

Türkiye piyasasında satışı sunulmuş olan bitkisel yağlar ve tereyağlarında polisiklik aromatik hidrokarbon miktarının tespit edilmesi

S. Sezer KIRALAN¹ İsra TOPTANCI²

¹ Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Balıkesir

² İstanbul İl Kontrol Laboratuvarı, İstanbul

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: sezerkiralan@balikesir.edu.tr

ORCID: 0000-0003-1522-064X

Makale Bilgisi/Article Info

Derim, 2019/36(2):177-182

doi: 10.16882/derim.2019.580858

Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 21.06.2019

Kabul Tarihi/Accepted: 02.10.2019



Öz

Bu çalışma, Türkiye piyasasında satışı sunulan tereyağları ve bitkisel yağların (zeytinyağı, palm yağı, ayçiçek yağı, badem yağı, fındık yağı ve kahve yağı) PAH4 (benz[a]antrasen, krisen, benzo[b]fluoranthene ve benzo[a]piren) miktarlarını belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada marketlerden temin edilen 15 adet bitkisel yağ ve tereyağı analiz edilmiştir. Analiz edilen bitkisel yağ örneklerinde en yüksek PAH4 miktarı ($20.76 \mu\text{g kg}^{-1}$) ayçiçek yağında tespit edilmiş olup, bunu sırasıyla zeytinyağı ($9.51 \mu\text{g kg}^{-1}$), palm yağı ($6.05 \mu\text{g kg}^{-1}$), kahve yağı ($5.25 \mu\text{g kg}^{-1}$) ve badem yağı ($1.95 \mu\text{g kg}^{-1}$) izlemiştir. Analiz edilen tereyağlarında PAH miktarı tespit edilmemiştir. Sonuç olarak, Türkiye piyasasında yer alan çeşitli bitkisel yağlarda farklı miktarlarda PAH4 bulunabilmektedir ve ayçiçek yağı dışındaki örneklerin PAH4 miktarları Türk Gıda Kodeksi limit değerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: PAH4; Tereyağı; Bitkisel yağ; Pazar araştırması

Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in butter and vegetable oils available in Turkish markets

Abstract

This study was conducted to determine the content of PAH4 (benz[a]anthracene, chrysene, benzo[b]fluoranthene and benzo[a]pyrene) in butters and vegetable oils (olive oil, palm oil, sunflower oil, almond oil, hazelnut oil and coffee oil) sold in Turkish local markets. A series of 15 vegetable oils and butters collected from markets were analyzed in the study. Among vegetable oils, sunflower oil presented highest amount of PAH4 ($20.76 \mu\text{g kg}^{-1}$) followed by olive oil ($9.51 \mu\text{g kg}^{-1}$), palm oil ($6.05 \mu\text{g kg}^{-1}$), coffee oil ($5.25 \mu\text{g kg}^{-1}$) and almond oil ($1.95 \mu\text{g kg}^{-1}$), respectively. PAH4 was not detected for butters among analysed samples. As a result, PAH4 can occur in various vegetable oils at different levels and PAH4 levels detected in all oil samples except sunflower oil were below the Turkish Food Codex.

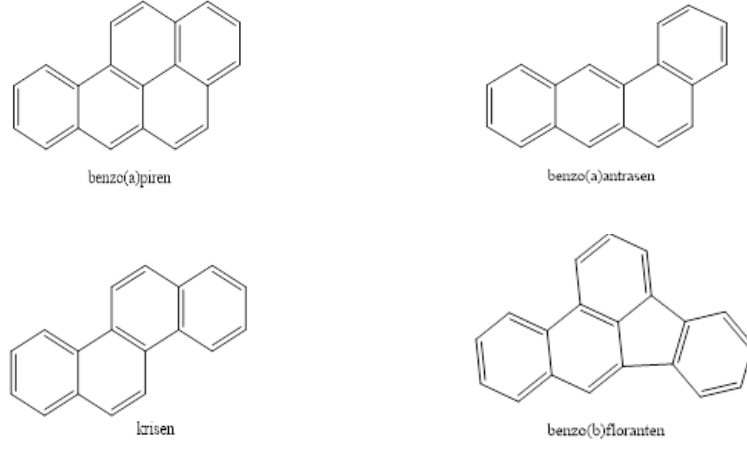
Keywords: PAH4; Butter; Vegetable oil; Market survey

