

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



DÖNER, ADANA KEBAP VE PİDELERDE POLİSİKLIK
AROMATİK HİDROKARBONLARIN DÜZEYLERİ VE
OLUŞUMLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

HARUN SARIOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DR. ÖĞR. ÜYESİ NESRİN İÇLİ

OCAK - 2022
KASTAMONU

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Harun SARIOĞLU

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DÖNER, ADANA KEBAP VE PİDELERDE POLİSİKLIK AROMATİK HİDROKARBONLARIN DÜZEYLERİ VE OLUŞUMLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

HARUN SARIOĞLU

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DANIŞMAN:DR. ÖĞR. ÜYESİ NESRİN İÇLİ

Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH)'lar yüksek sıcaklıkta organik karbonlu maddelerin eksik oksijenle yanması sırasında oluşan çevresel kirleticilerdir. PAH bileşikleri insanlar hayvanlar ve bitkiler için mutajenik ve karsinojenik etkilerinden dolayı tehlike arz ederler. Gıdaların yapılarında, yakın mesafeden yüksek ısıya maruz kalmaları sonucu bu mutajenik/karsinojenik bileşikler oluşabilmektedir. Bu tez çalışmasında Kastamonu ilinde satışı sunulan et ve tavuktan üretilen döner, Adana kebab (acılı ve acısız) ve pidelerde PAH'ların miktarları ortaya konulmuş ve bu miktarları etkileyen faktörler (numune tipi, pişirme şekli ve yağ oranı) incelenmiştir. Tüm numunelerin toplam PAH ortalama minimum ve maksimum seviyeleri sırasıyla 118,00; 16,75 ve 967,66 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda hiçbir numunenin BaP ve PAH₄ konsantrasyonu Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğindeki ilgili limitleri aşmamıştır. Numuneler arasında acısız Adana (Urfa) kebabının karsinojen PAH bileşiklerinden BaP ve PAH₄ bakımından en yüksek grup ortalamasına sahip olduğu görülmüştür. En yüksek PAH bileşiği konsantrasyonlarının ve toplam PAH içeriklerinin kömürde mangal pişirme tekniği ile ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Dikey gazlı ocakta pişirme tekniğinin genel olarak en az PAH bileşiği konsantrasyonları ve toplam PAH içeriği konsantrasyonlarına sebep olduğu görülmüştür. Numuneleri yağ içeriklerine göre gruplandırdığımızda düşük yağlı, orta, yağlı ve çok yağlı olmak üzere 4 grup elde edilmiş olup mangalda pişirme tekniği kullanılan numunelerin yağlı grupta olması sebebiyle yağlı grup en yüksek toplam PAH içeren grup olarak bulunmuştur. Çalışmada hiçbir numunenin BaP ve PAH₄ içeriği yasal limitleri aşmasa da karsinojen PAH türlerinin tespit edilmiş olması nedeniyle bu gıdaları aşırı ve sık aralıklarla tüketmek bir sağlık riski oluşturabilir.

ANAHTAR KELİMELE:PAH, toksisite, QuEChERS, GC-MS, Mangal, Et

Ocak 2022, 47 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

THE AMOUNTS OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS IN DONER, ADANA KEBAB AND PIDE AND FACTORS AFFECTING THEIR FORMATIONS

HARUN SARIOĞLU

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

SUPERVISOR:ASSIST PROF. DR. NESRİN İÇLİ

PAHs are environmental pollutants formed during the combustion of organic carbonaceous materials with little oxygen at high temperature. PAH compounds are dangerous for humans, animals and plants due to their mutagenic and carcinogenic effects. These mutagenic/carcinogenic compounds can be formed in the structures of foods as a result of exposure to high temperatures at close range. In this thesis, the amounts of PAHs in doner kebabs, Adana kebab (spicy and non-spicy) and pide's produced from meat and chicken sold in Kastamonu province were determined and the factors affecting these amounts (sample type, cooking method and fat ratio) were examined. Total PAH mean, minimum and maximum levels of all samples were determined to be 118.00, 16.75 and 967.66 µg/kg, respectively. In our study, the BaP and PAH₄ concentrations of no samples did not exceed the relevant limits in the Turkish Food Codex Contaminants Regulation. The spicy Adana kebab (Urfa) among the sample types, had the highest group average in terms of carcinogen PAH compounds BaP and PAH₄. It was determined that the highest PAH compound concentrations and total PAH contents were obtained with the charcoal barbecue cooking technique. The cooking technique using the vertical gas cooker resulted in the lowest overall PAH compound concentrations and total PAH content concentrations. When we grouped the samples according to their oil content, 4 groups were obtained as low oily, medium oily, oily and very oily, and because of the samples using barbecue cooking technique were in the oily group, the oily group was found to be the group containing the highest total PAH. Although the BaP and PAH₄ content of none of the samples in the study exceeded the legal limits, excessive and frequent consumption of these foods may pose a health risk due to the detection of carcinogenic PAH types in these foods.

