



DUMANLANMIŞ SU ÜRÜNLERİ VE POLİSİKLIK AROMATİK HİDROKARBONLAR (PAH's)

Zafer CEYLAN*

Gülgün F.ÜNAL ŞENGÖR**

ÖZET

Su ürünlerinde ortaya çıkan karsinojenik PAH bileşikleri, ya balığın yaşadığı ortamdaki kimyasal kirlilikler ya da hatalı ısıl işlem uygulamaları ile balık et dokusunda ya da farklı organlarında birikim yaparak tüketici sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Balıkların yüksek sıcaklıkta dumanlanması, ya da barbeküde pişirme neticesinde, karsinojenik PAH bileşikleri balığın derisine nüfus edebilmektedir. Karsinojenik PAH bileşiklerinin ortaya çıkışı balıklara uygulanan füme teknolojisindeki olumsuz koşullara bağlıdır. Bu koşullar, odunun yüksek sıcaklıkta pirolizi, alevle balık arasındaki mesafenin yakınlığı, sıcaklık kontrolünün yapılamaması olarak sıralanabilmektedir. Füme teknolojisi uygulamalarında harici duman jeneratörü, duman filtresi ve reçinesiz ağaç kullanımı ile bu olumsuz koşullar kontrol altına alınabilmektedir. Ayrıca, dumanlanmış balık derisinin balık etinden uzaklaştırılması da bir diğer bir önlemdir. Bu önlemler sayesinde dumanlanmış balıktaki toplam PAH konsantrasyonu kontrol edilebilmektedir.

Türkiye’de dumanlanmış balık tüketimi diğer Avrupa ülkelerinden daha azdır. Ancak, dumanlanmış balık tadının tüketiciler tarafından keşfedilmesi ile tüketimi her geçen gün giderek artış göstermektedir. Kontrollü şartlarda balıkların füme edilmesi, endüstriyel atıkların ve akvatik ortamdaki kirliliğin kontrolü ile karsinojenik PAH bileşenlerinin su ürünlerinde birikimi önlenecek ve böylece sağlıklı su ürünleri tüketimi mümkün olabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Füme balık, karsinojenik polisiklik aromatik hidrokarbon bileşikleri, kimyasal kirlilik

SMOKED SEAFOOD AND POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAH's)

ABSTRACT

Carcinogenic PAH compounds which may occur in the seafood either due to the chemical pollution in the habitat of the fish or wrong heat treatment may deposit in the flesh or in other organs of the fish may negatively affect the health of consumers. As a result of smoking at extreme temperatures or barbecuing carcinogenic PAH compounds may penetrate in the skin of the fish.

Carcinogenic PAH compounds arise due to the unfavorable conditions during smoking of the fish. These can be listed as pyrolysis of the wood at extreme temperatures, short distance between the flame and fish and uncontrolled temperature. These unfavorable conditions can be taken under control with using an external smoke generator, smoke filter and using hard woods like oak, horn beech during smoking. Also removing the skin of the smoked fish from the flesh is another precaution. Hence the total PAH concentration can be controlled in the smoked fish.

The consumption of smoked fish in Turkey is less compared to European countries. However the consumption increases continuously as more consumers taste smoked fish. Limitations to the industrial waste and taking under control the aquatic pollution and smoking under controlled conditions will eliminate the deposit of carcinogenic PAH compounds in seafood and will enable consumption of healthy seafood.

Key words : Smoked fish, carcinogenic PAH compounds, chemical pollution.

*Araş. Gör. İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi-İSTANBUL

zceylan@istanbul.edu.tr

** Doç. Dr. İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi-İSTANBUL

sengor@istanbul.edu.tr

1. PAH' LAR VE ETKİ MEKANİZMALARI

Gıdaların tüketilebilirliğini, çevre koşullarında ve işleme sırasında ortaya çıkan biyolojik, fiziksel ve kimyasal tehlikelerin varlığı belirlemektedir. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar bu gruplardan kimyasal tehlikeler sınıfında bulunmakta olup, bu bileşikler, endüstriyel üretim yapılan bölgelerdeki kirli havadaki bileşenlerin bitkisel ürünler üzerindeki birikmesi neticesinde tahıl, sebze ve meyvelerde de bulunabilmektedir. Diğer yandan kavurma, dumanlama ve ızgarada pişirme gibi gıdaya uygulanan ısıl işlemler, ürününde PAH oluşumuna neden olabilmektedir. Gıdanın direkt alevle teması durumunda PAH miktarı daha da yükselmektedir. Ayrıca insanların yaşadıkları alanlardan uzak topraklarda dahi bitkilerin çürümeleri sonucunda bazı PAH bileşiklerinin oluştuğu belirlenmiştir (Karaali, 2003). Başak ve Şengör, (2006)'a göre; Polisiklik aromatik hidrokarbon bileşiklerinin muhtemel kaynakları arasında odun materyalinin pirolizi, likit duman aromaları, kontamine olmuş toprak, kirli hava ve su, gıda işleme, pişirme yöntemleri belirtilmektedir.

