



# Et ve Ürünlerinin Pişirilmesi Sırasında Oluşan Zararlı Maddeler: Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar\*

F. İpek KESKİN<sup>1</sup>

Sezai KAYA<sup>2</sup>

## ÖZET

Egzos gazı, fabrika dumanı ve sigara dumanında bulunan zehirli bileşiklerden en çok bilineni polisiklik aromatik hidrokarbonlardır. Bu bileşikler asfalt ve katranın yapısında bulunur. Kömür katranı içeren deri kremleri ve kepek önleyici şampuanlar düşük yoğunlukta PAH içerir. Ham petrol, benzin, gaz yağı, mazot, ağır petrol gibi rafine edilmiş ürünler de PAH içerir. PAH'lar ile kirlenmede toprak, su, atmosferik kirlenme, gıdaların işlenmesi (tüt-süleme) ve pişirme çeşidi (kızartma, mangal kömüründe pişirme) rol oynar. PAH'lar lipofilik yapıları sebebiyle gıda maddelerinde özellikle yağ kısmında birikirler. Dokularda biriken PAH seviyesi, alınan PAH miktarına, bileşiğin alınış yoluna ve şekline ve PAH metabolizması uyarıcılarına bağlıdır. PAH'lar DNA gibi makromolekülleri etkiler ve çeşitli doku ve organlarda zararlı etkilere sebep olurlar.

**Anahtar kelimeler:** Gıda, karsinojenite, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, tüt-süleme.

## SUMMARY

The more known compounds that founds in the exhaust gases, industrial emissions and tobacco smoke are polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH). These compounds are found in the blacktop and creosote. Skin creams and anti-dandruff shampoos that contain coal tars contain low levels of PAH's. Refined products such as crude oil, fuel oil, kerosene, gasoline, heavy oil also contain PAH. Soil, water, atmospheric pollution, food process (smoking) and cook type (frying, barbecue) take parts in pollution with PAH's. PAH's accumulate in lipid components in the food chain due to their lipophilic nature. The level of PAH's that acumulate in the tissues depends on the level of PAH's that obtains, the route and way of taking and stimulants of PAH metabolism. PAH's affects macromolecules like DNA, and causes hazardous effectcs in various tissues and organs.

**Key words:** Food, carcinogenity, polycyclic aromatic hydrocarbons, food smoking.

\*03.11.2004 tarihinde kabul edilen aynı isimli seminerden özetlenmiştir.

1. Dr., Etik Merkez Veteriner Kontrol ve Araştırma Enstitüsü.

2. Prof. Dr., Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı.



## 1. Giriş

Et ve ürünlerinin pişirilmesi, işlenmesi ve saklanması sırasında açığa çıkan zehirli-zararlı maddelerden biri olan Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH'lar), birbirine kaynaşmış iki ya da daha fazla aromatik halka içeren, sadece karbon ve hidrojen atomlarından yapılmış organik bileşiklerdir. Yakıtların yanması sonucunda oluşan bu kirlenmeler, bireysel bileşiklerin karışımı şeklinde bulunurlar. Bu bileşikler atmosfer, su, toprak, sigara dumanı ve gıdalarda kararlı bir yapıya sahiptir (8, 12, 15, 28).

## 2. Doğal Kaynakları

PAH'ların doğal kaynakları endüstriyel işlemler (alüminyum ve kömürü üretimi, gaz haline gelmiş maden kömürü ve demir-çelik tesisleri), fosil yakıtları, orman yangınları, dizel ve mazot motorlu araçların egzozu ve sigara dumanıdır. Ayrıca, etlerin açık ateş veya alevde kızartılması (döner, ızgara, mangal kömüründe grilleme gibi), etlerin dumanlanması, kahvenin kurutulması sırasında da oluşurlar. Su ve tarım ürünleri de PAH içerebilir. Bunların kaynağını havadan çöken ve su sistemlerine karışan PAH'lar oluşturur. Limanlardaki PAH'ların ana kaynağı ise fabrikaların atık sularını denize boşaltmaları, gemilerden akaryakıt dökülmesi ve fabrikalarda geniş kullanım alanı bulan kömürdür (11, 15, 20, 23, 24).