KEYWORDS:PAH, toxicity, QuEChERS, GC-MS, Barbeque, meat

January 2022, 47 Page

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca danışmanlığımı yapan, bu süreçte akademik anlamda gelişimime destek olan, çalışma sürecinin başından sonuna kadar desteğini esirgemeyen değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Nesrin İÇLİ'ye teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamıza KÜ-HIZDES/2019-45 nolu BAP hızlı destek projesi ile katkı veren Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne destekleri için ayrıca teşekkür ederim.

Çalışmamın laboratuvar aşamasında yardımını ve desteğini esirgemeyen Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi Öğr. Gör. Fevziye Işıl KESBİÇ hocama ve diğer hocalarıma ayrı ayrı teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak çalışmalarım boyunca destekleriyle beni yalnız bırakmayan sevgili eşim Şeyma SARIOĞLU ve emekleri ve destekleri sayesinde bugünlere gelmiş olduğum kıymetli aileme sonsuz sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

HARUN SARIOĞLU

Kastamonu, 2022

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar	1
1.2 PAH'ların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	1
1.3 PAH'ların Oluşum Mekanizmaları	3
1.4 PAH Kaynakları	6
1.5 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Toksikitesi ve İnsan Sağlığına Etkisi	7
1.6 Et ve Et Ürünlerinde PAH Oluşumu ve Etkileyen Faktörler	9
1.7 Tezin Amacı ve Bilime Katkısı	10
2. LİTERATÜR ÖZETİ	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM	20
3.1 Materyal.....	20
3.1.1 Numunelerinin Temin Edilmesi.....	20
3.1.2 Numunelerin Hazırlanması	20
3.1.3 Kullanılan Araçlar.....	21
3.1.4 Kullanılan Kimyasallar	22
3.2 Yöntem	22
3.2.1 Ekstraksiyon.....	22
3.2.2 QuEChERS Ekstraksiyon Metodu.....	22
3.2.3 Clean-up.....	23
3.2.4 PAH Analizleri	23
3.2.5 Numunelerde Yağ Tayini.....	25
3.2.6 İstatistiksel Analiz.....	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	40
KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ	47

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 Polisiklik aromatik hidrokarbonların yapısı	2
Şekil 1.2 PAH'ların (Benzo (a) piren) yanma sırasındaki reaksiyon diyagramı	4
Şekil 1.3 Nitro-piren'in yapısı	4
Şekil 1.4 PAH'ların oksidasyon reaksiyonları ile oluşumu	5
Şekil 1.5 Doğal ve antropojenik PAH kaynakları	6
Şekil 3.1 Öğütme aşamasındaki numuneler	20
Şekil 3.2 Analiz için hazırlanan vial tüpleri	23
Şekil 3.3 Shimadzu QP 2010 Ultra GC-MS	24

TABLolar DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1.1 Bazı PAH' ların fiziksel özellikleri	3
Tablo 1.2 Türkiye'de çeşitli besinlerde bulunmasına izin verilen Bap miktarları	9
Tablo 3.1 GS-MS Analiz Koşulları.....	24
Tablo 3.2 Validasyon çalışmalarından elde edilen sonuçlar	25
Tablo 4.1 Örneklere ait yağ miktarları	27
Tablo 4.2 Örneklere ait PAH miktarları.....	28
Tablo 4.3 Numune tiplerinin PAH çeşitleri ve Toplam PAH içeriklerinin istatistiki olarak karşılaştırılması.....	31
Tablo 4.4 Numune pişirme şekillerine göre PAH çeşitleri ve Toplam PAH içeriklerinin istatistiki olarak karşılaştırılması	33
Tablo 4.5 Numune yağ içerikleri gruplarına göre PAH çeşitleri ve Toplam PAH içeriklerinin istatistiki olarak karşılaştırılması	35
Tablo 4.6 Çalışmada incelenen PAH bileşikleri, Toplam PAH ve numunelerin yağ yüzdeleri arasında korelasyon olup olmadığının istatistiki incelemesi.....	37

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

g	: Gram
Mg	: Miligram
µg	: Mikrogram
kg	: Kilogram
ng	: Nanogram
°C	: Derece
%	: Yüzde

Kısaltmalar

LC-MS/MS	: Sıvı Kromatografisi/Kütle Spektrometresi
PAH	: Polisiklik Aromatik Hidrakerbonlar
USEPA	: United States Environmental Protection Agency
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
RNA	: Ribonükleik Asit
NO	: Azot monoksit
GC-MS	: Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi
HPCL	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
SPE	: Katı Faz Ekstraksiyonu
IARC	: Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
TGK	: Türk Gıda Kodeksi

