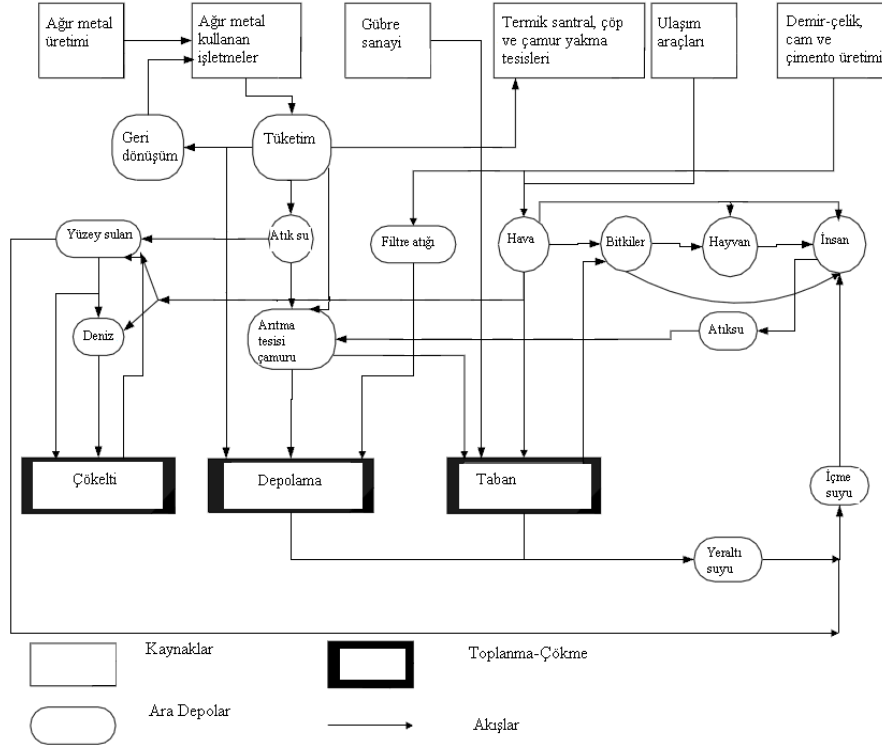
### **Ağır metaller**

Ağır metaller, fiziksel özellik açısından yoğunlukları  $5 \text{ g/cm}^3$ 'ten daha yüksek olan, atom ağırlıkları 63.546 g ile 200.590 g arasında değişen elementler olarak tanımlanmaktadır ve oldukça toksik etkiye sahiptirler [36; 37]. Doğada yaygın olarak bulunan ağır metallerin biyolojik olarak parçalanabilirlikleri oldukça zordur. Bu yüzden de çevre üzerinde büyük risk oluştururlar. Biyosferde birikim gösteren ağır metaller besin zinciri ile canlı organizmalara ulaşırlar. Böylece insan sağlığına toksik etkide bulunurlar. Besin zinciri ile vücuda alınan ağır metaller proteinlerin tiyol grupları ile bağ oluşturarak hücre içine girerler ve biyokimyasal döngüyü bozarak toksik etkide bulunurlar [38]. Demir, kobalt, çinko, bakır, mangan gibi ağır metaller düşük konsantrasyonlarda canlı yaşamı için gerekli elementlerdir. Ancak yüksek konsantrasyonları toksik etkilere yol açmaktadır. Kurşun, kadmiyum, arsenik, krom, cıva gibi ağır metaller ise düşük konsantrasyonlarda dahi tehlikeli bileşikler olarak tanımlanmaktadır [38; 39].

Ağır metaller maden cevheri halindeyken ya da işlenirken doğaya karışabilmektedirler. Ayrıca tarımda yüksek üretim sağlamak için gübre kullanımının artması da ağır metallerin biyosfere bırakılmasına katkıda bulunmaktadır. Ekolojik sisteme antropojenik kaynaklardan olan ağır metal girişi, doğal kaynaklardan olan girişin birkaç kat üzerindedir [37]. Örneğin; ağır metaller; sucul ortama, endüstriyel atıkların veya asit yağmurlarının toprağı ve toprak bileşiminde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Sulara taşınan ağır metallerin bir kısmı seyrelir bir kısmı da karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturur ve su tabanına çökerek bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir. Kontrolsüz sanayileşme ile birlikte kapalı göllerde ve su havzalarında yeterli çevresel önlemlerin alınmaması, sucul ortamlarda ağır metal konsantrasyonlarının sürekli olarak yükselmesine ve kirlilik parametresi olarak karşımıza çıkmasına neden olmaktadır [40]. Ağır metallerin en önemli endüstri kaynakları çimento üretim tesisleri, demir-çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir [41]. Japonya'da itai-itai ve minimata hastalıklarının ortaya çıkması son 30-40 yılda ağır metallere olan ilginin artmasına sebep

olmuştur. Günümüzde ise çevreye verilen toksik maddeler doğanın dengesini bozacak düzeye ulaşmıştır. Şekil 1'de farklı endüstrilerden kaynaklanan ağır metallerin doğaya yayılma yolları şematik olarak verilmiştir [40].

Toprak ya da su ortamına geçen ağır metaller besin zinciri yoluyla insana kadar ulaşmaktadır. Toprak bünyesine geçen ağır metaller toprağın enzim aktivitesini etkiler. Toprak bünyesinde kalan dirençli ağır metaller besin zincirinin birinci seviyesini oluşturan bitkilerin kökleri tarafından absorbe edilir ve bitki hücresi içinde vakuollerde birikir. Bazı toksik metaller ise proteinlerle kompleks oluşturmaktadır. Sülfidril grubu protein içeren proteinler kadmiyum, cıva, bakır ve diğer bazı metallerle, kurşun, bizmut, selenat ve demir gibi ağır metallerde hemosiderin ile kompleks oluştururlar. Ağır metallerin hücre ve hücre organellerine olan etkisi hücreye ve ağır metal türüne göre değişiklik gösterir [37]. Örneğin; kadmiyum benzer elektron dizilimine sahip olan çinkonun yerine geçerek hücre içinde bulunan kofaktör ve koenzimin görevlerini inhibe eder. Ağır metallerin bir başka etkisi de hücre zarı geçirgenliğini bozmalarıdır. Cıva, kurşun gibi toksik ağır metaller bu yolla etkilerini gösterirler. Bunun dışında ağır metaller DNA'ya bağlanabilir. Bu durum hasarlı protein ve enzim üretimine neden olmaktadır.