Diyette bulunan yağlar PAH'ların kaynağını oluşturur. Bitkisel yağlardaki (hindistancevizi yağı gibi) ana kirlenme kaynakları bitkinin hava ile temas etmesi, bitkiyi saflaştırmadan önce duman ile kurutma işlemi sırasında sıcak hava oluşturmak için alev kullanılması ve saflaştırma çözümü ile bulaşmasıdır. Bitkilerin kirlenme kaynakları olan atmosferik temas, toprak ve endojen biyosentez içinde en önemlisi atmosferik maruz kalmadır (19, 22, 28).

Mineral yağ kalıntıları ile temas diğer bir bulaşma yoludur. Yağlı tohumları, mineral yağ ile muamele edilen elyaf torbalarda depolama ve taşıma PAH'ların gıdaya geçmesine neden olur (19).

## 3. Fiziksel Özellikleri

PAH'lar yüksek moleküler ağırlığa ve düşük uçuculuğa ve buhar basıncına sahiptir. Moleküler ağırlığı en düşük olan 116 Da ile inden, en fazla olan ise 302 Da ile dibenzopiren'dir.



Uçuculuk özelliği kaynaşmış halka sayısının artmasıyla azalmaktadır (8, 14, 20, 26).

PAH'ların bir kısmı renksizdir ya da renkleri solgun sarı ve parlak sarıdır. Çoğu PAH bileşiğinin ergime noktası 200°C'nin altındadır. Bu bileşikler asetik asit, benzen, aseton, toluen, ksilen, 1,4-dioksan, mineral yağ, zeytin yağı ve sikloheksanda çözünebilirler. Ancak, dietiler ve petrol eterde çözünmezler. PAH'ların suda çözünürlüğü düşüktür. Suda çözünme özelliğinin azalması sahip olunan benzen halka sayısının artmasıyla ilgilidir (2, 10, 14).

## 4. Kimyasal Özellikleri

PAH'lar iç içe geçmiş çeşitli benzen halkalarını kapsayan düz, köşeli ya da gruplanmış moleküler yapıya sahiptir. PAH'lar kararlı bir yapıya sahiptir, fakat, ışık ve mikroorganizmalar yapılarını bozabilir. PAH'ların iyonlaşan ve foksiyone grupları yoktur Hidrojenlenme gibi tepkimeler biyolojik etkinlikte azalmaya sebep olur. Bu bileşiklerin biyolojik etkinliğinde elektron yerleşimi de önemli rol oynar. PAH'lar sülfat-



lanma, nitritlenme, fotooksidasyon gibi kimyasal tepkimeler ile daha zehirli bileşiklere dönüşürler. Az miktardaki nitrik asit bazı PAH bileşiklerini nitro-PAH'lara dönüştürebilir (7, 13, 14, 18, 20, 21).

### 5. Sınıflandırılması

PAH'lar sahip oldukları aromatik halka sayısına göre sınıflandırılırlar. İki halkaya sahip olanlar naftalen (NaP); üç halkaya sahip olanlar fluoren (Flu), fenantren (PHT), antrasen (Ant); dört halkaya sahip olanlar fluoranthren (FL), piren (Pyr), benzo[*a*]antrasen (BaA), krisen (CHR); beş halkaya sahip olanlar benzo[*e*]piren (BeP), benzo[*k*]fluoranthren (BkF), benzo[*a*]piren (BaP); altı halkaya sahip olanlar inden [1,2,3-*cd*] piren (IND), dibenzoantrasen (DBA), benzo[*b*]krisen (BbC) ve benzo[*ghi*]perilen (BghiP); yedi halkaya sahip olanlar koronen (COR)'dir (11, 24).

### 6. Oluşumları

Çevresel kirlenmeler olan PAH'lar ve metil türevleri kömür, odun, petrol, çöp ya da organik maddelerin yüksek sıcaklıklarda iyi yanmaması sonucunda oluşurlar. Orman yangınları, volkanik patlamalar gibi doğal; otomobil egzosu, sigara dumanı, ev ısınması, gıda tütüleme gibi insana bağlı faktörler sonucu da oluşurlar (1, 9, 17).

