

FARKLI PİŞİRME YÖNTEMLERİNİN ET ve ET ÜRÜNLERİNDE POLİSİKLİK AROMATİK HİDROKARBON (PAH) OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ

Hatice Sena OLCAY, Cemalettin SARIÇOBAN
Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya

ÖZET

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar organik bileşiklerin tam yanmaması sonucu ortaya çıkan toksik, mutajenik ve karsinojenik etkiye sahip organik yapıdaki bileşiklerdir. Endüstriyel prosesler, tarım ilaçları, çöpler ve sigara dumanı gibi zararlı maddelerden çevreye yayılan bu kimyasallar hava, su, toprak ve gıdalara karışımlarından dolayı insan sağlığını tehdit etmektedirler. İnsanlar kirli havayı soluyarak ya da kirlenmiş su veya gıdayı

tüketerek bu maddelere maruz kalabildikleri gibi gıdaların uygun olmayan yöntemlerle işlenmesi ve pişirilmesi esnasında da yine bu maddeler açığa çıkıp vücuda alınabilmektedir. Bu derlemede PAH'ların oluşum mekanizması, et ve et ürünlerinde bulunuşu ve oluşumlarının azaltılması adına alınabilecek önlemler ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: polisiklik aromatik hidrokarbon, pişirme yöntemleri, et ve et ürünleri

THE EFFECT OF DIFFERENT COOKING METHODS ON THE FORMATION OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBON (PAH) IN MEAT AND MEAT PRODUCTS

ABSTRACT

Polycyclic aromatic hydrocarbons are compounds of organic structure having toxic, mutagenic and carcinogenic effects as a result of not burning organic compounds. These chemicals, which spread to the environment from harmful substances such as industrial processes, pesticides, garbage and cigarette smoke, threaten human health because they are mixed with air, water, soil and food. People can be exposed to these substances by breathing dirty air

or by consuming contaminated water or food, and these substances can be exposed to the body during the processing and cooking of foods with improper methods. In this review, the mechanism of formation of PAHs, the presence in meat and meat products and the measures that can be taken to reduce their formation are discussed.

Keywords: polycyclic aromatic hydrocarbon, cooking methods, meat and meat products

POLİSİKLİK AROMATİK HİDROKARBONLAR

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH); organik bileşiklerin tam yanmaması sonucu ortaya çıkan, iki ya da daha fazla aromatik halkanın birleşmesiyle meydana gelen, toksik, mutajenik ve karsinojenik etkiye sahip organik yapıdaki bileşiklerdir¹. PAH bileşikleri farklı çevresel ve antropojenik kaynaklardan oluşup salınmakta ve uzun süre çevrede kalıp birikmeleri sonucunda çevre kirliliğine neden olabilen ve biyolojik dengeyi bozabilen özelliklere sahiptirler^{2,3}. PAH'lar endüstriyel prosesler, araç emisyonları, tarım ilaçları, çöpler, sigara dumanı, fosil yakıtlar, evsel yakıt tüketiminin yanı sıra; volkanik patlamalar, yangınlar, asfalt üretimi, ağaç işleme ve karbonlaştırma gibi sebeplerden dolayı da oluşup çeşitli şekillerde hava, su, toprak ve gıdalara bulaştıklarından insan sağlığını tehdit etmektedirler^{4,5}.

PAH'lar hidrokarbonların yüksek sıcaklıklarda pirolizi sonucu oluşurlar ve yapılarında bulunan benzen halkalarına göre sınıflandırılırlar. Yapısında dörtten az benzen halkası bulunan PAH'lar hafif PAH, dört ve daha fazla benzen halkası bulunduranlar ise ağır PAH olarak tanımlanmaktadır³. PAH'lar güçlü hidrofobik özelliklerinden dolayı suda az çözünürler ki bu da tespit edilmelerini zorlaştırır. Bu nedenle tespit edilebilmeleri adına uygun ve doğru analitik yöntemler geliştirilmelidir⁶. Molekül ağırlıkları 216 g/mol'den daha düşük olan PAH'lar karsinojen özelliğe sahip değilken, daha büyük molekül ağırlığına sahip olanlar karsinojen özelliğe sahiptirler⁷. PAH'ların kanserle ilişkilendirilmesi Dr. Percivall Pott'un 1775 yılında baca temizliğinde çalışan işçilerin derilerindeki isten dolayı testis kanserine yakalandıklarını gözlemlemesiyle başlamıştır. Daha sonraları laboratuvar hayvanları ve insanlar üzerinde yapılan çalışmalar ile yağ, katran, is, duman gibi kimyasalların zengin PAH kaynağı olduğu ortaya konmuştur. Doğada yüzden fazla PAH olmasına rağmen Gıda Bilimleri Komitesi, Amerikan Araştırma Merkezi ve Avrupa Birliği'nin yaptığı araştırmalarda bunlardan 15 tanesinin mutogenetik/genotoksik ve karsinojen özellikte olduğunu kanıtlamıştır. Yüzlerce çeşit PAH