Şekil 1. Ağır metallerin doğada yayılma yolları [40]

Ağır metaller hayvan bağımsızlık sistemi üzerinde de çeşitli etkilere sahiptir. Metallerin birçoğunun karsinojenik özellikleri bulunmaktadır. Karsinojenik etkiye sahip olan pek çok bileşiğin DNA'ya zarar verdiği bilinmektedir [37]. Ağır metallerin insan metabolizmasında oluşturduğu etki ve etkin olduğu aşamaları özetleyecek olursak; kimyasal reaksiyonlara etki edenler, fizyolojik ve taşınım sistemlerine etki edenler, kanserojen mutojen olarak yapı taşlarına etki edenler, alerjen olarak etki edenler ve spesifik etki edenler olarak gruplamak mümkündür [40]. Çevre sağlığı ve gıdalar için risk oluşturabilecek bazı önemli ağır metaller aşağıda sunulmuştur.

**Kurşun:** Doğada bulunan metaller arasında yer alır. Meyveler, yapraklı sebzeler, kabuklu

deniz ürünleri ve tahıllar kurşun içerebilmektedir. Kurşuna doğal olarak maruz kalmanın yanında çevre kirliliğine bağlı olarak maruz kalmak başta çocuklar olmak üzere insan sağlığını ciddi anlamda tehlikeye sokabilmektedir. Özellikle gelişmekte olan çocuklarda zeka geriliği ve erişkinlerde kan, kemik, solunum ve sindirim sistemleri üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. En çok etkilenen organ böbrek olup, en çok maruz kalma şeklide atmosferdeki kurşun yoğunluğudur [24].

**Kadmiyum:** Kadmiyum batarya yapımında, boya ve plastik üreten fabrika atıklarında, metal kaplama işlemlerinde kullanılmaktadır [42]. Özellikle kadmiyum ile kontamine toprakta yetişen patates, havuç, kereviz gibi köklü sebzelerde, pirinç, buğday gibi

tahıllarda, yağlı tohumlarda ve deniz kabuklularında yüksek konsantrasyonda birikim gösterebilir. Kadmiyum kontaminasyonu böbrek, akciğer ve gastrointestinal sistemi etkileyebilmektedir [42]. Ayrıca kemik sistemi üzerinde de olumsuz etkileri olduğu yapılan çalışmalar ile bildirilmiştir [43; 44].

**Arsenik:** Arsenik doğada bol bulunan bir elementtir. Yerkabuğunun yapısında olmak üzere birçok madde de arsenik doğal olarak bulunmaktadır. Bazı veteriner ilaçların yapısında, boyalarda ve plastik sanayinde de kontrollü olarak kullanılmaktadır. Örneğin kömürün yanması ile arsenik doğaya yayılabilmektedir. Ayrıca tarım zararlıları ile mücadelede kullanılan ilaçlar ve madencilik faaliyetleri de diğer kontaminasyon kaynakları arasında yer almaktadır [45].

Tarımda kullanılan ve arsenik içeren bazı pestisitlerin kullanımı son yıllarda yasaklanmış olmakla beraber bu durum gıda maddelerinin arsenik ile kontaminasyonunda önemli etkenlerdendir. Arsenik ile kontamine olmuş sütte zehirlenen bebeklerde; karaciğer büyümesi ve kansızlık belirtileri, bazılarında deride kahve renkli pigmentler ve tırnaklarda çizgiler saptanmıştır. Yüzey ve içme sularında 0.5-1.0 mg/L arsenik bulunması insan zehirlenmelerine neden olmaktadır. Sudan zehirlenen yetişkinlerde deri dökülmesi, deride kalınlaşma, idrarda protein ve reflekslerde yavaşlama görülmüştür [46; 47; 48]. Arseniğin 70-180 mg alınması canlılarda

öldürücü etki göstermektedir. Arsenik zehirlenmelerinde yutma güçlüğü, karın ağrısı, kusma, ishal, kas krampları, susuzluk hissi, koma ve ölüm görülmektedir. Arsenik özellikle saç ve tırnakta birikir ve deri, akciğer, mesane kanserine neden olabilir. Nefeste sarımsak kokusu, aşırı terleme, kas güçsüzlüğü, deride renk değişikliği, el ve ayaklarda duyu kaybı ve ayakta gangren ile kendini belli eder [46; 49; 50].

**Cıva:** Cıva tabiatta elemental, organik ve inorganik formda bulunur ve bütün bu formlar insanlar için toksiktirler. İnorganik cıva temasında en önemli kaynak dış dolgusudur [45]. Metil cıva temasında cıva ile kirlenmiş sulara yaşayan büyük balıklar en önemli kaynaktır [51]. Organik cıva bileşikleri yağda çözünür, organik yapısı ve kısa hidrokarbon zinciri olması nedeniyle kolayca gastrointestinal sistemden emilir [25].

Cıva birçok sanayi dalında kullanıldığı için, çevresel kontaminasyon ile deniz canlılarından, yapısında cıva bulunan tarım ilaçlarının sık kullanımı sonucu, tarım ürünlerinin yapısından beslenme döngüsüne girerek etkisini göstermektedir. Yapılan çalışmalar balık, et ve bazı süt ürünlerinde yüksek düzeyde cıva bulunabildiğini göstermiştir [46; 47; 52]. Cıva zehirlenmesi sonucu oluşan akut zehirlenmeler ile nörolojik bozukluklar, böbrek hasarı oluşmakla birlikte kronik zehirlenme sonucunda titreme, diş etleri iltihabı, psikolojik değişiklikler ile

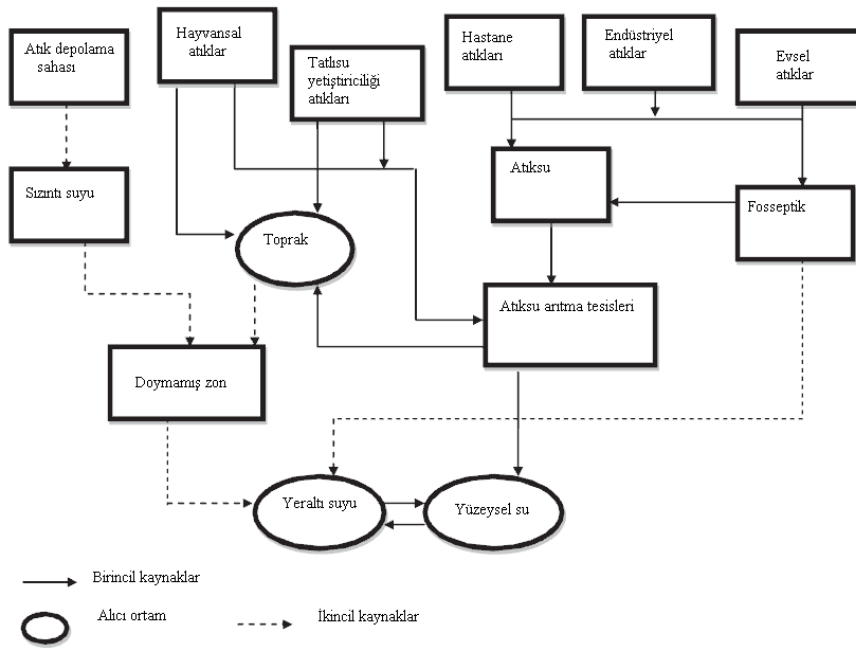
gebelerde düşük ya da bebekte doğumsal anomaliler gözlenebilmektedir [46; 49].