Gıdalarda PAH oluşumunun üç (yağın yanması, fosil yakıtları ile gıdaların teması, tütüleme) ana kaynağı vardır. PAH'lar ya et ürünündeki yağın sıcak mangal kömürü üzerine düşmesi sonucu yanması ya da petrol ürünleri veya kömür katranı ürünler ile gıda maddelerinin teması sonucu oluşurlar (16).

Tütüleme için kayın, ceviz, meşe, çam ağacı, köknar ve şeker imalathanesinin artık maddelerinden olan şeker kamışının yanması ile duman oluşturulur. Duman, en az 100 PAH bileşiği ve bunların alkilenmiş türevlerini içerir. 650-700°C'de oluşan duman, ürüne aroma vermeye yarayan



bileşikler bakımından çok zengindir. Duman karışımı ana olarak fenoller, aldehitler, ketonlar, organik asitler, alkoller, esterler, hidrokarbonlar, çeşitli heterosiklik bileşikler gibi gaz formundaki maddeler ve katran, reçine, kül, is gibi uçucu olmayan partiküler maddelerden oluşur. PAH oluşumunu etkileyen en önemli faktör duman oluşumu sırasındaki sıcaklıktır. Yanma sırasında dumanda oluşan PAH miktarı duman sıcaklığının 400-1000°C arasında olmasıyla doğrusal olarak artar (10, 24, 26).

PAH'ların miktarı ve yayılması tütüleme metoduna göre değişir. Tütüleme sırasında bu bileşikler ürünün dış tabakasına %60-75 oranında yerleşir. Tütülenmiş ürünün merkezine yayılma ışık ve oksijenden korundukları ortamda depolama sırasında olur. Tütülenmiş ürünlerde en yüksek

Çizelge 1. İnsanlar için potansiyel genotoksik ve karsinojenik PAH'lar.

Benzo[ <i>a</i> ]antrasen	Benzo[ <i>b</i> ]piren	Dibenzo[ <i>ah</i> ]piren
Benzo[ <i>b</i> ]fluoranthren	Krisen	Dibenzo[ <i>ai</i> ]piren
Benzo[ <i>j</i> ]fluoranthren	Siklopenta[ <i>cd</i> ]piren	Dibenzo[ <i>a</i> ]piren
Benzo[ <i>k</i> ]fluoranthren	Dibenzo[ <i>ah</i> ]antrasen	İndeno[1,2,3- <i>cd</i> ]piren
Benzo[ <i>ghi</i> ]perilen	Dibenzo[ <i>ae</i> ]piren	5-metilkrisen



Çizelge 2. Türkiye'de çeşitli besinlerde bulunmasına izin verilen benzo[a]piren miktarları.

Gıda maddesi	Maksimum limit (µg/kg yaş ağırlık)
Katı ve sıvı yağlar (kakao yağları hariç) (doğrudan tüketime sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan)	2
Tütsülenmiş et ve tütsülenmiş et ürünleri	5
Balık eti	2
Tütsülenmişler hariç <sup>(6)</sup> kafadan bacaklılar ve kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların ( <i>Nephropidae</i> ve <i>Palinuridae</i> ) baş ve göğüs etleri hariç)	5
Çift kabuklu yumuşakçalar	10
Bebek ve küçük çocuk ek gıdaları	1
Bebek formülleri ve devam formülleri (bebek sütleri ve devam sütleri dahil)	1
Bebekler için özel tıbbi amaçlı diyet gıdalar	1

PAH yoğunluğu dumanlamanın bitmesinden hemen sonra oluşur; sonra hafif ayrışma ve varolan bileşikler ile etkileşim sebebiyle azalır (13, 24).

### 7. Toksikokinetik

İnsanlar sağlık tehlikesi oluşturan PAH'lara kirli hava, egzoz ve sigara dumanının solunması; tütsülenmiş gıda maddelerinin ve kirlenmiş suyun tüketilmesi; kurum, katran ve kirlenmiş toprakla deri teması, PAH'larla bulaşık su ile banyo yapmakla maruz kalırlar. Bu bileşikler mide-bağırsak sisteminden basit geçişle emilirler. Kan dolaşımına geçtikten sonra birkaç dakika içinde vücudun her tarafına yayılırlar. Karaciğerde fazla miktarda bulunan aril hidrokarbon hidroksilaz ile etkinleşirler, proteinler ve nükleik asitler ile kovalent eklentiler oluştururlar. DNA eklentileri hücrede mutasyona ve tümöre neden olur. Hidroksillenmiş türevleri safra, idrar ve dışkı ile vücuttan atılır. Ayrıca, süte ve plasentaya da geçerler (1, 3, 10, 17, 24, 27).