1. GİRİŞ

1.1 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar

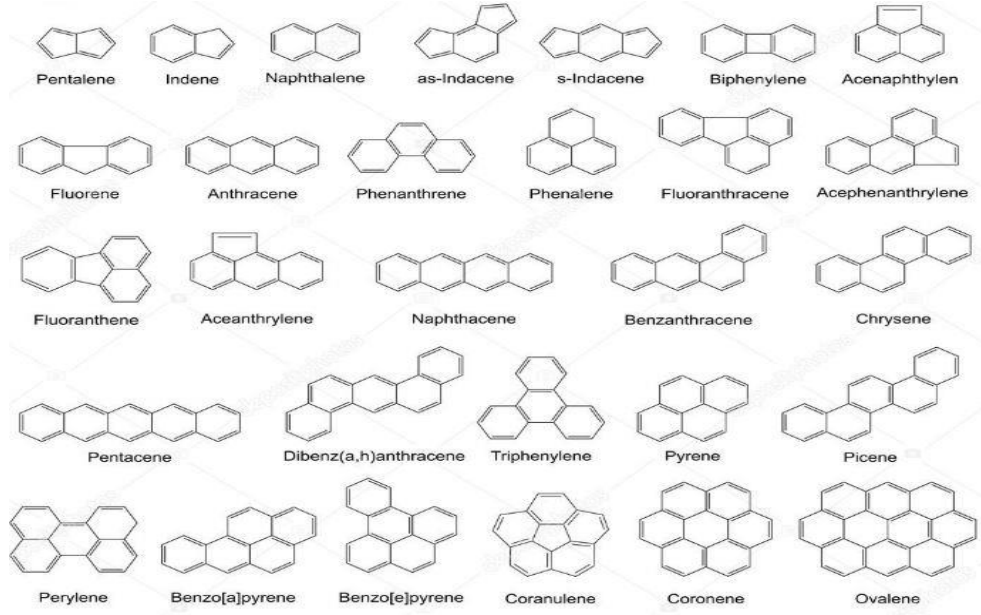
Karbon içeren bileşiklerin, fosil yakıtların ve diğer organik bileşiklerin yüksek sıcaklıkta tam yanmaması nedeniyle Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) oluşmaktadır. Modern dünyamızda; sanayinin gelişmesi fosil yakıt kullanımının artması ve sanayi atıklarının çoğalması, insanların tütün kullanımlarının artması, volkanik hareketlerin artması ve orman yangınları dolayısıyla çevredeki PAH miktarları artmaktadır (Kılıç vd., 2016). Çevremizde 100'ün üzerinde PAH bileşiği bulunmaktadır. Bunlardan 16 adedi Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (USEPA)'nın belirlediği 129 önemli bulaşanlar listesinde yer almaktadır (İnce, 2008). Bu 16 PAH'ın isimleri; Naftalin (Np), Asenaftelen (Anp), Asenaften (Ane), Floren (Flr), Fenantren (Phe), Floranten (Flu), Antrasen (An), Piren (Py), Krisen (Chr), Benzo(a)antrasen (BaA), Benzo(b)floranten (BbF), Benzo(k)floranten (BkF), Benzo(a)piren (BaP), İndeno(1,2,3-cd)piren (IcdP), Dibenzo(a,h)antrasen (DahA), Benzo(g,h,i)perilen (BghiP) şeklindedir.

1.2 PAH'ların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

PAH'lar, iki veya daha çok aromatik halka içerirler ve C ile H atomlarından oluşurlar (Keskin ve Kaya, 2008). PAH'lar iki veya daha fazla benzen halkasının farklı biçimlerde dizilmesi ile meydana gelirler. Karmaşık yapıdaki PAH'lar benzo-, dibenzo-, veya naphtho- gibi temel yapılarına göre isimlendirilir (Esen, 2006).

PAH'lar, doğada atmosfer, su, toprak ve gıdalarda kararlı bir yapıdadırlar. Asetik asit, benzen, aseton, toluen gibi organik çözücülerde çözünürler. Petrol eterinde ve suda çözünmezler. Tam yanmama sonucu yüksek moleküllü maddeler daha düşük molekül ağırlıklı PAH'lara dönüşür. Metabolizmada, enzimlerle oksidasyona uğrarlar. PAH'lar içinde en tehlikelisi BaP'tır. Deoksiribo nükleik asit (DNA) ve Ribonükleik asit (RNA) ile bağ oluşturarak mutasyona sebebiyet verirler. Atmosferde kolay taşınırlar foto bozunurdurlar ve azot monoksit (NO) ve ozon (O₃) ile reaksiyona girerler. Piroliz ile molekül ağırlığı yüksek organik maddelerden,

düşük molekül ağırlıklı maddelerin meydana geldiği bilinmektedir. (Gilbert ve Knowles, 1975)



Şekil 1.1 Polisiklik aromatik hidrokarbonların yapısı (URL-1, 2019)