arasında en çok bilineni benzo[a]piren (BaP)'dir^{7,8}. Potansiyel PAH karsinojenlerine dair yapılan çalışmalarda; canlılarda bağışıklık sistemini baskılama, lenfoid hücrelerde apoptoz, deri lezyonları ve akciğer, pankreas gibi çeşitli kanser vakaları görülmüş olup; hayvan deneyi çalışmalarında ise farelerde dil, özofagus, akciğer ve midede tümörlere, ayrıca lösemiye de sebep olabileceği rapor edilmiştir^{9,10}. Polisiklik aromatik hidrokarbonlar ile ilgili yürütülen çalışmalar, birçok örnekte bu zararlı bileşenlerin bulunduğunu ortaya koymuştur. Bu örneklerden bazıları aşağıdaki gibidir:

- Toprakta,
- Bitkisel sıvı yağlar, margarinler ve tereyağında,
- Tütsülenmiş et ve balıkta,
- Buğday, çavdar, mercimek gibi tahıllarda,
- Puding gibi tatlılar ile bisküvilerde, keklerde ve bebek mamalarında,
- Sebzelerde,
- Kuyu (kaynak) suyu gibi içme suları ile deniz ve nehir suyunda,
- Sigara, odun ve kömür dumanında,
- Atmosferdeki toz ve partiküllerde,
- Petrol ve türevlerinde,
- Polietilen kaplarda,
- Taş kömürü katranında^{11,12,13,14}.

ET ve ET ÜRÜNLERİNDE PAH

Gıdaların PAH'lar ile bulaşması hava, toprak ve su gibi çevresel faktörlere bağlı olarak oluşabileceği gibi gıdaların işlenmesi ve pişirilmesi PAH'ların oluşmasının ana nedenleridir. Gıdaların direkt alevle teması durumunda PAH miktarı daha da artmaktadır⁴. Et ve et ürünleri, yaygın olarak diyetlerde yer alması gerektiği ve tüketilmeleri için ısı işleme ihtiyaç duyulmasından dolayı, vücuda PAH alınmasında etkin taşıyıcılardan biri olarak kabul edilmektedirler. PAH oluşumu üzerine; gıdanın çeşidi, yağ içeriği, uygulanan ısı işlem yöntemi, sıcaklık gibi faktörler etkili olabileceği gibi gıdalara

uygulanan ısı işlemin derecesi ve süresi, kullanılan yakıt tipi, ısı kaynağına olan yakınlık ve direkt temasta diğer etmenler olarak gösterilebilir¹⁶.