### **Farmasötik ilaç kalıntıları**

Çevreye bırakılan farmasötik bileşikler noktasal kirlilik kaynağı ve yayılı kirlilik kaynağı olmak üzere iki şekilde ayrılabilirler. Farmasötik bileşikler için noktasal kirlilik kaynağı ilaç sanayi atıksuları, endüstriyel atıksuları, hastane ve sağlık merkezleri atıkları, evler ve kanalizasyon atıklarının tek bir nokta halinde oluşturduğu kirlilik kaynaklarıdır. Yayılı kirlilik kaynakları ise belirli ve tek bir kaynağı olmayan, yayılmış durumdaki farmasötik bileşiklerinin oluşturduğu kirliliklerdir. Örneğin; hiç kullanılmadan direk çöpe atılan ilaçlar çöp

alanlarından sızıntı suyuna karışarak sucul sistemlere karışabilmekte ve kirliliğe neden olabilmektedir. Diğer bir yayılı kirletici kaynak ise veteriner ilaçlarının kullanımı sonucu ortaya çıkan gübrelerin tarımda kullanılması ile meydana gelmektedir. Tarımda kullanılan veya araziye serilen bu gübreler ve arıtma çamurları toprağa sızarak yer altı sularına, buradan da sonuç olarak içme sularına ulaşmakta ve kirliliğe neden olabilmektedir [53]. Sucul ortama ve topraklara gelen farmasötik bileşiklerin kaynakları Şekil 2’de verilmiştir [54; 55; 56; 57].

Metabolizmaya alınan farmasötik bileşiklerin birçoğu vücut içerisinde çok az değişime uğrarlar veya hiç değişime uğramadan atılırlar.



Şekil 2. Sucul ortamlara ve topraklara gelen farmasötik bileşiklerin kaynakları [54; 55; 56; 57].

Aritma tesisine ulaşan bileşikler, üç farklı davranış gösterirler [58]:

- i) madde tamamen hidrolize olabilir,
- ii) madde lipofiliktir ve biyolojik olarak tamamen parçalanamaz,
- iii) madde lipofilik halinden daha hidrofobik bir forma metabolize olur, ancak dayanıklı hale gelir.

Alıcı ortama ulaşan farmasötik bileşikler genellikle yarılanma ömürlerinin uzun olması nedeniyle yer altı ve yüzey sularında ve toprakta birikim göstermektedir [59]. Sucul ortamda birikim gösteren bu farmasötik kalıntılar tek başlarına değil genellikle karışım halinde bulunurlar. Bu nedenle bu kompleks bileşiklerin sucul hayata olan etkilerini ve organizmaların maruz kalmasını değerlendirmek için bu kompleks bileşiklerin kombine etkilerini belirlemek ve risk değerlendirmelerini yapmak gerekmektedir [60]. Kimyasal karışımlar toksisite etkisini arttırabilir. Ekosisteme farklı ilaç girişi devam ettikçe farklı kirlilik türlerinin ve etkilenme biçimlerinin ortaya çıkması olasıdır. Bu nedenle çeşitli farmasötik bileşiklerin aktif maddelerinin değişik seviyelerdeki canlılara etkisini araştıran çalışmalar vardır [53; 61]. Farmasötik bileşiklerin, insanlarda alerjik reaksiyonlara, direnç mekanizması bozukluğuna, cinsiyet değişimine ve psikolojik bozukluklara yol açtığı çalışmalarla ortaya konulmuştur [62; 63; 64]. Ekosistemin ilaç kalıntılarıyla kirlenmesinin önlenmesi için kontrollü ilaç tüketimi ve ortama

bırakılan ilaç miktarının azaltılmasına yönelik çalışmalar yoğun bir şekilde sürdürülmelidir.

### ***Klorlu kimyasal maddeler***

Bu grup içerisindeki en toksik bileşikler; dioksin ve dioksin benzeri maddeler (poliklorlu- $\rho$ -dioksinler (PCDD), poliklorlu dibenzofuran (PCDF) ve poliklorlubifeniller (PCB)) ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH)'dır [65; 66].

**Dioksin:** Dioksin ve furanlar, ticari amaçla üretilmeyen, klor veya brom içeren endüstriyel boyutlu üretimlerde ara kimyasal olarak veya klorlu ve oksijence fakir bir ortamda, organik bir maddenin yanması sonucu meydana gelen düşük konsantrasyonları dahi toksik olan yan ürünlerdir [67; 68]. Endüstride genellikle; klor içeren endüstriyel atıkların yaması sırasında, kağıt hamurunun beyazlatılması aşamasında, klor içeren PVC, klorlu çözeltiler, boyalı çıkartmalar ve pestisitler gibi ticari ürünlerin kimyasal olarak üretilmesi sırasında, metal ayırım yerlerinde, rafinerilerde ve çimento fırınları gibi endüstriyel yapılarda meydana gelmektedir [67]. Özellikle plastik maddelerin üretiminde ve yakılması sırasında eksik yanma sonucu dioksinler meydana gelmekte ve çevreye yayılabilmektedir [68].

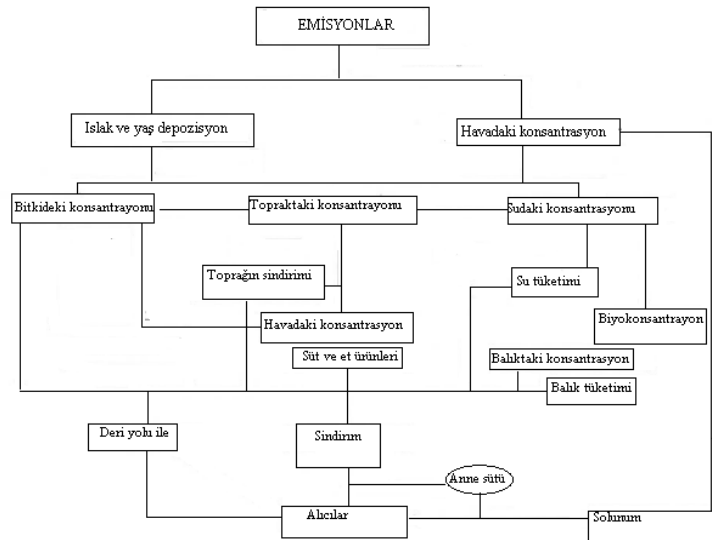
Dioksin ve furanlar, özellikleri ve toksisiteleri birbirleriyle ilişkili olan geniş bir kimyasal madde grubudur. 75 farklı dioksin, 135 farklı furan ve 209 farklı PCB çeşidi olmasına