PAH'lar günümüzde farklı yöntemlerle analiz edilebilmektedir. En sık kullanılan yöntemler gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) veya yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) cihazları ile yapılmakta olup analizin ön işlemi numunenin çeşitli yöntemlerle ekstrakte edilmesi ve sonrasında genellikle silika bazlı katı faz ekstraksiyon (SPE) kolanları ile saflaştırma yöntemine dayanmaktadır. Ayrıca HPLC yönteminde ultraviyole dedektöründe (UV) farklı olarak floresans dedektör (FL) kullanılabilir (ISO 15302, 2007; ISO 22959, 2009). PAH'ların fiziksel özellikleri Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1 Bazı PAH' ların fiziksel özellikleri (Kılıç vd., 2017)

İsmi	Simge	Kimyasal Formülü	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Erime Noktası (°C)	Kaynama Noktası (°C)	Renk	Suda Çözünürlük (mg/L)
Naftalin	Np	C ₁₀ H ₈	128	80	218	-	31
Asenaftelen	Anp	C ₁₂ H ₈	152	92-93	265-275	-	3,93
Asenaften	Ane	C ₁₂ H ₁₀	154	95	96	Beyaz	1,93
Floren	Flr	C ₁₃ H ₁₀	166	116-117	295	Beyaz	1,98
Fenantren	Phe	C ₁₄ H ₁₀	178	100	340	Renksiz	1,20
Floranten	Flu	C ₁₆ H ₁₀	202	109	375	Mat sarı	2,0-2,6
Antrasen	An	C ₁₄ H ₁₀	178	218	340	Renksiz	0,076
Piren	Py	C ₁₆ H ₂₀	202	156	360	Renksiz	0,077
Krisen	Chr	C ₁₈ H ₁₂	228	254	448	Renksiz	2,8x10 ⁻³
Benzo[a]antrasen	BaA	C ₁₈ H ₁₂	228	158	400	Renksiz	1x10 ⁻¹
Benzo[b]floranten	BbF	C ₂₀ H ₁₂	252	168	481	Renksiz	1,2x10 ⁻³
Benzo[k]floranten	BkF	C ₂₀ H ₁₂	252	216	480	Mat Sarı	7,6x10 ⁻⁴
Benzo[j]floranten	BjF	C ₂₀ H ₁₂	252	166	-	Sarı	6,76x10 ⁻³
Benzo[a]piren	BaP	C ₂₀ H ₁₂	252	179	496	Mat Sarı	2,3x10 ⁻³
İndeno[1,2,3-cd]piren	IcdP	C ₂₂ H ₁₂	276	164	536	Sarı	0,062
Dibenzo[a,h]antrasen	DahA	C ₂₂ H ₁₄	278	262	524	Renksiz	5x10 ⁻⁴
Benzo[g,h,i]perilen	BghiP	C ₂₂ H ₁₂	276	273	545	Mat Sarı	2,6x10 ⁻⁴

PAH'lar hava, su ve toprakta bulaşık olarak bulunabilir, solunum yoluyla veya kontamine olmuş sebze, meyve ve ısıl işlem görmüş et ürünlerini tüketen canlılarda PAH'lara maruz kalabilir. Bitkisel yağlar, süt ürünleri, kavrulmuş kahve gibi çoğu işlenmiş gıda PAH kaynağı olabilir ve hatta bunların ambalajlarında da bu bileşiklere rastlandığı bildirilmiştir (Kılıç vd.,2016; Aydın ve Şahan, 2018).

Isıl işlem derecesi, yakıt tipi, süre, sıcaklık, gıdanın yağ miktarı, cinsi, ısı kaynağına olan uzaklık gibi çeşitli faktörler PAH'ların oluşumunu etkilemektedir. Bu bileşikler ince bağırsaktan kolayca emilerek kan dolaşımına geçerler ve vücuda çok kısa sürede dağılırlar (Kılıç vd.,2016).