200 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda pişirilen gıdalarda yağın alev damlaması sonucu piroliz hadisesi meydana gelmekte ve doğal olarak PAH bileşenleri oluşmaktadır. Bu PAH bileşenleri uçuculukları sayesinde gıdalara kolaylıkla bulaşabilmektedirler¹⁷. Kömür alevinde pişirilen etlerde; etin içeriğindeki yağ miktarı, pişirme sıcaklığı ve süresine bağlı olarak PAH'lar oluşur, fakat oluşan miktarları değişiklik gösterebilmektedir. Etteki yağ miktarı arttıkça; pişirme sırasında daha çok yağ açıya çıkmakta ve alevle teması sonucunda daha çok PAH meydana gelmektedir. Bu noktada etin pişirilme tekniği, PAH oluşumu açısından farklılık meydana getirerek oldukça önemli bir hal almaktadır. Yatay konumda pişirilen ette yağın doğrudan ateş kaynağına damlaması sonucu oluşan PAH miktarı, dikey konumda pişirilene göre 10-30 kez daha fazladır. Yani kömür alevi etin altında değil de yanında olursa PAH oluşma riski azaltılmış olabilir. Aynı zamanda yukarıda da belirtildiği gibi et direkt odun alevine tutularak pişirilirse PAH oluşumu bu durumda artmaktadır. Bu yüzden mangal yaparken odun kullanılırsa, odunun kömürleşmesini bekleyerek, kor haline geldikten sonra etleri pişirmek daha sağlıklı bir yol olacaktır. Alev ile et arasındaki mesafe ise 15 cm olmalıdır¹⁸. Tüm bunlara karşılık elektrikli veya gazlı ısıtıcılarda etin haşlanması veya erimiş yağları yakalayan ve ateşle temasını engelleyen delikli bir tava içerisinde mangal kömürü üzerinde etin pişirilmesi gibi uygulamalarla ürünün alevden uzak tutulması sağlanarak PAH'ların oluşumu engellenebilmektedir. PAH miktarının ürünlerdeki yağ içeriğinin artması, ürünün ısı kaynağına yakın tutulması ve uzun süre ısıya maruz bırakılmasıyla arttığı tespit edilmiştir¹⁹.

El Badry, evde yaygın olarak kullanılan pişirme yöntemlerinin (mikrodalga fırın, haşlamadan sonra fırında kızartma, ev tipi gazlı ızgarada direkt ve indirekt kızartma) tavuk etlerinde PAH oluşumu üzerine etkileri ile bazı katkı maddelerinin (baharat karışımı, sarımsak ezmesi, sarımsak ezmesi-baharat karışımı, marinatlar) toplam ve karsinojenik PAH oluşum miktarları üzerine etkilerini araştırmıştır. Sonuç olarak, doğrudan gaz aleviyle pişirilen tavuk etlerinde PAH içeriğinin önemli ölçüde yüksek olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca baharat karışımı, sarımsak ezmesi, sarımsak ezmesi-baharat karışımı ve marinasyon işlemlerini pişirme prosesinden önce tavuk etlerine uygulamanın toplam ve karsinojenik PAH seviyelerini azalttığını bildirmiştir²⁰. Benzer şekilde Aydın, çalışmasında farklı et çeşitlerinde (dana, kuzu, tavuk ve hindi) pişirme esnasında oluşabilecek PAH içeriğini ve pişirme yöntemlerinden PAH oluşumunun nasıl etkilendiğini belirlemiştir. Çalışmada etlere haşlama, kızartma, fırında pişirme, elektrikli ızgara ile pişirme ve odun kömürü ile mangalda pişirme işlemleri uygulanmış ve oluşan PAH miktarları tespit edilmiştir. Sonuç olarak, PAH konsantrasyonu pişirme yöntemine göre değişmiş ve mangalda pişirilmiş tavuk etinin PAH içeriği en yüksek bulunup bunu hindi eti takip etmiştir²¹.

Farhadian ve ark., yaptıkları çalışmada dana, balık ve tavuk eti örneklerini kömür ateşinde, gaz alevinde ve fırında ızgara yöntemi ile pişirmiş ve örneklerdeki PAH içeriklerini karşılaştırmışlardır. 3 farklı pişirme yöntemi ile elde edilen örneklerin PAH içeriklerinin istatistiki olarak önemli ölçüde farklılık gösterdiklerini, en yüksek PAH içeriğinin kömür ateşinde pişirilen örneklerden geldiğini, bunu sırasıyla gaz alevinde ve fırında ızgara yönteminin izlediğini tespit etmişlerdir²². Yine Farhadian ve ark., ızgara etlerde marinasyon işleminin PAH oluşumu üzerine etkilerini araştırmışlardır. 7 farklı marinasyon işlemi uygulanan örnekler kömür ateşinde ızgara edilmişlerdir. Asidik marinasyon uygula-

nan örneklerde PAH oluşumunun istatistiki olarak önemli oranda azaldığını (%70) bildirmişlerdir. PAH azaltılmasında marinasyon süresinin istatistiki olarak önemli olmadığı sonucuna varmışlardır²³.