### 8. Canlılara Etkileri

PAH'lar sıvısal ve hücresele bağırsıklığı baskılayarak bağırsıklık sistemini etkilerler. Fazla miktarda maruz kalınması lenfoid hücrelerde apoptoza neden olur (5, 25).

Benzo[a]piren'e uzun dönem maruz kalma, insanlarda deri lekeleri, güneş ışığına duyarlılık, göz tahrişi ve katarakta neden olur. Akciğer kanser oranında artış görülür. Fötusun gelişmesini de etkilerler. Hamilelik döneminde PAH'lara maruz kalan bireylerin bebeklerinde doğum ağırlığı düşer. So-

lunum ile fazla miktarda benzo[a]piren'e kısa dönem maruz kalma, alyuvarlarda hasar, anemi ve bağırsıklık sisteminde baskılanmaya neden olur (3).

### 9. Karsinojenite

PAH'lar karsinojen bileşiklerdir. Bu etkileri sebebiyle Avrupa Birliği ve EPA'nın önemli kirleticiler listesinde yer alırlar. İnsanların PAH karışımlarına maruz kalması, bu bileşiklere tek tek maruz kalmadan daha önemlidir. Gıdalarda bulunan toplam PAH'lar, benzo[a]piren'in tek başına bulunmasından yaklaşık 10 kat daha karsinojeniktir (11, 12, 24). Çizelge 1'de insanlar için potansiyel genotoksik ve karsinojenik PAH'lar gösterilmiştir (26).

### 10. Yasal Limitleri

Türkiye'de çeşitli besinlerde bulunmasına izin verilen benzo[a]piren miktarları Çizelge 2'de gösterilmiştir (4).

Çeşitli ülkelerde gıda maddelerinde PAH kalıntıları için benzeri düzenlemeler vardır (19, 24, 28).

### 11. Gıdalardaki Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Düzeyleri

Gıdalarda yapılan analizlerde çoğunlukla bulunan PAH'lar şunlardır: Fluoranthen, piren, naftalen, asenafilen, asenaften, fenantren, antrasen, benzo[b]nafto[2,1-d]tiofen, benzo[ghi]fluoranthen, siklopental[cd]piren, benz[a]antrasen, krisen, trifenilen, benzo[b]fluoranthen,

# Sizin kadar ÖNEMSIYORUZ



● **PESTDOLL-S**  
Liyofilize PPR Aşısı

● **ENTDOLL**  
Bivalan Enterotoksemi Aşısı

● **TETRANDOLL**  
Kombine Enterotoksemi, Enfeksiyöz  
Nekrotik Hepatit ve Yanıkara Aşısı

● **POXDOLL**  
Liyofilize Koyun - Keçi Çiçek Aşısı

● **TAYLEDOLL**  
Theileria Annulata Aşısı

● **BOTUDOLL**  
Botulismus Aşısı

● **LAXYDOLL**  
Liyofilize Agalaksi Aşısı

● **CAPRIDOLL**  
Liyofilize Keçi Ciğer Ağrısı Aşısı

HAYVAN SAĞLIĞINDA  
DOĞRU SEÇİM



**Dollvet**

Dollvet Veteriner Aşı İlaç Biyolojik  
Madde Üretimi Sanayi ve Tic. A.Ş.  
Tel : +90 414 369 11 33  
Fax : +90 414 369 16 62  
Organize Sanayi Bölgesi 8.Cad.  
Şanlıurfa / Turkey  
www.dollvet.com.tr • dollvet@dollvet.com.tr



benzo[*j*]fluoranthen, benzo[*k*]fluoranthen, benzo[*e*]piren, benzo[*a*]piren, inden[1,2,3-*cd*]piren, dibenz[*a,h*]antrasen, dibenz[*a,j*]antrasen, benzo[*ghi*]perilen, anthantren, koro- nen, perilen (22).