rağmen, bu bileşiklerden 29 tanesi en fazla toksik etkiye sahiptir. Bunlar içerisinde en fazla toksik etkiye sahip olanı ise 2,3,7,8-tetraklorodibenzo-p-dioksin (TCDD)'dir [69]. Dioksin ve benzeri bileşikler, 2 benzen halkasının 3 farklı şekilde birleşmesi ile oluşurlar. Dioksinin moleküler yapısı 2 benzen halkasının bir çift oksijen atomu ile altılı halka oluşturacak şekilde bağlanması ile oluşur. Eğer bir oksijen içeren beşinci halka tarafından bağlanırlarsa furanlar olarak tanımlanırlar. Eğer 2 benzen halkası doğrudan birbirine bağlanırsa, PCB'lerin yapı taşı olan bifeniller oluşmaktadır [69].

Atmosferde partiküler maddelere tutunan dioksin ve benzeri bileşikler havada uzun süre kalabilirler. Böylece uzun mesafelere taşınmaları da mümkün olur. Hava kaynaklı bu bileşikler yağ ve kuru depozisyon ile yeryüzüne dönerler. Toprak dioksin ve benzeri bileşikler için doğal çökeltme ve tutunma ortamıdır. Bitkiler ise toprak

aracılığıyla bunları absorbe eder ya da bu bileşikler bitki üzerinde tutulur. Bu bileşikler toprakta, suda ve havada parçalanmaya dirençli oldukları için, besin zinciri ile balıklara ve diğer memeli hayvanlara geçmekte ve yağ dokularında birikmektedirler [65; 67; 70]. Kalıcı olan bu dioksin ve türevleri, hayvansal gıdalarla beslenen insanların yağ dokularında da birikmektedirler. Bu bileşikler, insanların ve hayvanların yağ dokularında uzun yıllar kalmakta, ancak stres ve açlık neticesinde kana geçip, uzun yıllar sonra bile toksik etkilerini sürdürmektedirler [70]. Şekil 3'de Dioksin ve benzeri bileşiklerin doğadaki taşınımı verilmiştir [71].

Su, toprak veya besinlerin içerisinde çok farklı şekillerde bulunan dioksin, furanlar ve PCB'lerin örnek üzerindeki toplam zehir eşdeğerliliğini tanımlamak için EPA tarafından iki aşamalı bir yöntem geliştirilmiştir.



Şekil 3. PCDD/F bileşiklerinin doğadaki taşınımı [71].

Tüm bu dioksin türevlerinin zehirlilik etkisi değerlendirilirken bu bileşiklerin toksisiteyi 2,3,7,8-TCDD'ye göre belirlenir ve her bir bileşiğe bir toksik eşdeğerlik faktörü (TEF) verilir. Buradaki amaç tüm dioksin türevlerinin ortak toksisite etkilerinin bir birime çevrilmesini sağlamaktır [68].

İnsan sağlığı açısından önemli risk içeren bu bileşiklere maruz kalınması sonucunda karaciğer ve göğüs kanserlerine, gelişme bozukluklarına, Wasting sendromuna, lenfoid, klorakne, hepatoksisite, nörotoksisite, kardiyotoksisite, endokrin sisteminin bozukluğuna, hormon bozukluğuna, gelişme geriliğine, bağışıklık sistemi sorunlarına ve böbrek yetmezliği sorunlarına maruz kalındığı belirtilmiştir [68; 70; 72].

Ayrıca yapılan çalışmalarda dioksinlerin kanser yapıcı etkilerinin doğrudan DNA'da mutasyon yapmalarından çok lipid peroksidasyonunu arttırmaları sonucu oluştuğu ve bu nedenle de anılan bileşiklerin, kanserin başlangıç periyodunda fazla etkiye sahip olmadığı gelişme döneminde etkili olduğu saptanmıştır [72].

#### **Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH):**

PAH'lar iki ya da daha fazla lipofilik yapıdaki aromatik benzen halkasının birleşmesiyle meydana gelen ve yapılarındaki aromatik halkalarının sayılarına bağlı olarak farklı fiziksel ve kimyasal özellik kazanan bileşiklerdir [73; 74]. Bu bileşikler stabil bir

kimyasal yapıya sahip olmaları ve bitki ve mikroorganizmalar tarafından kullanılabilirliğinin düşük olması nedeniyle çevrede kalıcı olan bileşiklerdir [73; 75]. Doğada 100'ün üzerinde PAH çeşidi olmasına rağmen, EPA tarafından bu bileşiklerden 16 tanesi insan ve çevre sağlığına yönelik olumsuz etkileri nedeniyle öncelikli kirleticiler arasında sayılmıştır (Tablo 2) [76; 77].

PAH'lar çevreye orman yangınları ve volkanik patlamalarla doğal olarak yayılabildiği gibi son yapılan çalışmalar bakteri ve bitkilerce de oluşturulabildiğini göstermektedir [73]. İnsan kaynaklı oluşumları ise endüstriyel kaynaklar, araç emisyonları, tarımsal üretim, atık yakma, fosil yakıtların yanması, petrol sızıntıları, asfalt, ısıtma, güç jeneratörleri ve sigara ile olmaktadır [73; 77; 78].

Tablo 2. Muhtemel kirletici olarak değerlendirilen PAH bileşikleri [76; 77]

*Naphthalene	*Asenaftelen
*Asenaften	*Floren
*Fenantren	*Antrasen
*Floranten	*Piren
*Benzo[a]antrasen	*Krisen
*Benzo[b]floranten	*Benzo[k]floranten
*Benzo[a]piren	*Dibenzo[a,h]antrasen
*Indeno[1,2,3,-cd]piren	*Benzo[g,h,i]perilen



Atmosfere bırakılan PAH emisyonları, kısa veya uzun mesafeli taşınımlarla yağ ve kuru depozisyon ile atmosferden uzaklaşarak toprak, sucul ortam ve bitki örtüsünde birikirler. Sucul ortamda biriken bileşiklerin bir kısmı buharlaşarak sudan uzaklaşırken, bir kısmı sedimentlerde bir kısmı da su canlılarında birikim gösterirler. Toprakta biriken bileşiklerin bir kısmı topraktan buharlaşarak, diğer kısmı ise bitkilerde birikerek topraktan uzaklaşır. Bitkilerde ve su canlılarında biriken bileşikler besin zinciri yoluyla insana kadar ulaşabilmektedir [74; 79]. PAH'lar çoğunlukla karaciğer, yağ ve böbrekte depolanma eğilimindedir. Küçük miktarları adrenalin bezlerinde, yumurtalıklarda ve dalakta depolanır [79].