Aygün ve Kabadayı, kömür ateşinde kızartılmış ve çok kızartılmış koyun ve sığır eti örneklerinde BaP seviyelerini araştırmışlardır. Kızartılmış et örneklerini 6 dk, çok kızartılmış et örneklerini 8-9 dk süre ile kömür ateşinden 15 cm yukarıda olacak şekilde pişirmişlerdir. Koyun etlerinin kızartılması ve çok kızartılması sonucu oluşan BaP değerlerinin sırasıyla 43.8±1.80 µg/kg, 31.33±0.94 µg/kg; sığır etleri değerlerinin ise sırasıyla 62.60±3.72 µg/kg, 37.60±3.84 µg/kg olduğunu tespit etmişlerdir²⁴. Reinik ve ark., BaP ve diğer 11 PAH bileşenini analiz ettikleri çalışmalarında örneklerini 322 ticari olarak üretilen kür edilmiş et ürünlerinden ve 14 evde ızgara edilen etlerden oluşturmuşlardır. Evde etleri ızgara ederken geleneksel odun ateşinde ızgara ve disposable kömür ateşinde ızgara yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Disposable ızgaraların kullanıldığı örneklerdeki PAH konsantrasyonlarının geleneksel odun ateşinde ızgara edilen etlerdekinden 1,6 kat daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmalarında tütsülenmiş et ve jambon örneklerinde, tütsülenmiş sosislerde ve tütsülenmiş tavuk örneklerinde en yüksek PAH konsantrasyonunu tespit ettiklerini bildirmişlerdir²⁵.

Endüstriyel uygulamalarda en çok görülen PAH oluşumu tütsülenmiş ürünlerin üretiminde gözlemlenmektedir. Tütsülenmiş balık ve et gibi ürünlerin tütsülenmesinde kullanılan odun kaynakları, tütsüleme yöntemi, tütsüleme odasındaki ürünlerin pozisyonları PAH oluşumu ve oluşan PAH miktarlarını önemli ölçüde etkilemektedir^{26,27}. Tütsüleme prosesini gerçekleştirmek amacıyla kayın, ceviz, meşe, çam ağacı vb. yanması ile duman oluşturulur. Duman, en az 100 PAH bileşiği içerir. PAH oluşumunu etkileyen en önemli faktör duman oluşumu sırasındaki sıcaklıktır. Yanma sırasında dumanın oluşan PAH miktarı duman sıcaklığının 400-1000 °C arasında olmasıyla doğrusal olarak artar. 400 °C'nin altında yapılan tütsüleme işleminin 400-1000 °C aralığında yapılan işleme göre daha düşük oranda PAH bileşiklerini içerdiği, tütsüleme süresi ve ürünün yağ içeriği arttıkça ve ateşe olan mesafesi kısalıdıkça PAH bileşiklerinin sayısının arttığı belirlenmiştir²⁸. Tütsülemeye tavsiye edilen bir uygulama ise ürünlerin tütsülenmesinde sıvı tütsü kullanılmasıdır. Böylece PAH bileşiklerinin oluşumu önenebilmektedir⁷.

Jira, yaptığı çalışmada Almanya'da üretilen 113 tütsülenmiş et ürününde PAH miktarını analiz etmiştir. Analiz edilen örneklerde PAH mevcudiyetini pişirilmiş jambon, çiğ sosis, karaciğer sosisi, çiğ jambon, frankfurter tipi sosis olmak üzere az olandan çok olana doğru sıralamıştır²⁹. Wretling ve ark., İsveç'te üretilen tütsülenmiş et ve balıklarda PAH içeriklerinin yasal düzenlemelerle mukayeselerini gerçekleştirdikleri çalışmada 39 tütsülenmiş balık örneği ve 38 tütsülenmiş et örneğini kullanmışlardır. 9 tütsülenmiş et ve 6 tütsülenmiş balık örneklerinde maksimum seviye olan 5 µg/kg'ın üzerinde PAH bulunduğunu ve bu örneklerin üretiminde geleneksel tütsüleme yöntemlerinin kullanıldığını bildirmişlerdir. İndirekt teknikte, dışarıda bir tütsü jeneratörü kullanılarak üretilen örneklerde ise BaP seviyelerinin limitlerin altında olduğunu tespit etmişlerdir³⁰.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Gıdaların hazırlanma şekillerine göre üründe birçok reaksiyon gerçekleşmekte ve sonucunda yeni bileşikler açığa çıkmaktadır. Bu bileşiklerin bir kısmı üründe istenirken diğer bir kısım bileşikler ise ürünün tüketimini olumsuz yönde etkilemeleri veya sağlık üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı arzu edilmemektedir. Etlere uygulanacak olan pişirme yöntemi etin niteliklerine (kas yapısına, ihtiva ettiği su ve yağ oranına) göre değişiklik göstermektedir. Yağlı,