Dumanlama vasıtasıyla gıdalarda ortaya çıkan polisiklik aromatik hidrokarbonların yüksek kanserojen aktivitelerinden dolayı oldukça ciddi problemlere neden olduğu, bu nedenle dumanlama işleminin elverişli koşullar altında uygulanması gerektiği bildirilmektedir. Füme balığın güvenliğinin en çok kanserojen PAH bileşiklerinden olan benzo(a)pyrene'in ölçümü ile kontrol edilebildiği ifade edilmektedir (Başak ve Şengör, 2006). PAH bileşiklerinin esas kaynağı endüstriyel prosesler (alüminyum üretimi, kömür gazlaştırma, kok üretimi, demir ve çelik maden işlemesi), araç emisyonları, fosil yakıtlar, kok ve odun gibi organik materyallerin eksik yanması ve evsel yakıt tüketimidir. Diğer kaynakları orman yangınları, açık tarımsal alan yangınları, volkanik patlamalar, asfalt yapımı, ağaç işleme ve karbonizasyon gibi proseslerdir. Sigara dumanı da kişisel maruz kalmalar için önemli bir kaynaktır (Aydın ve ark., 2007).

Polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) bileşikleri; sucul ortama fosil yakıtların dökülmesi ve sızıntısı, evsel-endüstriyel atıkların ve kanalizasyon sularının deşarjı, atmosferik partiküllerin çökmesi, araç egzozlarının yoğunlaşması, asfalt yol yüzeyinin aşınımı ve süzülmesi gibi nedenlerle girebilmektedir. Böylelikle PAH bileşikleri kirlenmiş nehir sularında yüksek konsantrasyonlarda bulunabilmektedir. Bu sebeple kirlenmiş nehirlerin mansaplandığı deniz ortamlarında da PAH bileşiklerine rastlamak mümkündür (Kurnaz ve Büyükgüngör, 2007). Balık ve deniz omurgasızları doğal olarak çevreden farklı PAH' ların küçük miktarlarını absorbe edebilmektedir. Deniz suyuna dökülen petrol atıkları, tamamlanmamış yanma sonucu ortaya çıkan atmosferik kirlilikler, endüstriyel ve kırsal atıklar nedeniyle deniz suyu PAH bileşikleri ile kontamine olmaktadır.

Balık kasındaki PAH düzeyinin bivalvelerin doku ve karaciğerinden daha düşük seviyelerde olduğu bildirilmiştir (Stolyhwo ve Sikorski, 2005). Düşük moleküler ağırlıklı PAH bileşikleri genellikle balık dokularında yüksek konsantrasyonlarda mevcuttur. Yüksek moleküler ağırlıklı PAH bileşikleri, yüksek yanma sıcaklığında üretilmekte ve bu bileşiklerin çoğunluğu karsinojenik ve mutajenik bileşiklerdir (Deb ve ark., 2000). Avrupa Birliği Gıda Bilim Komitesi; benz[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene, benzo[j]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, benzo[a]- pyrene, benzo[g,h,i]perylene, chrysene, cyclopenta[c,d]pyrene, dibenz[a,h]anthracene, dibenzo[a,e]pyrene, dibenzo[a,h]pyrene, dibenzo[a,i]pyrene, dibenzo[a,l]pyrene, indeno[1,2,3-cd]pyrene and 5-methylchrysene. benzo[g,h,i]perylene olan 15 PAH türünün kanserojen etki yarattığını belirtmiştir (Wretling ve ark., 2010).

Meydana gelebilecek olası PAH kontaminasyonu sonucunda balıkların üreme özellikleri üzerine olumsuz etki oluşturacağı Nicolas (1999), tarafından belirtilirken Reynaud ve Deschaux (2005), PAH bileşiklerinin balıkların bağışıklık sistemi üzerinde olumsuz etki yaratabileceğini bildirmişlerdir.