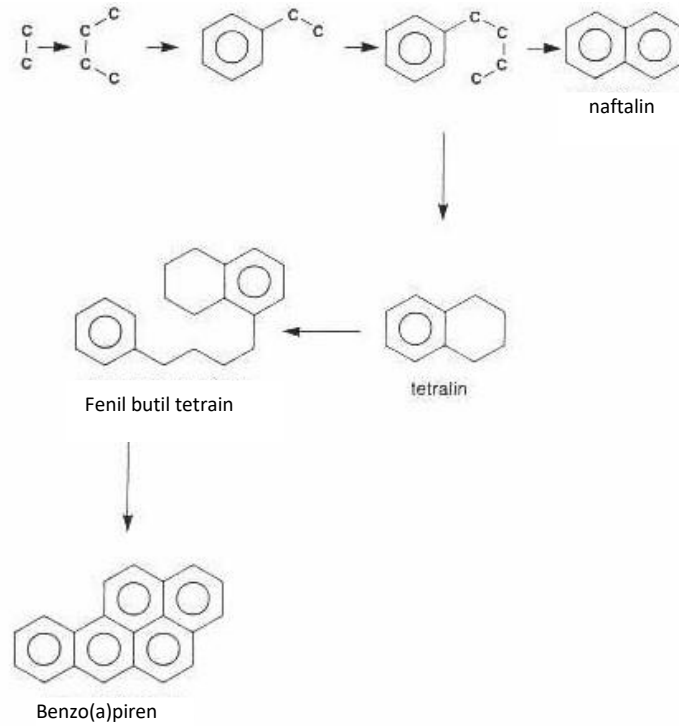
1.3 PAH'ların Oluşum Mekanizmaları

Hidrokarbonlar yanma süresinde tamamıyla okside olmazlarsa maddenin bir kısmı aldehit, alkol veya organik asit gibi çıkış gazında görülebilirler. Örneğin hidrokarbonlar aşağıdaki yöntemle karbon dioksit ve suya okside olabilir (Esen, 2006).

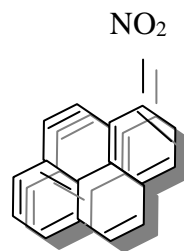


Eksik yanma veya yakıtın ve havanın yetersiz karışımı yakıtın bir miktarının yanmadan çıkış gazına kaçmasına neden olur. Bunun tersine eğer hava eksik olursa termal dekompozisyon (Piroliz) meydana gelir. Bu piroliz prosesi yakıtta önceden olmayan yeni hidrokarbonların oluşmasına neden olur (Baumbach 1996).

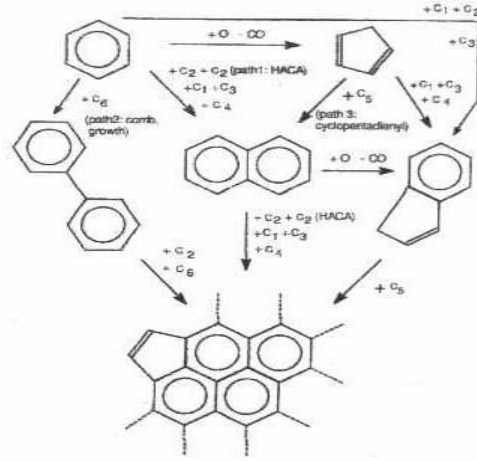
PAH'ların oluşum reaksiyonları O_2 azlığının olduğu ateşin kimyasal indirgenme alanındaki yakıttaki hidrokarbonun dekompozisyonu (500-800 °C arasında) sonucunda reaktif serbest radikallerin üretimine de yol açar. Karışımın soğuma reaksiyonu anında buhar fazdaki PAH'lar parçalanmış haldeki substratların üstüne yoğunlaşırlar ve eksik oksijenli (O_2) alevde termodinamik stabilitelerini yansıtan ürünler meydana getirirler (Finlayson-Pitts ve Pitts 1998).



Şekil 1.2 PAH'ların (Benzo (a) piren) yanma sırasındaki reaksiyon diyagramı (Baumbach 1996; Connell 1997)



Şekil 1.3 Nitro-piren'in yapısı (Baumbach 1996)



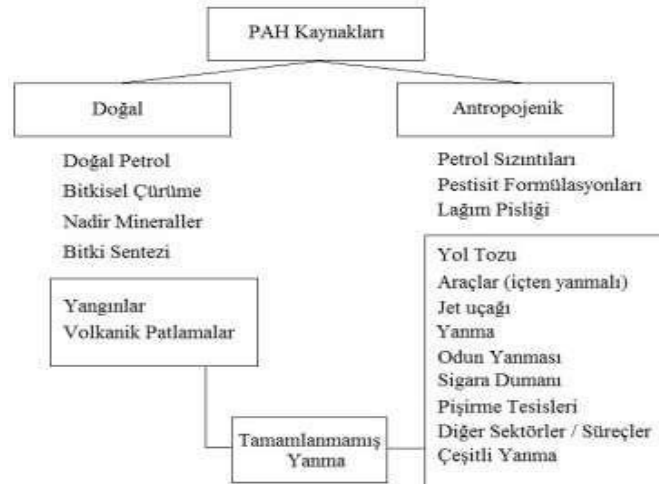
Şekil 1.4 PAH'ların oksidasyon reaksiyonları ile oluşumu (Böhm vd. 2001)

PAH'ların oluşumları tam yanma için gerekli olan oksijenin az bulunduğu ortamlarda yaygın olarak görülmektedir. Meydana gelen PAH'ların oranı yanma derecesi ve yakılan yakıtın cinsine de bağlıdır. Fakat selüloz, kömür, polietilen tütün ve diğer maddeler gibi yakılan maddenin cinsine bakılmadan belli sıcaklık derecelerinde de benzer konsantrasyonlarda PAH'lar meydana gelir (Connell 1997). PAH'ların oluşum reaksiyonları Şekil 1.5, Şekil 1.6, Şekil 1.7 te verilmiştir.