**Çizelge 3. Bitkisel ürünlerde (tahıllar/hububatlar, meyveler ve sebzeler) bulunan benzo[*a*]piren miktarı.**

Gıda tipi	ng/g ya da ppb	Porsiyon büyüklüğü (g)
Buğday özü	0,31	160
Mısır unu	0,17	160
Kepek	0,03	28
Yulaf ezmesi	0,18	160
Pirinç	0,12	131
Elma/armut	0,10	138
Muz	0,16	119
Portakal	0,16	145
Havuç	0,15	75
Karnabahar	0,12	90
Çilek (donmuş)	0,01	120
Greyfurt	0,02	185
Lahana	0,47	90
Şeftali/kayısı kompostosu	0,17	100
Ispanak	0,10	41
Bal kabağı	0,18	123
Tatlı patates	0,17	100
Domates	0,19	121

11.1. Pişmemiş Gıdalarda Bulunan Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar

#### 11.1.1. Bitkisel Gıdalar

PAH'lar tozların çökmesi ile yapraklı sebzeleri ve meyveleri kirletirler. Kirilenmenin ana kaynağı bitkilerin büyümesi sırasında hava ile temas edecek geniş yüzeye sahip olmaları ve bu bileşikler içeren küçük hava taneciklerinin bitkiler üzerine çökmesidir. Kirlenme seviyesi bitkilerin yetiştiği yer ile ilgilidir. Yol kenarına yakın yerlerde ve endüstri alanlarında yetişen bitkiler hem PAH'lar hem de nitro-PAH'lar ile daha fazla kirlenirler (6, 22). Çizelge 3'de bitkisel ürünlerde (tahıllar/hububatlar, meyveler ve sebzeler) bulunan benzo[*a*]piren miktarı gösterilmiştir (16).

#### 11.1.2. Yağlar

Bitkisel yağlar diyetle alınan PAH'ların kaynağıdır. Sıvı

ve katı yağlardaki PAH'ların kaynağı ise margarinlerdir. Çizelge 4'de yağ ürünlerinde bulunan benzo[*a*]piren miktarı gösterilmiştir (16).

**Çizelge 4. Yağ ürünlerinde bulunan benzo[*a*]piren miktarı.**

Gıda tipi	ng/g ya da ppb	Porsiyon büyüklüğü (g)
Mısırozü yağı	0,00	15
Margarin	0,12	14
Mayonez	0,03	32
Fıstık ezmesi	0,00	18

#### 11.1.3. Süt Ürünleri

Süt ürünleri düşük miktarda PAH içerir. Bu nedenle margarin tereyağından, bitkisel yağ ile yapılan krema ürünleri kremadan daha yüksek seviyede PAH içerir (22). Çizelge 5'de süt ürünlerinde bulunan benzo[*a*]piren miktarı gösterilmiştir (16).

**Çizelge 5. Süt ürünlerinde bulunan benzo[*a*]piren miktarı.**

Gıda tipi	ng/g ya da ppb	Porsiyon büyüklüğü (g)
Süzme peynir	0,07	113
Kaymak	0,16	15
Mayonez	0,03	32
Süt	0,02	244

#### 11.1.4. Deniz Ürünleri

Balık ve omurgasız canlılarda benzo[*a*]piren oluşumu su kirliliğine bağlıdır. Balık, deniz kabukluları ve diğer deniz ürünleri, denizdeki petrol kirliliği sonucu suyla temas ederek kirlenebilir. Denize rıhtımdan sızan katran, suda bulunan fabrika ve şehir atıkları, yakıtların iyi yanmaması sonucu oluşan hava kirliliği diğer bulaşma kaynaklarıdır. Su canlısının büyüklüğü, büyüme hızı, sindirim ve solunum sistemi, zar geçirgenliği ve ozmoregülasyon canlının PAH bileşiklerine maruz kalmasını etkiler. Çevresel faktörler ise su sıcaklığı, oksijen miktarı, pH, tuzluluk oranı, mevsimsel farklar, bes-



lenme kalitesi ve strestir. (14, 16, 26). Çizelge 6'da çeşitli su canlılarında bulunan benzo[a]piren ve toplam PAH miktarı gösterilmiştir (14).