2. AKUATİK ORTAMDAKİ PAH BİLEŞİKLERİ

Akuatik ortamdaki PAH bileşiklerine, atmosferdeki tozlar, petrol tankeri kazaları sonrasında suya karışan petrol kirlilikleri, endüstriyel kuruluşların ve evsel atıkların suya deşarjları, endüstriyel ve kentsel katı atıklar, orman yangınları, volkanik patlamalar, içten yanmalı motorların egzoz gazları sebep olabilmektedir. Canlıdaki PAH düzeyinin yaşadığı akuatik ortamdaki PAH düzeyinden fazla olduğu bildirilmektedir.

Samsun ilinde Kızılırmak nehrinin Karadeniz ile birleştiği noktadan alınan su örnekleri ve *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerin PAH düzeylerinin belirlenmesi üzerine yürütülen bir araştırmada; midye ör-

neklerindeki PAH konsantrasyonun su örneklerine nazaran çok daha yüksek olduğu saptanmıştır. Su ve midye örneklerinde saptanan en yüksek toplam PAH konsantrasyonu Mart 2002 tarihinde alınan su örneği için 14.175 ppb ve midye örneği için 431.863 ppb olarak tespit edilmiştir (Kurnaz ve Büyüküngör, 2007).

Marmara Denizinin en kirli alanlarından biri olan Gemlik Körfezinde ise; özellikle doğu ve güneydeki yakın-kıyı alanlarında yüksek değerler gözlemlenmiştir. Bunun temel kaynaklarının, nehir girdileri, gemicilik ve liman faaliyetleri, yerel ve endüstriyel fabrika atığı deşarjları, hızlı ekoturizm ve atmosferik girdiler olarak belirtilmiştir. Körfezin orta ve kuzey kesimlerindeki PAH bileşenlerinin karakteristik dağılımları daha farklı bulunmuştur. Körfez ortası kesimlerde fluoranthene ve pyrene baskın iken; kuzey sahile yakın sahalarda perylene, benzo[ghi]perylene ve indeno[1,2,3-cd]pyrene'nin daha baskın olduğu tespit edilmiştir (Ünlü ve Alpar, 2006).

3. DUMANLANMIŞ BALIK VE PAH İÇERİĞİ

Su ürünleri, çabuk bozulabilen bir besin maddesi olup, kısa raf ömürleri sebebiyle çeşitli teknolojik yöntemler kullanılarak raf ömürlerinin uzatılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu teknolojik işlemlerden birisi tütsüleme teknolojisidir. Tütsüleme işlemi komplike işlemleri bünyesinde toplayan bir tekniktir. Kullanılan odun materyali, piroliz sıcaklığı, fırın içi nemlilik dikkate alınmalıdır (Ünal ve Çelik, 1995). Bu teknolojinin su ürünlerine uygulanışı sırasında ortaya çıkan tütsü içeriğindeki bileşiklerin gıda ile teması sonucunda bu bileşikler ürüne has lezzet, antimikrobiyal etki ve renk katmaktadır (Ertaş, 1998).

Dumanlama günümüzde en yaygın gıda koruma ve balık işleme yöntemlerinden biridir. Avrupa da balık tüketen insanların % 15'i soğuk ya da sıcak dumanlanmış ürünleri tercih etmektedir. Duman, yanan odundan ya da fırın içerisinde yanan talaştan üretilerek balık filetoları da bu oluşan dumana maruz bırakılmaktadır. Dumanlama prosesindeki; üretim şartları ve duman konsantrasyonu ürünün duysal kalitesini ve raf ömrünü etkilemesinin yanı sıra insan sağlığı üzerinde de etkili olabilmektedir (Stolyhwo ve Sikorski, 2005). Modern fırınlarda üretilen dumanlanmış balıkların geleneksel yöntemlerle üretilen dumanlanmış balıklardan PAH içeriği bakımından daha düşük değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir (Karl ve Leinemann, 1996).

Dumanlama prosesinin ürüne kattığı olumlu özelliklerinin yanı sıra dünya genelinde çeşitli yöntemlerle dumanlanmış su ürünlerinde ve özellikle yaygın olarak dumanlanan salmon ve alabalık için polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) önemli bir sorun teşkil etmektedir. Yurchenko ve Mölder (2004), tarafından yapılan çalışmada Estonya marketlerinden satın alınan dumanlanmış balık örneklerinde PAH düzeyleri incelenmiştir. Soğuk dumanlanmış balık örneklerindeki PAH düzeyi sıcak dumanlanmış balık örneklerinden elde edilen PAH değerlerinden çok daha düşük bulunmuştur.