1. Giriş

Polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) bileşikleri iki veya daha fazla benzen halkasının bir araya gelmesi sonucu oluşan organik yapıli toksik maddelerdir (Şekil 1). PAH'lar organik materyalin yanması sonucu oluşurlar. Bu bileşikler, orman yangınları, volkanik patlamalar (Martorell vd., 2010; Hu vd., 2014; Olsson vd., 2014; Petridis vd., 2014) petrol rafineleri, motorlu taşıtlar, asfalt üretimi, fosil yakıtlar (Jira, 2004) gibi doğal ve insan kaynaklı olarak çevrede bulunmaktadır. Yapılarında bulunan benzen halkasına bağlı olarak hafif PAH (dörtten az benzen halkası olanlar) ve ağır PAH (dört ve daha fazla benzen halkası olanlar)

olarak adlandırılırlar (Moret vd., 2005). Gıda maddeleri PAH bileşiklerinin insan vücuduna alınmasında en önemli unsurlardan bir tanesidir.

PAH bileşikleri endüstriyel üretim yapılan bölgelerde hava, su ve toprak yoluyla bitkisel ürünlere bulaşabilirler. Bu bileşikler gıdalarda çevresel bulaşmanın yanında kavurma, tüksüleme, izgara gibi ısıl işlemler sonucunda da oluşmaktadır (Jira, 2004; Viegas vd., 2014). Lipofilik özellikte olan PAH'lar bitkisel yağlarda yüksek miktarlarda bulunurlar. Bitkisel yağlarda PAH kontaminasyonu, tohumların toprak, su ve hava ile teması, yağ ekstraksiyonu sırasında kullanılan çözücü ile olurken, yağlı tohumların



Şekil 1. PAH4 (benz[a]antrasen, krisen, benzo[b]fluoranthene ve benzo[a]piren)'ün kimyasal yapıları

kurutulması sırasında uygulanan yüksek sıcaklık yağlarda PAH oluşumuna neden olmaktadır (Miao vd., 2013; Kıralan vd., 2017). Yağlar rafine (degumming, nötralizasyon, ağartma, deodorizasyon) edildiğinde PAH bileşiklerinin azaldığı yapılan çalışmalarda görülmektedir (Cejpek vd., 1998; Teixeira vd., 2007; Kıralan vd., 2019). Rafinasyonun ağartma aşamasında ağır PAH bileşikleri yağdan uzaklaştırılırken, deodorizasyon aşamasında hafif PAH bileşikleri yağdan uzaklaştırılmaktadır. Deodorizasyon işlemi sırasında yüksek sıcaklık derecelerine ulaşılmasına rağmen bu işlemin düşük basınç altında gerçekleşmesi PAH oluşumunu önlemektedir (Kıralan vd., 2019).

Doğada 100'ün üzerinde PAH bileşiğinin olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Gıda Bilimsel Komitesi (SFC, 2002) benzo(a)pirenin gıdalardaki PAH'ların kanserojenik etkisini belirlemede kullanılacağını belirtmişlerdir. Benzo(a)pirenin su ve gıda kaynaklarında bulunması gıdanın PAH ile bulaştığının göstergesi olarak kabul edilmektedir (Van Der Wielen vd., 2006). Ancak Avrupa gıda güvenliği birliği (EFSA) yaptıkları 1881/2006 sayılı düzenlemede sadece benzo(a)pirenin gıdalarda kanserojenik PAH varlığını belirlemede yetersiz olduğunu kabul ederek PAH4 (benzo(a)piren, benzo[a]antrasen, benzo[b]floranten, krisen) birleşiminin kullanılması gerektiğini ortaya koymuşlardır (EFSA, 2006). Yapılan bu düzenlemede PAH4 birleşiminin yağlarda toplam miktarının $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ 'in altında olması gerektiği kabul edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'nin katı ve sıvı yağlar