kas lifleri az ve yumuşak bir etin az ısıda, orta pişirme derecesinde, içindeki su oranını çok azaltmadan, kuru pişirme yöntemleri ile pişirilmesi önerilirken; daha sert ve su miktarı az etlerin sulu pişirme yöntemleri ile uzun süre ve kısık ateşte pişirilmeleri önerilmektedir. Etlere uygulanan kuru pişirme yöntemlerindeki hızlı ve yüksek ısı, etin yüzeyini pıhtılaştırarak etin suyunu kaybetmesini önlerken diğer taraftan ısı-zaman ilişkisine dikkat edilmemesi durumunda et kalitesi için önemli bir parametre olan bu et suyu kaybedilerek etin kuru ve lezzetsiz olmasına da yol açabilmektedir. Ayrıca uzun süre yüksek ısıya maruz bırakılan etlerde ise PAH gibi bileşiklerin oluşması ile et kalitesi olumsuz yönde etkilenmekte, özellikle direkt ateş ile temas halinde pişirilen etlerde yağların yanması ve etin dumanla teması sonucunda kanserojen içerikli kimyasal bileşiklerin ete bulaşma olasılıkları daha da artmaktadır. İnsan sağlığı için tehlikeli olan bu bileşiklerden uzak durmak için dikkate alınması gereken önerileri şu şekilde sıralayabiliriz:

- Pişirme yöntemleri yeni jenerasyon pişirme yöntemleri ile modifiye edilmeli ve gıdalar alev kaynağından daha uzağa yerleştirilerek yağların aleve damlaması engellenmelidir,
- Tavada veya ızgarada kızartma azaltılmalıdır,
- Haşlanmış ve buharda pişirilmiş et tüketimi artırılmalıdır,
- Orta derece veya iyi pişirilmiş et tüketilmeli, aşırı pişirmeden kaçınılmalıdır,
- Kızartılmış etler tüketilmeden önce dış tabakalarındaki kararmış/yanmış kısımlar uzaklaştırılmalıdır,
- Etin besin değerini korumak için yapılan mühürleme işlemi yüksek ısıda ve hızlıca yapılmalıdır,
- Etin hazırlanması sırasında antimikrobiyal ve/veya antioksidan özelliklerinden dolayı baharatların kullanımı tercih edilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Günç Ergönül P, Kaya D. 2015. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve Gıdalarda Önemi. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11(2), 143-153.
2. Demir İ, Demirbağ Z. 1999. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Biyolojik Olarak Parçalanması. Turkish Journal of Biology, 23, 293-302.
3. Alver E, Demirci A, Özçimder M. 2012. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve Sağlığa Etkileri. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3(1), 45-52.
4. Ceylan Z, Şengör F. 2015. Dumanlanmış Su Ürünleri ve Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH'S). Gıda ve Yem Bilimi – Teknoloji Dergisi, 15, 27-33.
5. Dayı B, Ardağ Akdoğan H, Akdoğan A. 2017. Nar Sosunda Kromatografik Yöntemlerle Bazı Aromatik Hidrokarbonların Analizi. Akademik Gıda, 15(3), 269-273.
6. Abdel-Shafy HI, Mansour MSM. 2016. A Review on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Source, Environmental Impact, Effect on Human Health and Remediation. Egyptian Journal of Petroleum, 25, 107-123.
7. Palamutoğlu R, Sariçoban C, Kasnak C. 2014. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) ve Et Ürünlerinde Oluşumu. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 9(3), 47-57.
8. Terzi G, Çelik TH. 2006. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Bazı Gıdalarda Bulunuşu ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. Gıda, 31(6), 295-301.
9. Keskin Fİ, Kaya S. 1999. Et ve Ürünlerinin Pişirilmesi Sırasında Oluşan Zararlı Maddeler: Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar. Türk Veteriner Hekimleri Birliği Dergisi, 8(3-4), 74-82.
10. Cross AJ, Sinha R. 2008. Meat Consumption and Cancer. International Encyclopedia of Public Health, 3, 272-281.
11. Kim IS, Ritchie L, Setford S, Taylor J, Allen M, Wilson G, Heywood Pahlavanpour B, Saini S. 2001. Quantitative Immunoassay for Determining Polyaromatic Hydrocarbons in Electrical Insulating Oils. Analytica Chimica Acta, 450, 13-25.