İsveç'te yapılan bir araştırmada dumanlanmış balığın PAH değerleri incelenmiştir. Buna göre; iki tip dumanlama uygulaması yapılmıştır. Bunlardan biri geleneksel dumanlama yöntemi olan ve ürünü direkt dumana maruz bırakma şeklinde olmuştur. Diğeri ise; harici dumanlama jeneratörü ile gerçekleştirilmiştir. Direkt dumanlamaya maruz bırakılan balık etlerindeki PAH değerleri 6.6- 36.9 ng/kg ölçülmüş olup ki bu değer 5.0 ng/kg olan maksimum limitin bir hayli üzerinde bulunmuştur. Harici dumanlama yapılan balık etindeki PAH konsantrasyonu ise; 8.4 ile 14.4 ng/kg arasında değişim göstermiştir (Wretling ve ark., 2010).

Tütsülenmiş balık eti, tütsülenmiş su ürünleri ve tütsülenmiş kabuklularda (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların (Nephropidae ve Palinuridae) baş ve göğüs etleri hariç) maksimum limit 5 µg/kg benzo(a)pyren yaş ağırlığa kadar Türk Gıda Kodeksinde izin verilmektedir (Anon, 2008). Avrupa topluluğunca da fume balıklardaki maksimum izin verilebilir benzo (a) piren değeri 5 µg/kg olarak kabul edilmiş olup, (Varlet ve ark., 2007) Almanyada 1973 den bu yana benzo (a) pyren için limit değer 1µg/kg⁻¹ olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 1. Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerindeki Benzo(a)piren Maksimum Limit Değerleri (Anon, 2008).

Gıda Katkı Maddesi	Maksimum limit (µg/kg)
7.1. Benzo(a)piren ⁽¹⁾	
7.1.1. Katı ve sıvı yağlar (kakao yağları hariç) (doğrudan tüketime sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan)	2,0
7.1.2. Tütsülenmiş et ve tütsülenmiş et ürünleri	5,0
7.1.3. Tütsülenmiş balık eti, tütsülenmiş su ürünleri ⁽²⁾⁽³⁾ ve tütsülenmiş kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların (<i>Nephropidae</i> ve <i>Palinuridae</i>) baş ve göğüs etleri hariç)	5,0
7.1.4. Balık eti ⁽²⁾⁽⁴⁾	2,0
7.1.5. Tütsülenmişler hariç ⁽⁵⁾ 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)	5,0
7.1.6. Çift kabuklu yumuşakçalar	10,0
7.1.7. Bebek ve küçük çocuk ek gıdaları	1,0
7.1.8. Bebek formülleri ve devam formülleri (bebek sütleri ve devam sütleri dahil)	1,0
7.1.9. Bebekler için özel tıbbi amaçlı diyet gıdalar	1,0

(1) Çizelgede maksimum limit olarak belirtilen benzo(a)piren, kanserojenik PAH oluşumunda ve etkisinde bir marker olarak kullanılır. (2) Balık, bütün halde tüketiliyorsa maksimum limit bütün haldeki balığa uygulanır. (3) Aşağıda Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) belirtilen gıda maddelerine uygulanır. (4) Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) belirtilen gıda maddelerine (balık karaciğeri hariç) uygulanır. (5) Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) belirtilen gıda maddelerine uygulanır.

Bu değerler göz önüne alındığında PAH değerlerinin dumanlanmış su ürünlerinde maksimum sınırların üzerinde olduğu açıktır.

İtalya'daki marketlerde ticari olarak satışa sunulan dumanlanmış tuna, kılıç ve atlantik salomonun fileto larındaki PAH düzeyleri incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre; bu üç balık türünde sırasıyla acenaphthene 4.4, 6.2, 11.2 ng g-1, phenanthrene 11.5, 18.5, 8.9 ng g-1 anthracene 2.4, 5.2, 1.8 ng g-1, fluranthene 17.0, 9.4, 4.7 ng g-1, benzo(k)fluranthene 0.3, 0.1, 0.2 ng g-1 ve benzo(a)pyrene 1.3, 0.1, 0.4 ng g-1 tespit edilmiştir (Visciano ve ark., 2006).