için belirlediği PAH4 (benzo(a)piren, benzo[a]antrasen, benzo[b]floranten, krisen) toplamının en yüksek limiti de aynı şekilde $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ olarak kabul edilmiştir (TGK, 2011). Bu çalışmada, Türkiye'de pazara sunulan farklı yağ guruplarının Türk Gıda Kodeksi tarafından önemli görülen PAH4 (benzo(a)piren, benzo[a]antrasen, benzo[b]floranten, krisen) toplamının yüzde olarak değişimi ve farklı yağların PAH4 içerikleri incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Araştırma materyali olarak kullanılan yağlar 2015 ve 2017 yılları arasında piyasadan temin edilmiştir. Zeytinyağı (Z1, Z2, Z3), palm yağı (P1, P2, P3), tereyağı (T1, T2, T3) ve ayçiçek (A1, A2, A3) yağlarının her biri için 3 farklı markada analizler gerçekleştirilmiştir. Kullanılan PAH standartları (asenaftelen, antrasen, benzo[a]antrasen, benzo[a]piren, benzo[b]floranten, benzo[k]floranten, benzo[g,h,i]perilen, dibenzo[a,h]antrasen, fenantren, floranten, floren, indeno[1,2,3-cd]piren, krisen, naftalin, piren) Dr. Ehrenstorfer GmbH (Augsburg, Germany) firmasından temin edilirken, PAH analizinde kullanılan tüm kimyasallar HPLC saflığındadır ve Sigma-Aldrich (St. Louis, Mo, ABD), firmasından temin edilmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. PAH tayini

PAH tayini Moret ve Conte (2002)'ye göre yapılmıştır. Yağ örneklerinden 0.25 g alınarak 10 mL hekzan ile homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır. Vakum manifoldunda şartlanan kartuşa 1 mL örnek yüklenmiştir. Kartuşa 70:30 (hacimsel) oranında n-hekzan:diklorometan çözeltisinden 6 mL ilave edilerek saniyede 1 damla akış hızında örnek biriktirilmiştir. Vakum manifolduna ait tüpte biriktirilen örnek çözelti karışımı azot gazı altında uçurulmuştur. Uçurulan kısım 1 mL asetonitrilde çözülerek HPLC'de floresans dedektör kullanılarak analiz edilmiştir (Çizelge 1).

Analizlerde kullanılan HPLC cihazı Agilent marka olup PAH analizleri Florasans dedektörde yapılmıştır. Çalışmada Zorbax Eclipse PAH (4.6x50mm 1.8-micron 600 bar) kolon kullanılmıştır. Çalışma dalga boyu 1 (yayınım: 260 nm; uyarım: 375 nm) ve dalga boyu 2 (yayınım: 260; uyarım: 460) olmak üzere belirlenen dalga boylarında gerçekleştirilmiştir. PAH analizleri iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar ortalama \pm standart sapma şeklinde ifade edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Farklı markalara ait zeytinyağı, palm yağı, ayçiçek yağı, tereyağı, badem yağı, fındık yağı ve kahve yağlarına ait toplam PAH4 miktarları ($\mu\text{g kg}^{-1}$) Çizelge 2'de verilmiştir. Katı ve sıvı yağlarda Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'nin açıklanan kabul edilebilir sınır değeri $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ olup ve sonuçlarımız bu değer dikkate alınarak değerlendirilmiştir (TGK, 2011).