Fosil yakıtların jeolojik oluşumları sırasında da PAH'lar değişik prosesler ile oluşabilir. Kömür ve petrolün oluşumunda biyolojik materyal basınç ve düşük sıcaklıklarda (200 °C'den daha az) bozular. Bu koşullar altında PAH'lar eksik yanmayı içeren benzer mekanizmalar tarafından oluşturulabilir. Düşük sıcaklıklar içerdiği için dönüşüm çok düşük hızlarda oluşur. Buna ek olarak kömür ve petrolden oluşan PAH'ların çeşitlerinde değişiklikler olabilir. Petrol ve kömürün yakılmasında bazı PAH'lar emisyonlarda değişmeden salınır ve bazıları diğer PAH'lara dönüşürler. Yakma proseslerindeki eksik yanmadan dolayı da PAH'ların oluşumu beklenir (Connell 1997).

1.4 PAH Kaynakları

PAH'lar yüksek sıcaklıkta organik bileşikli karbonlu maddelerin yanma sırasında meydana gelen çevresel kirleticilerdir. Katı ve fosil yakıtlar ve biyolojik canlılar ortamdaki PAH'ların önemli bir kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Sadece kontaminasyon değil aynı zamanda yemek pişirme, sigara, açık şömineler, soba kullanımı, tüsüler de kapalı ortamlarda PAH oranını yükselten kaynaklardır. Gıdaların pişirilmesinde odun, katı yakıt vb. kullanımı da kapalı ortamlardaki en önemli PAH kirliliği kaynağıdır. Güney Amerika ve Afrika'da %50-75, Hindistan'da ve Çin'de %75'ten fazla oranda, gıdaları pişirmek için katı yakıt vb. kullanılmaktadır. Garaj, mutfak ve bina çatılarındaki havada PAH miktarları karşılaştırıldığında en yüksek PAH seviyelerinin garajlarda ikinci olarak mutfak ve son olarak da bina çatılarında olduğu bildirilmiştir. Rastlanan PAH'ların ise fenantren ve naftalin olduğu naftalin oranının ise daha yüksek olduğu ileri sürülmüştür (Martins, 2013). İnsanlar birçok yollardan PAH'lara maruz kalmaktadırlar. Bu maruziyetler ya inhalasyon yoluyla toprak, hava, tozdan ya da su, gıda tüketimi ve deri temasıyla meydana gelmektedir (Demirtaş, 2018). PAH kaynaklarının, doğal ve antropojenik kaynaklı olarak sınıflandırılması verilmiştir (Şekil 1.5).



Şekil 1.5 Doğal ve antropojenik PAH kaynakları (Abdel-Shafy ve Mansour,2016)

1.5 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Toksisitesi ve İnsan Sağlığına Etkisi

USEPA tarafından doğada 100' ün üzerinde PAH bileşiği olduğu bunların 16 tanesinin ise önemli kirleticiler arasında olduğu ve bulaşma yollarının havadan soluma, kontamine sular, yediğimiz gıdalar ve PAH'lara maruz kalmış ürünlerin vücudumuzla temas etmesi olduğu bildirilmiştir. İnsan vücuduna girmiş olan PAH'ın bir kısmı mutajenik ve karsinojenik etki göstermektedir (Eker, 2018). PAH bileşikleri insanlar hayvanlar ve bitkiler için bu etkilerinden dolayı tehlike arz ederler. PAH'ların çevre kirleticiler arasında olmasının sebebi mutajenik ve karsinojenik özellik göstermesindedir (Mastral vd., 2003). Bu bileşiklere maruz kalmak insan sağlığı üzerinde tehdit oluşturur. PAH'lar genellikle karaciğer, böbrek ve yağda depolanma eğilimindedir. Az miktarlarda adrenal bezlerinde, dalakta ve yumurtalıklarda birikirler (Güler ve Can, 2017). Yapılan çalışmalarda bağışıklık sistemi, pankreas, akciğer ve deri kanserine neden oldukları tespit edilmiştir. Kanser hastalığına sebep olan PAH'ların genelde DNA'ya bağlanması yoluyla hasar meydana getirdikleri görülmüştür. BaP en önemli karsinojen PAH olduğu için kanser araştırmalarında model bileşik olarak öngörülmüştür. PAH'ların kanser yapma etkisi molekül ağırlıkları ile doğru orantılıdır (Güler ve Can, 2017). Uluslararası Kanser Araştırma Kuruluşu'na (IARC) göre molekül yapısı büyük olan PAH'lar daha fazla karsinojeniktir. USEPA'ya göre önemli kirleticiler arasında yer alan 16 PAH bileşiğinin 7 tanesi daha karsinojen türler olarak sınıflandırmıştır (Eker,2018).