Larsson (1982), tarafından yürütülen bir araştırmada, ticari olarak dumanlanmış balıklardan 46 adet örnek alınmış, örneklerin 19 adetinde BaP (benzoapiren) 1 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Ancak dış filtre uygulandığında BaP seviyeleri 1 µg/kg dan az bulunmuştur. Ayrıca; ev yapımı tuğlalardan yapılan dumanlama fırınında dumanlanmış balıklarda BaP düzeyi 1.100 µg/kg ve total PAH seviyesi ise 11.3 µg/kg ile en yüksek değere ulaştığı tespit edilmiştir. Danimarka'da elektrikli fırınlarda dumanlanmış uskumru balığının toplam PAH düzeyi 22 µg/kg, direkt olarak dumanlanmış ringa balığında ki PAH düzeyi 1387 µg/kg olarak bulunmuştur. Dumanlama yöntemine göre balık etinde bulunabilecek PAH miktarını etkileyebildiği bilinmektedir. BaP açısından incelenen tüm örneklerde ise 5 µg/kg olarak belirlenen maksimum seviyenin altında tespit edilmiştir.

Danimarka'da yapılan çalışmada kullanılan ağaç tiplerinin dumanlama prosesinde PAH seviyelerini etkilediği bildirilmiştir. Bunun yanı sıra dumanlama işleminde kullanılan ağacın nem içeriği, yanma süresi boyunca ulaştığı sıcaklık, yanma odasındaki oksijen konsantrasyonu gibi faktörler ile kullanılan ağaç türünün PAH düzeyini etkiledikleri belirtilmiştir (Duedahl-Olesen ve ark., 2006).

Phillips (1999), mısır gevrekleri ve sebzelerde bulunan PAH bileşiklerinin, etteki PAH düzeyine göre daha düşük oranda var olduğu, bununla birlikte açık ateş üzerinde pişirilen et ürünlerinde bu oranın sebze ve mısır gevreklerinde bulunan PAH oranından daha fazla olduğunu tespit etmiştir.

400 °C'nin altında yapılan dumanlama işleminin 400-1000 °C aralığında yapılan işleme göre daha düşük oranda PAH bileşiklerini içerdiği, dumanlama süresi ve ürünün yağ içeriği arttıkça, ateşe olan mesafesi azaldıkça PAH bileşiklerinin arttığı belirtilmiştir (Ayaz ve Yurttagül, 2008). Dumanlama işleminin düşük sıcaklıkla uygulanması durumunda PAH bileşiklerinin insan sağlığına olan olumsuz etkilerinin azaltıldığını ve takılan dış

filtre ile PAH bileşiklerinin ürünlere kontamine olma riskini azalttığı Köse (2010), tarafından bildirilmektedir.

Nijerya da dumanlanmış ya da ızgara yapılarak tüketilen balık ve etlerin PAH düzeyleri incelenmiştir. Dumanlanan ya da ızgara yapılarak pişirilen balık ya da et ürünlerinde; karsinojenik polisiklik aromatik hidrokarbonların yüksek düzeyde bulunduğunu tespit etmişlerdir (Akpambang ve ark., 2009). Kızartma, ızgara, haşlama ve kavurma olmak üzere dört farklı pişirme tekniği uygulanan sardalya, berlam ve tuna balıklarındaki PAH düzeyleri incelenmiş ve berlam balığı hariç kızartılmış balıktaki PAH düzeyinin diğer pişirme yöntemlerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiş, berlam balığındaki en yüksek PAH değerine ise kavurma prosesi uygulanmış balıkta tespit edildiği bildirilmiştir (Perelló ve ark., 2009). Odun materyalinin yüksek sıcaklıklarda yanması neticesinde mutajenik ve kanserojenik etkisi yüksek olan kimyasal bileşiklerin ortaya çıkması kaçınılmaz olmaktadır.

Likit dumanlama uygulanmış salmon balığının PAH seviyesi düşük bulunurken, likit duman aroma maddesi olarak kullanıldığında benzo(a)piren değerinin yasal sınırın üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Varlet ve ark., 2007).