Son yıllarda gıda güvenliğine artan ilgi PAH bileşikleri ile ilgili yapılan çalışmaların artmasını sağlamıştır. Yapılan bu çalışmalar yağ örneklerinde PAH miktarının değişen oranlarda olduğunu ortaya koymaktadır (Fromberg vd., 2007; Welling ve Kaandorp, 1986; Zhao vd., 2011). Zeytin yağlarında yaptığımız PAH4 analiz sonuçları incelendiğinde, bu

değerin $0-9.51 \mu\text{g kg}^{-1}$ aralığında değiştiği belirlenmiştir. Bu değerler Türk Gıda Kodeksinde yer alan PAH4 sınır miktarının altında olduğunu göstermektedir. Ergönül ve Sánchez (2013) Türkiye ve İspanya piyasasından temin ettikleri farklı zeytinyağı çeşitlerinin PAH miktarlarını incelemişlerdir. Türkiye'den temin edilen natürel sızma zeytin yağlarına ait PAH4 miktarları $0.95-1.37 \mu\text{g kg}^{-1}$ aralığında olduğunu tespit etmişlerdir ve elde edilen bu değerlerin limit değerlerin altında olduğu görülmektedir. Baloğlu ve Bayrak (2006), piyasadaki temin ettikleri naturel sızma zeytin yağlarına ait benzo(a)piren miktarının $0-0.87 \mu\text{g kg}^{-1}$ aralığında değiştiğini bildirmişlerdir ve bu değerlerin Türk Gıda Kodeksi tarafından benzo(a)piren için belirlenen limit değerinin altında olduğu bildirilmiştir.

Palm yağlarının PAH4 miktarları incelendiğinde, bu değerlerin $0-6.05 \mu\text{g kg}^{-1}$ aralığında değiştiği belirlenmiştir. Barranco vd. (2003) yaptıkları çalışmada palm yağına ait PAH4 miktarını $1.1 \mu\text{g kg}^{-1}$ olarak belirlemişlerdir. İncelenen palm yağlarına ait PAH4 miktarı belirlenen yasal limitin altında olduğu görülmüştür ve elde edilen sonuçların yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir.

Türkiye piyasasından temin ettiğimiz tereyağlarının PAH4 içeriğinin tespit edilemeyecek kadar düşük olduğu görülmüştür. Birçok ülkede tereyağlarının PAH içeriği incelenmiştir ve yaptığımız çalışma ile uyumlu olarak tereyağının PAH içeriğinin düşük olduğu görülmüştür (Hopia vd., 1986; Dennis vd., 1991; Alomirah vd., 2010). Alomirah vd. (2010) Kuveyt piyasasından topladıkları farklı yağ örneklerinin PAH içeriklerini incelemişlerdir ve tereyağlarına ait PAH içeriklerinin yasal limitlerin altında olduğunu bildirmişlerdir. Bitkisel yağların PAH içeriğinin tereyağına göre yüksek olması, yağ elde edilen yağlı tohumların ve yağlı meyvelerin yağ çıkarma işleminden önce yüksek sıcaklıkta kurutulmalarından kaynaklanmaktadır (Miao vd., 2013; Kıralan vd., 2017).

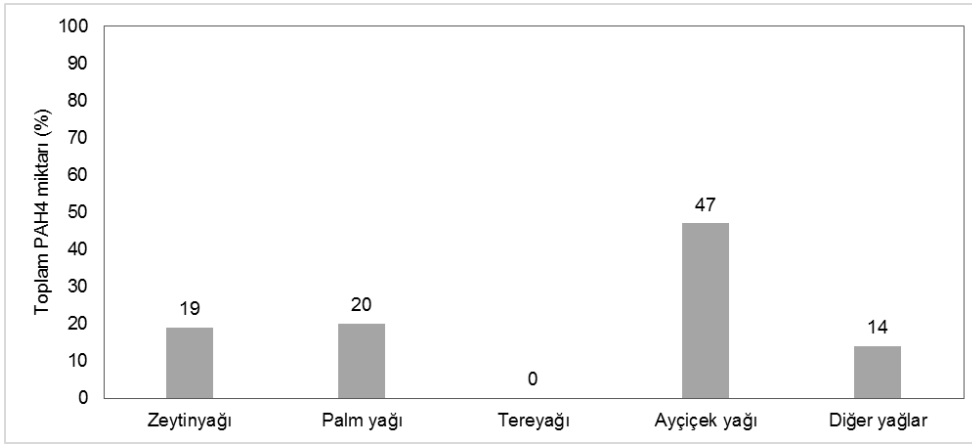
Çizelge 1. PAH analizi için kullanılan elüsyon programı