PAH'lar karsinogenik, mutagenik ve toksik özellikleri nedeniyle çok önemli kirleticilerdir. PAH'ların karsinogenik etkisi molekül ağırlıklarının artması ile artar. Benzo[a]piren bilinen en önemli kanserojen PAH olduğu için kanser araştırmalarında model bileşik olarak kabul edilmiştir [76; 80; 81]. Uluslararası kanser araştırma ajansı (IARC), benzo[a]antrasen, benzo[a]piren ve dibenzo[a,h]antraseni insanlar için muhtemelen kanserojen olarak, benzo[b]floranten ve indeno[1,2,3,-cd]pireni ise insanlar için olası kanserojen olarak sınıflandırmıştır.

PAH bileşikleri tümörün başlamasında, gelişmesinde ve ilerlemesinde etkilidir. Kısa

ya da uzun vadede PAH'lara maruz kalma sonucunda immün sistemde sorunların olduğu ve mesane, deri ve akciğer kanserlerine sebep olduğu bilinmektedir [79]. Bu tür bileşikler, bağışıklık sistemini baskılayan bileşikler olarak bilinmektedirler. Ayrıca, endokrin sistemini bozucu etkisinden şüphelenilmektedir [82; 83].

Kanser ve PAH'ların ilk ilişkisi baca temizleme işinde çalışanların derilerine bulaşan is nedeniyle testis kanserine yakalanmalarının belirlenmesi ile kurulmuştur. Daha sonraki yıllarda parafin endüstrisinde çalışan insanlarda da testis derisi kanseri belirlenmiş ve çevre faktörlerinin kanser oluşumuna etkileri ortaya konulmuştur [80]. Bunun sonucu olarak yağ, is, katran ve duman gibi kimyasalların benzo(a)pren içeren güçlü bir PAH kaynağı olduğu belirlenmiştir [84]. İnsan vücudu PAH'ları yükseltger ve suda çözünabilir duruma getirerek diolepoksit türevlerini oluşturur. Bu türevler, DNA ile kimyasal reaksiyona girerler ve DNA ile PAH'ların kimyasal bağ oluşturması kansere sebep olur [76; 85]. Sigara kullananlarda da bu bileşiklerin DNA mutasyonuna neden olduğu görülmüştür [76; 86].

### ***Pestisitler***

Pestisitler, zirai mücadele araştırma ve uygulamalarında kullanılan her türlü kimyasal madde ve preparatlardır. Pestisitler,

istenmeyen yabancı otları, bitkileri, bitki patojenlerini, hastalık yayan böcekleri vb. zararlı organizmaları engellemek, kontrol altına almak, zararlarını azaltmak amacıyla kullanılmaktadırlar [87]. Pestisit, kimyasal bir madde, virüs ya da bakteri gibi biyolojik bir ajan, antimikrobik, dezenfektan ya da herhangi bir araç olabilir [88]. Pestisite maruz kalma, kan, meme, prostat, pankreas, beyin, karaciğer ve diğer kanser türleri ile ilişkilidir [89]. Yapılan bir çalışmada DDT, klorofenoller ve fenoksiherbisit türü pestisitlerin lenfoma ile ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Pestisite bağlı kanserlerin altında DNA hasarı ve oksidatif stres yer almaktadır [87]. Pestisitler, organoklorlu pestisitler, organofosfatlı pestisitler, karbamatlar ve piretroidler olmak üzere 4 ana gruba ayrılırlar [89].

**Organoklorlu pestisitler:** Organoklorlu pestisitler yapılarında klor bulunan aromatik veya alifatik bileşiklerdir. Kimyasal yapılarına göre; (i) diklorodifeniletan (DDT, metoksiklor vb.), (ii) klorlu siklodien (aldrin, dieldrin vb.), ve (iii) klorlu benzen (BHC gibi) ve sikloheksan olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Çevrede uzun süre bozulmadan kalmaları, yağda çözünür olmaları ve biyolojik parçalanmalarının yavaş olması nedeni ile ekosistemde ve canlılarda biyomagnifikasyona uğrayarak olumsuz etki gösterirler. Bu nedenle Kuzey Amerika ve Avrupa'da (Türkiye dahil) kullanımları

yasaklanmış veya sınırlanmıştır [89]. Ayrıca, pestisitlerin endokrin sistemini bozucu etkileri bulunmaktadır. Gelişim sürecini de engelleyen bu bileşikler kansere de sebep olmaktadır [90].

**Organofosfatlı pestisitler ve karbamatlar:** Organofosfatlı bileşikler en toksik pestisit grubudur. Tarımda yaygın olarak kullanılırlar. Organofosfatlı pestisitler ve karbamatlar karsinogeniktirler ve karbamatlar özellikle troid tümörlerine sebep olmaktadır [91; 92].

**Piretroidler:** Yüksek insentisit özelliği ve düşük memeli toksisitesinden dolayı en yaygın olarak kullanılan pestisit grubudur. Ancak bazı piretroidlerin göğüs, yumurtalık, akciğer, kolon, tiroid ve adrenal bezi tümörlerinin oluşumunda etkileri olduğundan şüphelenilmektedir [93].

Pestisitler kullanım amaçlarına göre 9 gruba ayrılırlar. Bunlar; insektisitler (böceklere karşı), herbisitler (yabancı otlara karşı), fungusitler (funguslara karşı), akarisitler (akarlara karşı), rodentisitler (kemirgenlere karşı), nematisitler (nematodlara karşı), mollusisitler (yumuşakçalara karşı), bakterisitler (bakterilere karşı) ve virüsitler (virüslere karşı) olarak sınıflandırılırlar [33]. Tarımsal alanlara, park ve bahçelere uygulanan pestisitler havaya, suya, toprağa ve oradan da diğer canlılara geçmekte ve dönüşüme uğramaktadır. Pestisitlerin bu döngüdeki yerini fiziksel özellikleri, kimyasal yapısı, uygulanma şekli ve dış ortam gibi

faktörler etkilemektedir. Örneğin; pestisitlerin büyük bir çoğunluğu uçucudurlar. Tarım ve bitkiye uygulanan pestisitlerin %80-90'ından fazlası buharlaşma ve dağılma nedeniyle kaybolurken, bir kısmı bitki ve toprak yüzeyinde kalabilmektedir. Havaya karışan pestisitler rüzgarla uzun mesafeler boyunca taşınabilmektedir. Yaş depozisyon ile tekrar yeryüzüne dönmektedir. Bitki ve toprak yüzeyinde kalan pestisitler ise yüzey akışı şeklinde veya toprak içerisinde süzülerek yer altı suyu ve diğer su kaynaklarına ulaşmaktadır. Yüzey akışı ile taşınan pestisitler, yüzey sularında balık ve diğer su organizmalarında birikime ve toksik etkiye neden olmaktadır. Bu organizmalarda biriken pestisit kalıntıları besin zinciri ile insanlara ulaşır ve kronik toksisitenin oluşmasına neden olur. Toprak bünyesine geçen pestisitler ise güneş ışınlarının da etkisiyle fotokimyasal degradasyona, bitki, toprak mikro ve makroorganizmalarının etkisiyle biyolojik degradasyona uğramaktadır. Ayrıca, bir kısmı da toprak kolloidleri tarafından adsorplanmaktadır. Toprak bünyesinde bulunan pestisitler, kapiller su ile yüzeye taşınmakta ve buradan tekrar atmosfere karışmaktadır [33].