Alçiçek ve ark. (2010) tarafından, likit tütsüleme yöntemi ile sıvı dumana daldırılan balık filetolarının farklı lezzet, aroma ve tekstürde bir ürün elde edilirken; diğer dumanlama yöntemlerine göre PAH bileşiklerinden daha çok arındırılması sebebiyle daha güvenilir bir ürün elde edilebildiği bildirilmektedir. Varlet ve ark. (2007) göre; odun talaşının yanmasıyla yüksek konsantrasyonda düşük moleküllü PAH bileşikleri, sıvı duman kullanılması durumunda düşük konsantrasyonda düşük moleküllü PAH bileşikleri ortaya çıkmaktadır. Djinovic ve ark. (2008), PAH bileşenlerinin dumanlama işlemi boyunca arttığını buna karşın etteki derinin varlığının PAH bileşiklerinin doku içlerine kadar ilerlemesini engellediğini bildirmişlerdir. Bu sebeple dumanlanmış balık ürünleri tüketilmeden önce derisi tamamen ya da kısmen soyulmalıdır (Leinemann ve Karl, 1996). Ova ve Onaran (1998), geleneksel yöntem ile tütsülen balıklardaki derinin PAH kontaminasyonunu engelleyen önemli bir bariyer olduğunu, derideki PAH düzeyinin balığın yenilebilir kısımlardaki PAH düzeylerinden daha yüksek düzeyde olduğu bildirilmektedir. Suchanova ve ark. (2008), dumanlanmış peynirlerdeki PAH düzeylerinin belirlenmesi ile ilgili yaptıkları çalışmada peynirlerin yüzey kısımlarının iç kısımlara oranla 3 ile 6 kat PAH miktarının fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Visciano ve ark. (2006), taze ve soğuk dumanlanmış atlantik salmonları üzerine yaptıkları çalışmada ise; fluorene, anthracene, fluoranthene, benz[a]anthracene, benzo[ghi]perylene bileşiklerinin taze ve dumanlanmış ürünler arasında önemli düzeylerde farklılık olduğu ancak acenaphthene, fluorene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene, benz[a]anthracene, chrysene, benzo[b]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, benzo[a]pyrene, ve benzo[ghi]perylene açısından önemli bir farklılık bulunmadığını bildirilmişlerdir. Yapılan modern dumanlama prosesleri ile PAH konsantrasyonunun önemli ölçüde azaldığını belirtmişlerdir.

Guillen ve ark. (2000), dumanlama işleminde sert ağaçların (meşe, kayın, kiraz ağacı) yumuşak ağaç tiplerine (kavak) göre dumanlanmış ürünlerdeki PAH seviyesinin daha düşük düzeylerde olmasına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Viskna ve ark. (2008), dumanlanma prosesinde kullanılan ağaç tipleri ile dumanlanmış etlerdeki PAH seviyeleri arasında ilişki olduğu, 10 ağaç türünde toplam PAH değerleri 47.94 µg/kg den 470.91 µg /kg arasında değerler bulunurken; elma ve kızılğaç kullanılarak yapılan dumanlanmış etteki PAH düzeyinin en küçük değeri gösterdiği, buna karşın alaçamda daha yüksek düzeylerde PAH düzeyinin tespit edildiği bildirilmiştir.

Yüksek yağ içeriğine sahip olan etlerin ızgara edilmesi sonucunda oluşan PAH içeriklerinin az yağlı ürünlere göre daha fazla olduğu; elektrikli fırın veya ızgaralarda PAH oluşumunun minimum düzeyde kaldığını, ayrıca PAH oluşumunun etin ateşe olan uzaklığı ile bağlantılı olduğu uzaklık arttıkça PAH yoğunluğunun azaldığı, uzaklık azaldıkça gıdadaki PAH seviyesinin arttığı bildirilmektedir (Ayaz ve Yurttagül, 2008).

Taze balığın toplam yağ içeriği, avlandığı mevsim ve PAH düzeyleri arasında önemli bir korelasyon bulunmaktadır (Ramalhosaa ve ark., 2012). Esumang ve ark. (2012), Gana'da dumanlanmış olarak satışa sunulan sardalya balıklarının yağ içeriği ile PAH seviyesi arasında önemli bir korelasyon olduğunu, yüksek sıcaklıkta yapılan dumanlama işleminin balıkta bulunan yağ asitlerinin pirolizine neden olup raf ömrünü artırırken, PAH bileşiklerinin oluşumuna neden olduğu, balıkta lipid konsantrasyonunun yoğun olduğu dönemde PAH riskinin daha fazla olduğu bildirilmektedir. Başak ve ark. (2010), tütsülenmiş salmon balığının toplam PAH düzeyinin tütsülenmiş alabalığın toplam PAH düzeyinden yüksek bulunduğunu, balıktaki yağ içeriğine bağlı olarak füme işlemi sonrasında toplam PAH bileşikleri arasında güçlü bir korelasyon olduğu bildirilmiştir.