Zaman (dak)	Asetonitril (%)	Su (%)
0	60	40
3	60	40
14	90	10
26	100	0
28	60	40
30	60	40
34	60	40

Çizelge 2. Yağların PAH4 (benz[a]antrasen, krisen, benzo[b]fluoranthene, benzo[a]piren) miktarları ($\mu\text{g kg}^{-1}$)

Yağ grubu	Örnek ismi	PAH4 miktarı ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Zeytinyağı	Z1	9.51±0.05
	Z2	TE*
	Z3	TE
Palm yağı	P1	TE
	P2	6.05±0.07
	P3	4.33±0.11
Tereyağı	T1	TE
	T2	TE
	T3	TE
Ayçiçek yağı	A1	3.72±0.05
	A2	20.76±0.16
	A3	TE
Diğer yağlar	B	1.95±0.05
	F	TE
	K	5.25±0.13

*tespit edilememiştir; (Zeytinyağı: Z; Palm yağı: P; Tereyağı: T; Ayçiçek yağı: A; Badem yağı: B; Fındık yağı: F; Kahve yağı: K)



Şekil 2. Analiz edilen her bir yağ grubu için PAH içeren örnek oranı (%)

Türkiye’de sıklıkla tüketilen yağlardan bir tanesi olan ayçiçek yağının PAH4 içeriğinin 0-20.76 $\mu\text{g kg}^{-1}$ olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlardan bir tanesi yasal limitin üzerinde belirlenirken, diğer iki sonuç yasal limitlerin altında olduğunu göstermektedir. Elde edilen bu sonuç ayçiçek yağının PAH4 miktarının yapılan çalışmalar ile uyumlu olduğunu göstermektedir (Fromberg vd., 2007; Welling ve Kaandorp, 1986; Teixeira vd., 2007). Welling ve Kaandorp (1986) yaptıkları çalışmada Alman marketlerinden temin ettikleri ayçiçek yağlarının PAH içeriklerini incelemişlerdir ve bu örneklerin PAH4 miktarının 1.7-8.3 $\mu\text{g kg}^{-1}$ aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.

Fındık, badem ve kahve yağlarına ait PAH4 miktarı sırasıyla 0, 1.95 ve 5.25 $\mu\text{g kg}^{-1}$ olarak bulunmuştur ve elde edilen sonuçların Türk Gıda Kodeksinde belirlenen limit değerlerin altında olduğu görülmektedir. Çalışma yapılan fındık yağı örneklerinde PAH4 miktarı tespit

edilememiştir. Ancak Şekeroğlu vd. (2006) Gaziantep ili piyasasına ait marketlerden temin ettikleri fındık yağlarında 1.18-4.82 $\mu\text{g kg}^{-1}$ arasında değişen değerlerde benzo[a]piren bileşiğine rastlamışlardır. Badem ve kahve gibi yağlı tohumların yağları çıkarılmadan önce kavurma işlemine tabi tutulmaktadır. Yapılan çalışmalar, kavurma ve kurutma sırasında uygulanan yüksek sıcaklığın yağlarda PAH bileşiklerinin oluşmasına neden olduğunu göstermektedir (Kıralan vd., 2017; Potočnik vd., 2017).