### **Tartışma ve Sonuç**

Gelişen dünyada çevre ve insan sağlığı büyük önem kazanmıştır. Kimyasal maddeler çevre ve insan sağlığını etkileyen önemli

parametreler arasında yer almaktadır. Çeşitli sebeplerle çevrede bulunan kimyasal tehlikeler doğrudan ya da gıdalar aracılığı ile insanlara ulaşmakta ve başta karsinojenik etki olmak üzere önemli sağlık problemlerine neden olmaktadır. Çevre sağlığını bu kimyasal tehlikelerden korumak için kirliliği kaynağında önleme, gerekli arıtma ve bertaraf işlemlerini yöntemine uygun olarak gerçekleştirme veya kirlenen alanları temizleme olmak üzere çevreyi koruyucu ve iyileştirici önlemler alınmalıdır.

Gıdaya ilişkin risklerin oluşmasında başlıca nedenler ise yasal düzenlemelerin, uygulama ve denetimlerin yetersizliği; gıda tehlikelerine yönelik patojen mikroorganizma, kişisel hijyen ile ilgili olarak gıda üreticileri ve çalışanlarının eğitilmemesi ve kimyasal kalıntı analizleri ve risk değerlendirmelerinin yapılmaması örnek olarak verilebilir. Gıdalara kimyasal bulaşmasının önemli nedenleri; bilinçsiz tarım ilacı kullanma ve arıtma sistemi olmayan endüstriyel kuruluşların atıklarını doğrudan akarsu, toprak veya atmosfere boşaltmaları ve kontrol dışı GKM kullanılmasıdır. Bu durum, iyi üretim teknikleri ve iyi hijyen uygulamaları dikkate alınarak üretimin yapılması ile bu tehlikenin önlenmesi açısından faydalı olacağı gerçeğini ortaya çıkarmaktadır.

**Kaynaklar**

- [1] Üçüncü M. Gıdaların Ambalajlanması, 2010. Ege Üniversitesi Basım Evi, İzmir, Türkiye, 656-679.
- [2] Mordeniz H., 2004. Gıda Sektöründe Entegre Kalite Risk Yönetim Sistemleri. Akademik Gıda, 2-10.
- [3] Kayardı S., 2010. Gıda Hijyeni ve Sanitasyon, Dördüncü baskı. Türkiye Sidas.
- [4] Erkmen, O., 2010. Gıda kaynaklı tehlikeler ve gıda güvenliği. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, 53:220-235.
- [5] Smith A.G., Gangolli S.D., 2002. Organochlorine chemicals in seafood: occurrence and health concerns. Food Chem Toxicol., 40:767-779.
- [6] Tunçel G., 1998. Mikrobiyal Bulaşma Kaynakları. Gıda Mikrobiyolojisi, Birinci baskı, Mengi Tan Basımevi İzmir, 45-52.
- [7] Giray H., Soysal A., 2007. Türkiye’de gıda güvenliği ve mevzuatı. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 6: 485-490.
- [8] Erkmen O., Bozoglu, T.F., 2008. Food Safety. İlke Publishing Company, Ankara.
- [9] Carpenter D.O., Arcaro K.F., Bush B., 1998. Human health and chemical mixtures: an overview. Environ Health Perspect, 106:1263-1270.
- [10] Koca I., Koca, F.A., 2007. Poisoning by made honey: a brief review. Food Chem Toxicol., 45:1315–1318.
- [11] Janssen M.M.T., Put H.M.C., Nout M.J.R., 1997. Natural Toxins. Food Safety and Toxicology, CRC Press USA.
- [12] Ayhan K., 2000. Gıdalarda bulunan mikroorganizmalar. Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları, İkinci baskı, Sim Matbaacılık Ltd. Şti. Ankara, 37-80.
- [13] Bilgili A., Küçükünay S., 2002. Felç yapıcı kabuklu su ürünü toksinleri. YYÜ. Vet. Fak. Derg., 13(1-2):31-34.
- [14] Karlson Stiber C., Persson H., 2003. Cytotoxic fungi-an overview. Toxicon., 42:339–349.
- [15] Baysal A.A, Baş M., Yurttagül, M., 2004. Toksik mantarlar ve mantar zehirlenmeleri, Sendrom, 16(7):60-65.
- [16] Schmidt R.H., Rodrick G.E., 2003. Food Safety Handbook. John Wiley & Sons Inc.
- [17] Erkmen, O., Bozoglu, T.F., 2008. Food Microbiology III: Food preservation. İlke Publishing Company Ankara.
- [18] Groten J.P., 2000. An Analysis of the Possibility for Health Implication of Joint Actions and Interactions Between Food Additives, Regulatory Toxicology and Pharmacology, 31:77-91.
- [19] Wibbertmann A., Kielhorn J., Koennecker G., Mangelsdorf I., Melber C., 2000. Concise International Chemical Assessment Document 26: Benzoic Acid