PAH bileşikleri arasında mutajenik ve karsinojenik etkiye sahip en etkili bileşikler BaA ve BaP bileşikleridir (Kılıç vd., 2017). PAH'da bir belirleyici olan BaP için günlük tolere edilebilir doz ortalama 4 ng/kg vücut ağırlığı olarak belirtilmiş olup, 60 kg ağırlığındaki bir insan için bu değer 240 ng/kg'dır (WHO, 2006). BaP'a çalıştığı ortamda uzun süre maruz kalan bireylerde göz tahrişi, deri lekeleri, katarakt ve güneş ışığına duyarlılık görülmektedir. Fetusun gelişmesine de etki ederler. PAH'lara maruziyet ile akciğer kanserinde artış arasında ilişki olduğunda tespit edilmiştir. Gebelik döneminde PAH'lara maruz kalan annelerin çocuklarında doğum ağırlığı düşer. Hamilelik öncesinde PAH' lara maruz kalmanında zekâ geriliği, erken doğum ve astım hastalığı gibi olumsuz durumlara neden olduğu tespit edilmiştir.

Soluduğumuz havada BaP fazla ise bu duruma kısa bir süreliğine maruz kalırsa bile alyuvarlarda hasar meydana gelmekte, anemi ve bağışıklık sistemimizde baskılanmaya sebep olmaktadır (Keskin ve Kaya, 2008).

1775'te Londra'da St. Bartholomew's Hospital' da cerrah olarak çalışan Percivall Pott baca temizleme işçilerinde skrotal kanserin ortaya çıkmasının nedenini cildin isle kontaminasyonu olarak tespit etmiştir. Çevresel faktörlerin kansere neden olduğu ilk bu olayla gözlemlenmiştir (Luch vd., 2005).

Sağlığa zararlı etkisi bulunan PAH'lara egzoz, kirli hava ve sigara dumanının solunması, kirlenmiş suların ve tütülenmiş gıda maddelerinin tüketilmesi katran, kurum ve kontamine toprakla temas, PAH'larla kontamine su ile yıkama yapma ile maruz kalınmaktadır. Gıda ile maruz kalındığında mide-bağırsak bölümünden geçerek emilimi sağlanır ve kan dolaşımına geçerek bütün vücuda yayılmış olur. Karaciğerin yapısında mevcut olan aril hidrokarbon hidroksilaz enziminin etkisi ile aktif hale geçerek nükleik asitler ve proteinlerle kovalent bağlar meydana getirirler ve hücrelerde mutasyona sebep olurlar. Safra, idrar ve dışkı ile hidroksillenmiş türevleri vücuttan atılır ve aynı zamanda, süt ile plasentaya da geçerler (Keskin ve Kaya, 2008). Demir-çelik endüstrisi, lastik fabrikalarında, kok fırınlarında çalışan işçilerde ve kok kömürü dumanına maruz kalan insanlarda BaP bileşimini solumaları sonucunda bağışıklık baskılayıcı etkilerin görüldüğü tespit edilmiştir. Epidemiyolojik çalışmalarda meslek gereği PAH' lara maruz kalan insanların akciğer, mesane, özefagus, mide, pankreas ve prostat kanserine yakalandıkları periferik lenfositlerde mutasyon oranının arttığı, skrotum kanserinin görüldüğü ve çocuklarında da bu bulgulara rastlandığı bildirilmiştir (Terzi ve Çelik, 2008). Türk Gıda Kodeksi'ne göre izin verilen BaP miktarları Tablo 1.2 de verilmiştir.

PAH'lar nedeniyle kanser oluşumuna sebep olan bir diğer meslek kolu ise parafin endüstrisidir. Bu endüstri kolunda çalışan insanlarda testis derisi kanseri saptanmıştır. Sonuç olarak BaP içeren PAH kaynaklarının yağ, is, katran ve duman gibi kimyasallardan meydana geldiği belirlenmiştir. İnsan vücudu PAH'ları yükseltgen ve suda çözünür hale getirerek bağ kurar ve kovalent bağlı yapıları diolepoksit yapılarını meydana getirir. Bu yapılar, DNA ile kimyasal etkileşime

girerek kansere neden olur. Sigara içenlerinde bu yapıların DNA mutasyonuna sebep teşkil ettiği gözlemlenmiştir (Güler ve Can,2017).