12. Gong Z, Wilke BM, Alef K, Li P. 2005. Influence of Soil Moisture on Sunflower Oil Extraction of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from a Manufactured Gas Plant Soil. Science of The Total Environment, 343, 51-59.
13. Anonymous. 1995. Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service, Atlanta, Georgia, U.S.
14. Quiroz R, Popp P, Urritia R, Bauer C, Araneda A, Treutler HC, Bara R. 2005. PAH Fluxes in The Laja Lake of South Central Chile Andes Over The Last 50 Years: Evidence from a Dated Sediment Core. Science of The Total Environment, 349, 150-160.
15. Yurttağul M, Ayaz A. 2008. Besinlerdeki Toksik Ögeler 2. Sağlık Bakanlığı Yayın No: 727 Ankara.
16. Alomirah H, Al-Zenki S, Al-Hooti S, Zaghoul S, Sawaya W, Ahmed N, Kannan K. 2011. Concentrations and Dietary Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) from Grilled and Smoked Foods. Food Control, 22, 2028-2035.
17. Lijinsky W, Ross AE. 1967. Production of Carcinogenic Polynuclear Hydrocarbons in Cooking of Food. Food and Cosmetics Toxicology, 5, 343-347.
18. Saint-Aubert B, Cooper JF, Astre C, Spiliotis J, Joyeux H. 1992. Evaluation of The Induction of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) by Cooking on Two Geometrically Different Types of Barbecue. J. Food Compos, Anal, 5, 257-263.
19. Anonymous. 2008. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. Scientific Opinion of The Panel on Contaminants in The Food Chain. The EFSA Journal, 724, 1-114.
20. El Badry N. 2010. Effect of Household Cooking Methods and Some Food Additives on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Formation in Chicken Meat. World Applied Sciences Journal, 9(9), 963-974.
21. Aydın ÖŞ, Şahan Y. 2018. Bazı Et Türlerinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Oluşumuna Farklı Pişirme Yöntemlerinin Etkisi. Akademik Gıda, 16(4), 387-394.
22. Farhadian A, Jinap S, Abas F, Sakar ZI. 2010. Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Grilled Meat. Food Control, 21, 606-610.
23. Farhadian A, Jinap S, Faridah A, Zaidul ISM. 2012. Effects of Marinating on The Formation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (benzo[a]pyrene, benzo[b]fluoranthene and fluoranthene) in Grilled Beef Meat. Food Control, 28, 420-425.
24. Aygün SF, Kabadayı F. 2005. Determination of Benzo[a]pyrene in Charcoal Grilled Meat Samples by HPLC with Fluorescence Detection. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 56(8), 581-585.
25. Reinik M, Tamme T, Roasto M, Juhkam K, Tenno T, Kius A. 2007. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Meat Products and Estimated PAH Intake by Children and General Population in Estonia. Food Additives and Contaminants, 24(4), 429-437.
26. Hitzel A, Pöhlmann M, Schwägele F, Speer K, Jira W. 2013. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) and Phenolic Substances in Meat Products Smoked with Different Types of Wood and Smoking Spices. Food Chemistry, 139, 955-962.
27. Olatunji OS, Fatoki OS, Opeolu BO, Ximba BJ. 2014. Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons [PAHs] in Processed Meat Products Using Gas Chromatography – Flame Ionization Detector. Food Chemistry, 156, 296-300.
28. 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.
29. Jira W. 2010. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in German Smoked Meat Products. European Food Research Technology, 230, 447-455.
30. Wretling S, Eriksson A, Eskhult GA, Larsson B. 2010. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Swedish Smoked Meat and Fish. Journal of Food Composition and Analysis, 23, 264-272.