Farklı yağ gruplarının PAH4 dağılımı (%) Şekil 2’de verilmiştir. Yağlar, zeytinyağı, palm yağı, tereyağı, ayçiçek yağı ve diğer yağlar olarak 5 gruba ayrılmıştır. Ayçiçek yağının toplam yağlar içerisinde içerdiği PAH4 oranı %47 ile en yüksek değeri almıştır. Palm ve diğer yağlar (fındık, badem ve kahve yağı) gruplarının PAH4 oranı %20 ve %14 olarak belirlenmiştir. Zeytinyağı grubunda bu oran %19

olarak belirlenmiştir. Tereyağlarında yapılan PAH analizlerinde PAH4 bileşikleri tespit edilememiştir ve bu gruba ait PAH4 oranı %0 olarak bulunmuştur ve bu sonuç tereyağı örneklerinin analiz edilen diğer yağlar içerisinde en düşük PAH4 (%) grubu olduğunu göstermektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, Türkiye piyasasında satışı sunulmuş olan bitkisel yağlar ve tereyağlarının toplam PAH4 miktarları araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen veriler farklı yağ gruplarının PAH4 içeriklerinin değişiklik gösterdiğini ortaya çıkarmıştır. Ayçiçeği yağı dışındaki diğer tüm yağ gruplarının PAH4 içeriğinin Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen yasal limitin altında olduğu bulunmuştur. Çeşitli yağ gruplarının PAH4 miktarları arasındaki bu farkın, yağlı tohumların ve yağ hammaddelerinin yağa işlenmeden önce ısıtılma işlemine bağlı PAH oluşumundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kaynakça

- Alomirah, H., Al-Zenki, S., Husain, A., Sawaya, W., Ahmed, N., Gevao, B., & Kannan, K. (2010). Benzo [a] pyrene and total polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) levels in vegetable oils and fats do not reflect the occurrence of the eight genotoxic PAHs. *Food Additives & Contaminants*, 27(6):869-878.
- Baloğlu, Z., & Bayrak, A. (2006). Polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH)'lardan benzo (A) pirenin sızma, riviera ve prina zeytinyağlarında belirlenmesi. *Gıda*, 31(5): 239-251.
- Barranco, A., Alonso-Salces, R.M., Bakkali, A., Berrueta, L.A., Gallo, B., Vicente, F., & Sarobe, M. (2003). Solid-phase clean-up in the liquid chromatographic determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in edible oils. *Journal of Chromatography A*, 988(1):33-40.
- Cejpek, K., Hajšlová, J., Kocourek, V., Tomaniova, M., & Cmolik, J. (1998). Changes in PAH levels during production of rapeseed oil. *Food Additives & Contaminants*, 15(5):563-574.
- Dennis, M. J., Massey, R. C., Cripps, G., Venn, I., Howarth, N., & Lee, G. (1991). Factors affecting the polycyclic aromatic hydrocarbon content of cereals, fats and other food products. *Food Additives & Contaminants*, 8(4):517-530.
- EFSA (2006). Setting maximum levels for certain contaminants in food stuffs. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024>. Erişim tarihi:20.06.2019.
- Ergönül, P.G., & Sánchez, S. (2013). Evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbons content in different types of olive and olive pomace oils produced in Turkey and Spain. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 115(9):1078-1084.
- Fromberg, A., Højgård, A., & Duedahl-Olesen, L. (2007). Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in vegetable oils combining gel permeation chromatography with solid-phase extraction clean-up. *Food Additives & Contaminants*, 24(7):758-767.
- Hu, C., He, M., Chen, B., Zhong, C., & Hu, B. (2014). Sorptive extraction using polydimethylsiloxane/metal-organic framework coated stir bars coupled with high performance liquid chromatography-fluorescence detection for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in environmental water samples. *Journal of Chromatography A*, 1356: 45-53.
- Hopia, A., Pyysalo, H., & Wickström, K. (1986). Margarines, butter and vegetable oils as sources of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 63(7):889-893.
- Jira, W. (2004). A GC/MS method for the determination of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in smoked meat products and liquid smokes. *European Food Research and Technology*, 218(2):208-212.
- Kıralan, S.S., Erdogdu, F., & Tekin, A. (2017). Reducing polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) formation in olive pomace oil using microwave pre-heating of olive pomace. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(1):600241.
- Kıralan, S.S., Toptancı, İ., & Tekin, A. (2019). Further evidence on the removal of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) during refining of olive pomace oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121(4):1800381.
- Martorell, I., Perelló, G., Martí-Cid, R., Castell, V., Llobet, J.M., & Domingo, J. L. (2010). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in foods and estimated PAH intake by the population of Catalonia, Spain: temporal trend. *Environment International*, 36(5):424-432.
- Miao, J., Che, K., Xi, R., He, L., Chen, X., Guan, X., Zhuang, X., Wen, X. & Cao, Y. (2013). Characterization and benzo [a] pyrene content analysis of camellia seed oil extracted by a novel subcritical fluid extraction. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90(10):1503-1508.
- Moret, S., & Conte, L. S. (2002). A rapid method for polycyclic aromatic hydrocarbon determination in vegetable oils. *Journal of Separation Science*, 25(1-2):96-100.
- Moret, S., Purcaro, G., & Conte, L.S. (2005). Polycyclic aromatic hydrocarbons in vegetable