4. SONUÇ

Ülkemizde füme su ürünleri tüketim alışkanlığına olan ilgi hala istenilen düzeyde olmayıp çoğunlukla farklı tatlara duyarlı, lezzeti keşfetmiş gurme kişiler tarafından tüketilmektedir. Gurmelerin bu ürünleri tüketim tercih sebebi füme balık etinin farklı aromatik koku ve lezzete sahip olmasından ileri gelmektedir. Günümüzde füme teknolojisinden yararlanarak çok çeşitli gıda maddeleri tütsülenerek tüketime sunulmaktadır. Ülkemizde ve dünyada peynir, balık, et, tavuk gibi gıdalar odun dumanının karakteristik duman aromasında tütsülenerek lezzetlendirilmekte ve sonrasında pazarlanmaktadır.

Tütsüleme teknolojisi bilinçli ve kontrollü uygulanmadığı durumda tüketilecek gıdada istenilmeyen bileşiklerin ortaya çıkması kaçınılmazdır. Bu bileşikler zamanla insan vücudunda birikim yaparak kanserojenik ve mutajenik etki gösterebileceği başta mide ve göğüs kanseri olmak üzere ciddi sağlık problemlerine sebep olabilmektedirler. İşte bu sebeple ülkemizde yaygın olarak uygulanan geleneksel tütsüleme tekniğinden vazgeçilerek; fırın sıcaklığı, duman aroması ve fırın içi nemliliğin kontrol edilebileceği, dumanın fırın dışında oluşturulduktan sonra filtre edilerek modern fırın içerisindeki gıda maddesine ulaştırılacağı sistemlerde füme teknolojisi uygulanmalıdır. Böylece zengin aromatik füme ürünlerin tüketimi sağlık açısından sorun yaratmayacağı gibi Avrupa ülkelerine benzer standart füme ürün üretimi mümkün olabilecektir. Özellikle dumanlama işlemi sırasında kullanılacak doğru ağaç türü ya da talaşın kullanımı ile PAH'ların gıdalarda bulunma olasılığı azalmış olacaktır. Ayrıca füme balık işleyen işletmelerin rutin olarak denetlenmesi, ürünlerin tüketime uygunluğunun periyodik olarak analiz edilmesi ile varsa gıdadaki olumsuz koşulların ortadan kaldırılması mümkün olabilecek ve böylece tüketici sağlığı koruma altına alınabilecektir.

5. KAYNAKLAR

- Anonim, 2008. Türk gıda kodeksi gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitleri hakkında tebliğ, 17 Mayıs 2008. Resmi Gazete, Sayı: 26879.
- Alçıçek, Z., 2010. Farklı oranlarda tuzlanarak sıcak tütsüleme ve sıvı tütsüleme teknikleri uygulanmış alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetoalarının vakum paketlenmiş ve buzdolabı koşullarında depolanmalarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, Ankara.
- Ayaz, A., Yurttagül, M., 2008. Besinlerdeki Toksik Öğeler I. Klasmat Matbaacılık Ankara.
- Aydın, M.E., Özcan, S., Tor, A., 2007. Kentsel Atmosfer Havasında PAH, PCB ve OCP Bileşiklerinin Ayırılması için Kolon Kromatografi Şartlarının Optimizasyonu, VII. Ulusal Kromatografi Kongresi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, 13-15 Haziran 2007, Kırıkkale.
- Başak, S., Şengör, G.F., 2006. Su Ürünlerinin Dumanlanması ve Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ile İlgili Yasal Düzenlemeler. Dünya Gıda Dergisi, Sayı:9,63-67.
- Başak, S., Şengör, G.F., Telli Karakoç, F. 2010. The Detection of Potential Carcinogenic PAH Using HPLC Procedure in Two Different Smoked Fish, Case Study. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 10: 351-355.
- Deb, S.C., Araki, T., Fukushima, T., 2000. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Fish Organs. Marine Pollution Bulletin, Volume 40, Issue 10, October, Pages 882-885.
- Djinovic, J., Popovic, A., Jira, W., 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in different types of smoked meat products from Serbia. Meat Science Volume 80, Issue 2, October, Pages 449-456.
- Duedahl-Olesen, L., White, S., Binderup, M.L., 2006. Polycyclic aromatic hydrocarbons [PAH] in Danish smoked fish and meat products. Polycycl. Aromat. Comp., 26, 163-184.
- Ertaş, A.H. 1998. Tütsünün Bilesimi. Gıda Teknolojisi, 23 (3): 177-185.
- Essumang, D.K., Dodoo, D.K., Adjei, J.K., 2012. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) contamination in smoke-cured fish products. Journal of Food Composition and Analysis, 27 128-138.
- Guillen, M.D., Sopelana, P., Partearroyo, M.A., 2000. Polycyclic aromatic hydrocarbons in liquid smoke flavorings obtained from different types of wood. Effect of storage in polyethylene flasks on their concentrations. J Agric Food Chem., 48:5083-5087.
- Karaali, A., 2003. Gıda İşletmelerinde HACCP uygulamaları ve denetimi. T.C. Sağlık Bakanlığı, Temel Sağlık Hizmetleri ve Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Hıfzısıhha Mektebi Müdürlüğü, Ankara.