Çizelge 6. Çeşitli su canlılarında bulunan benzo[a]piren ve toplam PAH miktarı.

Su canlısı	BaP (ng/g)	Toplam PAH (ng/g)
Balık ( <i>Pseudopleuronectes americanus</i> )	7-21	14-315
Yumuşakçalar ( <i>Cardium edule</i> )	5-21	198-205
Deniz kabuklusu ( <i>Homarus americanus</i> )	0-25	129-367
Deniz süngeri ( <i>Halichondria panicea</i> )	8	769
Tek hücreli alg ( <i>Navicula phyllepta</i> )	25	454
Deniz yosunu ( <i>Fucus serratus</i> )	2-20	456-2964

## 11.2. İşlenmiş Gıdalarda Bulunan Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar

Füme balıklar fazla miktarda PAH içermesine rağmen, insanların bu bileşiklere maruz kalmasına tütsülenmiş et ve balık fazla katkıda bulunmaz. Çünkü bu grup gıdalar diyetten az bir kısmı oluşturur (26). Çizelge 7'de tütsülenmiş et ürünlerindeki benzo[a]piren miktarı gösterilmiştir (24).

Çizelge 7. Tütsülenmiş et ürünlerindeki benzo[a]piren miktarı.

Tütsülenmiş et ürünleri	BaP miktarı (µg/kg)	
	Minimum	Maksimum
Balık ve ürünleri	0,1	11,3
Domuz pastırması	0,2	56,5
Fazla tütsülenmiş jambon	0,03	>10
Koyun eti	0,1	5,6
Salam	0,1	9,5
Sosis	0,6	100

Yapılan bir çalışmada 6'sı kafeinli, 6'sı kafeinsiz olmak üzere 12 marketten alınan farklı ticari isimdeki hazır kahveler PAH miktarı yönünden incelenmiştir. 6 kahve örneğinin 3'ü doğal olarak kavrulmuş, diğer 3 örnek ise şeker ilave edilerek kavurulmuştur. Kafeinsiz örneklerin tümünde ve şekerle fazla kavurulmuş iki örnekte suda çözünmeyen PAH'lardan benzo[b]fluoranthen, benzo[k]fluoranthen, benzo[a]piren bulunmuştur. Bulunan düzeyler benzo[b]fluoranthen için 0,03-0,1 µg/kg, diğerleri için 0,01-0,04 µg/kg'dır (12).

## 11.3. Pişmiş Gıdalarda Bulunan Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar

Başta et olmak üzere, alev üzerinde pişirilen gıdalarda PAH'lar oluşur. Etlerde benzo[a]piren oluşumu pişirme metoduna, pişirme derecesine ve pişirme süresine bağlıdır. Mangal kömürü üzerinde pişme ile PAH oluşumu hem etin yağ oranıyla hem de etin ısı kaynağına yakınlığı ile ilgilidir. Izgara edilecek etlerdeki yağ oranı benzo[a]piren miktarını önemli şekilde etkiler; örneğin açık ateşte kızartılan yağlı etlerdeki PAH miktarı 40 µg/kg'a kadar çıkabilir; bunun 2,5 µg/kg'ını benzo[a]piren oluşturur. Aynı şekilde kızartılan



yağsız etlerdeki PAH miktarı 2,5-3 µg/kg dolayındadır; etteki yağ oranının düşmesi benzo[a]piren şekillenmesini ve miktarını azaltır. Ateşte yanarak kömür haline gelmiş gıdalar PAH içerirler; kavru lan ya da fırında kızartılan gıdalarda ise fazla miktarda PAH oluşmaz. (15, 16, 22). Çizelge 8'de sığı r eti, tavuk, deniz ürünleri, domuz eti ve restoran/fast food et ürünlerindeki benzo[a]piren miktarı gösterilmiştir (16).

Çizelge 8. Sığı r eti, tavuk, deniz ürünleri, domuz eti ve restoran/fast food et ürünlerindeki benzo[a]piren miktarı.