- oils from canned foods. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 107(7-8):488-496.
- Olsson, P., Sadiktsis, I., Holmbäck, J., & Westerholm, R. (2014). Class separation of lipids and polycyclic aromatic hydrocarbons in normal phase high performance liquid chromatography—A prospect for analysis of aromatics in edible vegetable oils and biodiesel exhaust particulates. *Journal of Chromatography A*, 1360:39-46.
- Petridis, N.P., Sakkas, V.A., & Albanis, T.A. (2014). Chemometric optimization of dispersive suspended microextraction followed by gas chromatography–mass spectrometry for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in natural waters. *Journal of Chromatography A*, 1355:46-52.
- Potočník, T., & Košir, I.J. (2017). Influence of roasting temperature of pumpkin seed on PAH and aroma formation. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(3):1500593.
- SFC (2002): Opinion of the Scientific Committee on Food on the risks to human health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in food. http://www.ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/sci-com_scf_out153_en.pdf. Erişim tarihi: 20.06.2019.
- Şekeroğlu, G., Fadiloğlu, S., & Göğüş, F. (2006). Bitkisel yağlarda benzo (a) piren miktarının yüksek basınçlı sıvı kromatografisi ile belirlenmesi. *Türkiye*, 9:24-26.
- Teixeira, V.H., Casal, S., & Oliveira, M.B.P. (2007). PAHs content in sunflower, soybean and virgin olive oils: Evaluation in commercial samples and during refining process. *Food Chemistry*, 104(1):106-112.
- TGK (2011). Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/11/20161125M1-1.htm>. Erişim Tarihi: 20.06.2019
- Van Der Wielen, J.C.A., Jansen, J.T.A., Martena, M.J., De Groot, H.N., & In't Veld, P.H. (2006). Determination of the level of benzo [a] pyrene in fatty foods and food supplements. *Food Additives and Contaminants*, 23(7):709-714.
- Viegas, O., Yebra-Pimentel, I., Martínez-Carballo, E., Simal-Gandara, J., & Ferreira, I.M. (2014). Effect of beer marinades on formation of polycyclic aromatic hydrocarbons in charcoal-grilled pork. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(12):2638-2643.
- Welling, P., & Kaandorp, B. (1986). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in edible vegetable oils by liquid chromatography and programmed fluorescence detection comparison of caffeine complexation and XAD-2 chromatography sample clean-up. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 183(2):111-115.
- Zhao, Q., Wei, F., Luo, Y. B., Ding, J., Xiao, N., & Feng, Y. Q. (2011). Rapid magnetic solid-phase extraction based on magnetic multiwalled carbon nanotubes for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in edible oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(24):12794-12800.