- and Sodium Benzoate. Geneva: World Health Organization.
- [20] Omaye S.T., 2004. Food and nutritional toxicology. New York CRC Press.
- [21] WHO, 1999. Some Chemicals That Cause Tumours of the Kidney or Urinary Bladder in Rodents and Some Other Substances, 73:329-338,.
- [22] Topçu Ayaz A., 2003. Bazı Sebzelerin Nitrat ve Nitrit Miktarları ve Ispanakta Bekletme, Pişirme ve Dondurmanın Nitrat ve Nitrit İçeriğine Etkisi Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- [23] Walters C.L., 1991. Nitrate and nitrite in foods. Nitrates and Nitrites in Food and Water. Editor: M J Hill. Ellis Horwood Series in Food Science and Technology, 93-112.
- [24] World Health Organization (WHO), 2001. Regional Office for Europe Lead Air Quality Guidelines. Copenhagen, Denmark, Second Ed. Chapter, 6(7):1-17.
- [25] Temiz A., 1998. Gıda Sanayinde Temizlik ve Dezenfeksiyon. Gıda Sanayi, 2(5):39-45.
- [26] Arvanitoyannis I.S., Bosnea L., 2004. Migration of substances from food packaging materials to foods. Crit Rev Food Sci., 44:63-76.
- [27] Garcia R.S., Losada P.P., 2004. Determination of bisphenol A diglycidyl ether and its hydrolysis and chlorohydroxy derivatives by liquid chromatography–mass spectrometry. J Chromatogr A, 1032: 37–43.
- [28] Cogliano V.J., 1998. Assessing the cancer risk from environmental pcbs. Environ Health Perspect, 106:317-323.
- [29] Hiroi H., Tsutsumi O., Takeuchi T., Momoeda M., Ikezuki Y., Okamura A., Yokota H., Taketani Y., 2004. Differences in serum bisphenol A concentrations in premenopausal normal women and women with endometrial hyperplasia. Endocr J, 51(6):595-600.
- [30] Öz A.F., Kaya M., 2006. Isıl işlem uygulanmış et ve et ürünlerinde heterosiklik aromatik aminler. Gıda Dergisi, 201-206.
- [31] Öz A.F., Kaya M., 2006. Et ve et ürünlerinde heterosiklik aromatik aminlerin engellenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 121-125.
- [32] Dündar A., 2011. Farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen köftelerde heterosiklik aromatik aminlerin sınırlandırılmasında optimum tuz, askorbik asit ve yağ kullanım seviyelerinin yanıt yüzey yöntemi ile belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- [33] Tiryaki O., 2010. Canhilal, R. Sümer Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri.

- Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26(2):154-169.
- [34] Rodriguez C., Mccullough M.L., Mondul A.M., Jacobs E.J., Chao A., Patel A.V., 2006. Meat consumption among black and white men and risk of prostate cancer in the Cancer Prevention Study II Nutrition Cohort. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.*, 15:211-216.
- [35] Kushi L.H., Byers T., Doyle C., Bandera E.V., Mccullough M., Mctiernan A., 2006. American Cancer Society Nutrition and Physical Activity Guidelines Advisory Committee. American Cancer Society guidelines on nutrition and physical activity for cancer prevention: Reducing the risk of cancer with healthy food choices and physical activity. *CA Cancer J Clin.*, 56:254-81.
- [36] Tekaya N., Saiapina O., Ben Ouada H., Lagarde F., Ben Ouada H., Jaffrezic Renaul N., 2013. Ultra-sensitive conductometric detection of heavy metals based on inhibition of alkaline phosphatase activity from *Arthrospira platensis*. *Bioelectrochemistry*, 90:24-29.
- [37] Güner U., 2014. Toksikoloji ders notları, Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji, Edirne, 140.
- [38] Bagal Kestwal D., Karve M.S., Kakade B., Pillai V.K., 2008. Invertase inhibition based electrochemical sensor for the detection of heavy metal ions in aqueous system: application of ultra-microelectrode to enhance sucrose biosensor's sensitivity. *Biosens. Bioelectron.*, 24:657-66.
- [39] Valko M., Morris H., Cronin M.T.D., 2005. Metals, toxicity and oxidative stres. *Curr. Med. Chem.*, 12:1161-1208.
- [40] Kahvecioğlu Ö., Kartal G., Güven A., Timur, S., 2003. Metallerin çevresel etkileri. TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Dergisi, 136:47-53.
- [41] Şenel Ş., 2010. Ağır metallerin çevresel etkileri. *SDUGEO*, 1-3.
- [42] Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2008. Toxicological Profile for Cadmium. Department of Health and Human Services, Public Health service, Atlanta.
- [43] Çömelekoğlu Ü., Yalın S., Bağış S., Yıldız A., Ogenler O., Coşkun Yılmaz B., Hatungil R., 2007. Kadmiyumun Kortikal Kemik Mineral Yoğunluğu ve Biyomekanik Parametreleri Üzerine Etkisi:Ovariektomili Sıçan Modeli ile Karşılaştırma. *Türk Fiz Tıp Rehab. Derg.*, 53:1-4.
- [44] Örün E., Yalçın S.S., 2011. Kurşun, Cıva, Kadmiyum: Çocuk Sağlığına Etkileri ve Temasın Belirlenmesinde Saç Örneklerinin Kullanımı. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 3-2:73-81.

- [45] Davidson P.W., Myers G.J., Weiss B., 2004. Mercury exposure and child development outcomes. *Pediatrics*, 113:1023-29.
- [46] Çağlarırnak N., Hepçimen A.Z., 2010. Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi. *Akademik Gıda* 8-2:31-35.
- [47] Vural H., 1993. Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler. *Çevre Dergisi* 8:3-8.
- [48] Beliles R. V., 1975. Metals, in *Toxicology. The Basic Science of Poisons*. L.J. Casarett & J. Ditil (Editors) Macmillan Publ. Co, Inc., New York, USA.
- [49] Tunçok Y., 2008. İçme suyunda ağır metaller ve insan sağlığına etkileri <http://izmir.kalder.org>
- [50] Demirci M., 2007. Beslenme. Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ.
- [51] World Health Organization (WHO), 2000. Regional Office for Europe Mercury Air Quality Guidelines. Copenhagen, Denmark, Second Ed. Chapter, 6(9):1-15.
- [52] Concon J.M., 1988. *Food Toxicology. Part B: Contaminants and Additives*. Marcel ekker, Inc., New York.
- [53] Dereci S.E., 2010. Ranitidin ve Naproksen'in Koagülasyon ile Giderim Özelliklerinin İncelenmesi. Tüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği ABD, Adana.
- [54] Heberer T., 2002. Tracking persistent pharmaceutical residues from municipal Sewage to drinking water. *J. Hydrol.*, 266:175-189.
- [55] Diaz Cruz M.S., Barceló D., 2008. Trace organic chemicals contamination in ground water recharge. *Chemosphere*, 72:333-342.
- [56] Pal A., Gin K.Y., Lin A.Y., Reinhard M., 2010. Impacts of emerging organic contaminants on freshwater resources: review of recent occurrences, sources, fate and effects. *Sci. Total Environ.*, 408:6062-6069.
- [57] Lapworth D.J., Baran N., Stuart M.E., Ward R.S., 2012. Emerging organic contaminants in groundwater: a review of sources, fate and occurrence. *Environ. Pollut.*, 163:287-303.
- [58] Vergili İ., Kaya Y., Gönder Z.B., Barlas H., 2005. İlaç aktif maddelerinin sucul çevrede bulunuşları, davranışları ve etkileri. *Ulusal Su Günleri*, 284-291.
- [59] Topal M., Uslu G., Arslan Topal E.I., Öbek E., 2012. Antibiyotiklerin Kaynakları ve Çevresel Etkileri" BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 1(2):137-152.
- [60] Dökmeci A.H., 2009. Bazı farmasötik ilaç kalıntılarının sulardaki toksik etkileri.

- Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne, Türkiye.
- [61] Fent K., Weston A.A., Caminada D., 2005. Exotoxicology of Human Pharmaceuticals A Review Aquatic Toxicology 76:122-159.
- [62] Kaya S., Pirincci İ., Ünsal A., Karaer Z., Traş B., Bilgili A., Akar F., 2007. Veteriner Farmakoloji. Dördüncü baskı. Medisan Ankara, Türkiye.
- [63] Dökmeci A.H., 2009. Bazı Farmasötik İlaç Kalıntılarının Sulardaki Toksik Etkileri, Doktora tezi, Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Toksikoloji Bilim Dalı, Edirne.
- [64] Saygı Ş., Battal D., Şahin N.Ö. 2012. Çevre ve İnsan Sağlığı Yönünden İlaç Atıklarının Önemi. Marmara Pharmaceutical Journal. 16: 82-90.
- [65] Aydın M.E., Sarı S., Özcan S., 2003. Konya Ana Tahliye Kanalı Su ve Sedimentlerinde Poliklorlu Bifenil (PCB) Bileşiklerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Dergisi, 18:9-19.
- [66] Chopra M., Schrenk D., 2011. Dioxin toxicity, aryl hydrocarbon receptor signaling, and apoptosis-persistent pollutants affect programmed cell death. Crit. Rev. Toxicol., 41(4):292-320.
- [67] Watanabe S., Kitamura K., Nagahashi M., 1999. Effects of dioxins on human health: A review. J.Epidemiol., 9(1):1-13.
- [68] Güler Ü.A., Kundakçı Ö., 2014. Dioksin ve benzeri bileşiklerin insan ve çevre sağlığına etkileri. Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, 4 (1):71-75.
- [69] Hişmioğulları Ş.E., Hişmioğulları A.A., Kontaş A.T., 2012. Dioksin ve dioksin benzeri kimyasalların toksik etkileri. Balıkesir Sağlık Bilim. Derg., 1(1):23-27.
- [70] Güneş G., 2007. Dioksin ve furan'ın oluşum mekanizmaları ve giderilme teknolojileri. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- [71] Korucu M.K., Karademir A., 2010. A review of pcdd/fs levels in environmental samples and analysis. Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Sigma, 28:150-171.
- [72] Çiftçi O., 2008. Elazığ ve çevresinde tüketilen tereyağlarında, dioksin ve benzeri bileşik düzeylerinin araştırılması. Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 22(5):289-292.
- [73] Lamichhane S., Bal Krishna K.C., Sarukkalige R., 2016. Polycyclic aromatic hydrocarbons (pahs) removal by sorption: A Review. Chemosphere, 148:336-353.
- [74] Çetindamar D., Veli S., Öztürk T., Arslanbaş D., Aslan Kılavuz S., Çetin Doğruparmak Ş., Can Doğan E., 2014. Topraklarda PCB ve PAH'ların incelenmesi: Alikahya bölgesi. Politeknik Dergisi, 17(3):127-133.



- [75] Shin K.H., Kim K.W., Ahn Y., 2006. Use of biosurfactant to remediate phenanthrene-contaminated soil by the combined solubilization biodegradation process. *J. Hazard. Mater.*, 137:1831-1837.
- [76] Alver E., Demirci A., Özcimder M., 2012. Polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve sağlığa etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1):45-52.
- [77] Zhang Z.L., Hong H.S., Zhou J.L., Yu, G., 2004. Phase association of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Minjiang river Estuary, China. *Sci. Total Environ.*, 323:71-86.
- [78] Ravindra K., Sokhi R., Vangrieken R., 2008. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: source attribution, emission factors and regulation. *Atmos. Environ.*, 2008; 42:2895-2921.
- [79] Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 1995. Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (pahs). Department of Health and Human Services, Public Health Service, U.S.
- [80] Luch A., Baird W.M., 2005. Carcinogenic Effects Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *Metabolic Activation and Detoxification of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*. Ed: A. Luch. Imperial College Pres. USA, 19-96.
- [81] Akcha F., Burgeot T., Narbonne J.F., Garrigues P., 2003. Pahs: An Ecotoxicological Perspective. *Metabolic Activation of pahs: Role of DNA Adduct Formation in Induced Carcinogenesis*. Ed: PET Douben Wiley, pp 65-79.
- [82] SEPA, 2008. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (Pahs) Fact Sheet. National Center For Environmental Assessment. Office of Research and Development, Washington, DC.
- [83] Xu X.H., Hu H., Kearney G.D., Kan H.D., Sheps D.S., 2013. Studying the effects of polycyclic aromatic hydrocarbons on peripheral arterial disease in the United States. *Sci. Total Environ.*, 461:341-347.
- [84] Douben PET, 2003. Pahs: An Ecotoxicological Perspective. Introduction. PET Douben Wiley, 1-6.
- [85] Naegeli H., Geacintov N.E., 2005. Carcinogenic Effects Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *Mechanisms of Repair of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon-Induced DNA Damage*. Ed: A. Luch. Imperial College Press. USA, 2:11-258.
- [86] Chen S.C., Liao C.M., 2006. Health risk assesment on human exposed to environmental polycyclic aromatic hydrocarbons pollution sources. *Science of the Total Environment*, 366:112-123.
- [87] Tabrez S., Priyadarshini M., Priyamvada S., Shahnawaz Khan M., Arivarasu N.A.,

- Kashif Zaidi S., 2014. Gene–environment interactions in heavy metal and pesticide carcinogenesis. *Mutation Research*, 760:1–9.
- [88] Pimentel D., Pimentel, M., 2008. Environmental and Economic Costs of the Application of Pesticides Primarily in the United States. *Food Energy and Society*, Third Edition, CRC Press, Taylor & Francis USA, 161-183.
- [89] Dağlıoğlu N., 2009. İnsan cilt altı yağ dokusunda organoklorlu pestisitlerin kalıntı düzeylerinin tesbiti. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Adli Tıp Anabilim Dalı, Adana, Türkiye.
- [90] Amaral Mendes J.J., 2002. The endocrine disrupters: a major medical challenge, *Food Chem. Toxicol.*, 40: 781–788.
- [91] Chhabra R.S., Eustis S., Haseman J.K., Kurtz P.J., Carlton B.D., 1992. Comparative carcinogenicity of ethylene thiourea with or without perinatal exposure in rats and mice. *Fundam. Appl. Toxicol.*, 18:405–417.
- [92] Bigot Lasserre D., Chuzel F., Debruyne E.L.M., Bars R., Carmichael, N.G., 2003. Tumori-genic potential of carbaryl in the heterozygous p53 knockout mouse model. *Food Chem. Toxicol.*, 41:99–106.
- [93] Siegel D., Ross D., 2000. Immunodetection of NAD(P)H:quinone oxidoreductase 1(NQO1) in human tissues. *Free Radic. Biol. Med.*, 29:246–253.