Ürün	Metod	Pişirme seviyesi	ng/g ya da ppb
Sığı r eti			
Hamburger	Grill/barbekü	Çok iyi	1,52
Biftek	Grill/barbekü	Çok iyi	4,86
Tavuk			
Derili ve kemikli tavuk	Grill/barbekü	İyi	4,57
Tüm tavuk	Yavaş ateşte pişirilmiş	Standart	0,01
Deniz ürünleri			
Levrek fletosu	Grill/barbekü	İyi	0,15
Füme balık			0,10
Domuz eti			
Pastırma	Tavada kızartılmış	İyi	0,2
Salam			0,01
Sucuk			0,02
Tütsülenmiş jambon			0,13
Hot dog	Tavada kızartılmış	Çok iyi	0,03
	Grill/barbekü	Çok iyi	0,05
Restoran/fast food et ürünleri			
Domuz pirzolası	Tütsülenmiş		0,16
Sosis (domuz)	Grill/barbekü	İyi	0,05
Tavuk göğsü	Derin kızartılmış		0,08
Balıklı sandviç	Derin kızartılmış		0,03

## 12. Sonuç ve Öneriler

PAH'lar, organik maddelerin iyi yanmaması sonucu oluşan son derece tehlikeli kirleticilerdir. Bu bileşikler çevresel kirlenme ve gıdaların işlenmesi sırasında uygulanan ısı işlemler ve teknolojik uygulamalara göre gıdalarda oluşurlar. PAH'ların en yaygın bulunduğu gıdalar tütsülenmiş ve grillenmiş etler, deniz ürünleri, sebzeler, tütsülenmiş hububatlar, bitkisel yağlar, süt ve süt ürünleridir. Bu gıdalardaki miktarları, endüstri ve trafiğe bağlı olarak şekillenen kirlilik sonucu artmaktadır.

Pişirme ve kızartma işlemlerinde değişiklik yapılması, pişirme sırasında ısı kaynağının et üzerinde tutulması, az yağlı etin kullanılması, etin düşük sıcaklıkta uzun süre pişirilmesi bu grup karsinogenlerin şekillenmesini ve maruz kalma- yı önemli ölçüde azaltır. Et ürünlerini tütsüleme işlemi sonucu oluşan benzo[a]piren miktarını azaltmak için dumanlama işlemi sırasında odunun yanma sıcaklığını 300-400°C'ye düşürmek, duman üretimini dumanlama yapılan kamaradan ayrı yapmak, dumanı soğutmak ve dumanın ürün içine işle- mesini önlemek için duman ile ürün arasına ayırıcı bir filtre konularak PAH oluşumu 10 kata kadar azaltılabilir.

### Kaynaklar

1. Anon,a. (2004). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). Erişim tarihi: 23.10.2004. Erişim adresi: [http://www.dhfs.state.wi.us/eh/ Chem FS/fs/PAH.htm](http://www.dhfs.state.wi.us/eh/ChemFS/fs/PAH.htm).
2. Anon,b. (2004). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, 15 Listings. Erişim tarihi: 23.10.2004. Erişim adresi: <http://ehp.niehs.nih.gov/roc/tenth/profiles/s150pah.pdf>.
3. Anon,c. (2004). Children's Health Environmental Coalition, Chemical Profile Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). Erişim tarihi: 23.10.2004. Erişim adresi: [http://www.chechnet.org/ healthehouse/chemicals/chemicals-detail-print.asp?Main\\_ID=395](http://www.chechnet.org/healthehouse/chemicals/chemicals-detail-print.asp?Main_ID=395).
4. Anon. (2008). Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ. Tebliğ No: 2008/26. T. C. Resmi Gazete, 17.05.2008 Tarih ve 26879 Sayı.
5. Burchiel, S.W., Luster, M.I. (2002). Signaling by Environmental Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Human Lymphocytes. *Clinical Immunology*. 98(1): 2-10.
6. Camargo, M.C.R., Toledo, M.C.F. (2002). Polycyclic aromatic hydrocarbons in Brazilian vegetables and fruits.