- Karl, H., Leinemann, M., 1996. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fishery products from different smoking kilns. *Z Lebensm Forsch A.*, 202:458–464.
- Köse, S., 2010. Evaluation of Seafood Safety Health Hazards for Traditional Fish Products: Preventive Measures and Monitoring Issues. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10: 139-160.
- Kurnaz, S.Ü., Büyüküngör., H., 2007. Kızılırmak Deltası kıyı şeridinde su ve midye örneklerinde PAH kirliliğinin araştırılması. *İtü dergisi/e su kirlenmesi kontrolü*, Cilt:17, Sayı:2, 15-22 Temmuz.
- Larsson, B.K., 1982. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Smoked Fish. *Z Lebensm Unters Forsch*, 174: 101-107.
- Nicolas, J.M., 1999. Vitellogenesis in fish and the effects of polycyclic aromatic hydrocarbon contaminants, *Aquatic toxicology*, 45: 77-90.
- Ova, G., Onaran, S., 1998. Polycyclic aromatic hydrocarbons contamination in salmon-trout and eel smoked by two different methods. *Adv. Food Sci.*, 20(5/6): 168-172.
- Perelló, G., Martí-Cida, R., Castell, V., Llobet, J., José, M. L., 2009. Domingoa. Concentrations of polychlorinated biphenyls, hexachlorobenzene and polycyclic aromatic hydrocarbons in various foodstuffs before and after cooking. *Food and Chemical Toxicology*, 47 709–715.
- Phillips DH., 1999. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the diet. *Mut Res*, 443(1-2):139–47.
- Ramalhosa, M.J., Paíga, P., Morais, S., Ramos, S., Delerue-Matos, C., Oliveira, M.B.P.P., 2012. Polycyclic aromatic hydrocarbon levels in three pelagic fish species from Atlantic Ocean: Inter-specific and inter-season comparisons and assessment of potential public health risks. *Food and Chemical Toxicology*, 50 162–167.
- Reynaud, S., Deschaux, P., 2005. The effects of 3-methylcholanthrene on lymphocyte proliferation in the common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Toxicology*, Volume 211, 1 July, Pages 156–164.
- Stołyhwo, A., Sikorski, Z.E., 2005. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish – a critical review. *Food Chemistry*, 91: 303–311.
- Suchanova, M., Hajslov, J., Tomaniova, M., Kocourek, V., Babicka, L., 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked cheese. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88:1307–1317.
- Ünal, G.F., Çelik, U., 1995. Tütsüleme Teknolojisindeki Gelişmeler. *Ege Üniv. Su Ürünleri Dergisi*, Cilt: 12, Sayı: 3-4, Sayfa :395-407.
- Ünlü, S., Alpar, B., 2006. Distribution and Sources of Hydrocarbons in Surface Sediments of Gemlik Bay (Marmara Sea, Turkey), *Chemosphere*, 64, 764-777.
- Varlet, V., Serot, T., Monteau, F., Le Bizec, B., Prost, C., 2007. Determination of PAH profiles by GC-MS/MS in salmon processed by four cold-smoking techniques. *Food Additives and Contaminants*, 24(7): 744–757.
- Vikšna, I.S., Bartkevičs, V., Kukāre, A., Morozovs A., 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbons in meat smoked with different types of wood. *Food Chemistry*, Volume 110, Issue 3, 1 October, Pages 794–797.
- Visciano P, Perugini M, Amorena M, Ianieri A., 2006. Polycyclic aromatic hydrocarbons in fresh and cold-smoked Atlantic salmon fillets. *J. Food Prot.* 69:1134-1138. December, Pages 857–869.
- Wretling, S., Eriksson, A., Eskhult, G.A., Larsson, B., 2010. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Swedish smoked meat and fish. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23 264–272.
- Yurchenko, S., Mölder, U., 2004. The determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish by gas chromatography mass spectrometry with positive-ion chemical ionization. *Journal of Food Composition and Analysis*.