- Food Control. 14(1): 49-53.
7. Chen, J., Chen, S. (2004). Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons by low density polyethylene from liquid model and roasted meat. *Food Chemistry*. 90(3): 461-9.
  8. Chen, B., Xuan, X., Zhu, L., Wang, J., Gao, Y., Yang, K., Shen, X., Lou, B. (2004). Distributions of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface waters, sediments and soils of Hangzhou City, China. *Water Research*. 38(16): 3558-68.
  9. Conde, F.J., Ayala, J.H., Afonso, A.M., Gonzalez, V. (2004). Optimization of sampling method to determine polycyclic aromatic hydrocarbons in smoke from incomplete biomass combustion. *Analytica Chimica Acta*. 524(1-2): 287-94.
  10. Erol, İ. (1996). Çevre Bilimi ve Veteriner Hekimliği Ders Notları. A.Ü. Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara. s: 39-47.
  11. Fang, G.C., Chang, C.N., Wu, Y.S., Cheng Fu, P.P., Yang, I.L., Chen, M.H. (2004). Characterization, identification of ambient air and road dust polycyclic aromatic hydrocarbons in central Taiwan, Taichung. *Science of The Total Environment*. 327(1-3): 135-46.
  12. Garcia-Falcon, M.S., Cancho-Garnde, B., Simal-Gandara, J. (2004). Minimal clean-up and rapid determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in instant coffee. *Food Chemistry*. 90(4): 643-7.
  13. Girard, J.P. (1992). Smoking, Alınmıştır: Technology of meat and meat products. Ellis Horwood Limited., England. s: 184-201.
  14. Juhasz, A.L., Naidu, R. (2000). Bioremediation of high molecular weight polycyclic aromatic hydrocarbons: a review of the microbial degradation of benzo[a]pyrene. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 45(1-2): 57-88.
  15. Kaya, S. (2002). Gıdaların pişirilmesi, işlenmesi, saklanması sırasında oluşan zehirli/zararlı maddeler. *Türk Veteriner Hekimleri Birliği Dergisi*. 2(3-4): 50-1.
  16. Kazerouni, N., Sinha, R., Han-Hsu, C., Greenberg, A., Rothman, N. (2001). Analysis of 200 food items for benzo[a]pyrene and estimation of its intake in an epidemiologic study. *Food and Chemical Toxicology*. 39(5): 423-36.
  17. Kishikawa, N., Wada, M., Kuroda, N., Akiyama, S., Kakashima, K. (2003). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in milk samples by high performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Journal of Chromatography B*. 789(2): 257-64.
  18. Marce, R.M., Borrul, F. (2000). Solid-phase extraction of polycyclic aromatic compounds. *Journal of Chromatography A*. 885(1-2): 273-90.
  19. Moret, S., Conte, L.S. (2000). Polycyclic aromatic hydrocarbons in edible fats and oils: occurrence and analytical methods. *Journal of Chromatography A*. 882(1-2): 245-53.
  20. Ou, S., Zheng, J., Richardson, B.J., Lam, P.K.S. (2004). Petroleum hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbons in the surficial sediments of Xiamen Harbour and Yuan Dan Lake, China. *Chemosphere*. 56(2): 107-12.
  21. Pamuk, Ş. (2003). Gıda Kaynaklı Karsinojenler. A.Ü. Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı Semineri, Ankara.
  22. Phillips, D.H. (1999). Polycyclic aromatic hydrocarbons in the diet. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 443(1-2): 139-47.
  23. Pufulete, M., Battershill, J., Boobis, A., Fielder, R. (2004). Approaches to carcinogenic risk assessment for polycyclic aromatic hydrocarbons: a UK perspective. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 40(1): 54-66.
  24. Simko, P. (2002). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavouring food additives. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*. 770(1-2): 3-18.
  25. Steinhart, C.E., Doyle, M.E., Cochrane, B.A. (1996). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). In: *Food Safety*. Marcel Dekker Inc., New York. s: 256-7.
  26. Stolyhwo, A., Sikorski, Z.E. (2004). Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish-a critical review. *Food Chemistry*. 91(2): 303-11.
  27. Vyskocil, A., Fiala, Z., Chenier, V., Krajak, L., Ettlerova, E., Bukac, J., Viau, C., Emminger, S. (2000). Assessment of multipathway exposure of small children to PAH. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 8(2): 111-8.
  28. Yusty, M.A.L., Davina, J.L.C. (2004). Supercritical fluid extraction and high-performance liquid chromatography-fluorescence detection method for polycyclic aromatic hydrocarbons investigation in vegetable oil. *Food Control*. 16(1): 59-64.