Tablo 1.2 Türkiye’de çeşitli besinlerde bulunmasına izin verilen Bap miktarları (TGK, 2008)

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 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

1.6 Et ve Et Ürünlerinde PAH Oluşumu ve Etkileyen Faktörler

Tütsüleme ve dumanlama gibi ete uygulanan en eski gıda muhafaza yöntemleri etlerde PAH oluşmasına neden olur. PAH miktarı mangal kömüründe pişirilen etin bileşim özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Yapılan çalışmalarda etlerdeki PAH seviyesinin mangal, tütsüleme, ızgara işlemleriyle pişirilen etlerde, etin yağ miktarı ve ısı kaynağıyla doğrusal bir ilişkisi olduğu görülmüştür. Etteki yağın kor halindeki kömüre teması halinde piroliz olayı gerçekleşmektedir. Oluşan PAH bileşikleri duman ile et yüzeyine kontamine olmaktadır (Deveci, 2018). Ayrıca etin ısı kaynağına göre konumunun da PAH oluşumunda etkili olduğu tespit edilmiştir. Yatay konumda pişirilen etlerde, dikeye göre daha fazla PAH oluşumu gözlemlenmiş olup ısı kaynağı ete yaklaştıkça PAH miktarının arttığı bildirilmiştir (Ergönül, 2015). Organik bileşikler yüksek sıcaklıklarda daha kararlı olan PAH bileşiklerine dönüşmektedir. PAH’ların, yüksek sıcaklıkta özellikle, 400°C ve üzeri sıcaklıklarda doğrusal olarak arttığı belirtilmiştir (Ekici, 2012; Ergönül, 2015).

Pişirme tekniğinin PAH oluşumunu nasıl etkilediği ortaya konulmuş ve mangal ve kızartma işlemlerinde PAH miktarının arttığı görülmüştür. Bunların yanı sıra yakıt kaynağının cinsi ve ürünün bu kaynağa olan uzaklığı önemli bir parametredir. Ayrıca gıdanın cinsi, yağ miktarı da önemlidir. Çünkü yağ işlem sırasında tam yanmayarak

PAH bileşiklerinin oluşumunu hızlandırmaktadır. Dahası işleme maruz kalma süresi ve sıcaklıkta diğer önemli parametrelerdir (Babaoğlu, 2015).

1.7 Tezin Amacı ve Bilime Katkısı

Bu tez çalışmasının amacı döner, Adana kebab (acılı ve acısız) ve pidelerde PAH miktarlarını ortaya koymak ve bunun yanı sıra bu miktarları etkileyen faktörleri (numune tipi, pişirme şekli ve yağ oranı) incelemektir. Yapılan literatür taramasında bu gıda ürünlerinde amaçlarımız bakımından inceleme yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle toplum sağlığına katkıda bulunmak adına çıktı bilgilerin yayılması ile de bu çalışmanın gerçekleştirilmesi oldukça önemlidir. Kapsam olarak Kastamonu ilinde satışa sunulan et ve tavuktan üretilen, kömür ateşi ve gaz ateşi ile pişirilmiş döner ve acılı-acısız Adana kebablar ile taş fırında pişirilmiş kıymalı ve kuşbaşı pida türleri seçilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Ete uygulanan pişirme işlemi gıdaya tat ve aroma sağlarken aynı zamanda onu yenilebilir hale getirmektedir. Pişirme ile mikrobiyal yükün azaltılması sağlanırken bunun yanında bazı istenmeyen bileşiklerin oluşmasına da neden olmaktadır. PAH'ların ette ve et ürünlerinde oluşum ve içeriklerini inceleyen çalışmaları içeren bir literatür derlemesi aşağıda verilmiştir.

Philips (1999) yaptığı çalışmada sebzelerde ve mısır gevreklerindeki PAH oranını, etteki PAH oranına göre daha düşük olduğunu diğer taraftan açık alev üzerinde pişirilen etlerin, mısır gevrekleri ve sebzelerden daha fazla oranda PAH bileşiği içerdiğini tespit etmiştir.

Kazerouni vd., (2001) Çin'de 200 çeşit gıda örneğinde BaP varlığını tespit etmek için ince tabaka kromatografisi ve HPLC tekniklerini kullanmışlar ve iki yöntemde de yüksek korelasyon elde etmişlerdir. En yüksek değer (4n/g) barbekü ile pişirilen ette tespit edilmiş olup onu sırasıyla biftek ve tavuk takip etmiştir. Mangada pişirilen etlerde ve kızartmaların %21'nde BaP tespit edilmiştir.

Aygün ve Kabadayı, (2004) mangalda pişirilen kuzu etlerinde HPLC yöntemiyle BaP miktarlarını araştırmışlardır. Çalışmalarındaki HPLC yönteminde, öncelikle yağların ortamdaki uzaklaştırılması amacıyla sabunlaştırma daha sonra n-heksan ile ekstraksiyon ve XAD-2 reçinesi ile temizleme aşamaları yapılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda, BaP'in geri alınabilirliği %98,54 olarak bulunmuştur. 6 dakikanın sonunda pişen kuzu etinde 43,80 µg/kg; 8 dakikanın sonunda pişirilen kuzu etinde 62,60 µg/kg BaP bulunmuştur. Çalışmalarında açık ateşte pişirilen etlerde BaP miktarının oldukça fazla olduğunu görmüşlerdir.

40 adet döner ve kebapta pişirme tekniği üzerine yapılan bir çalışmada numuneler gaz ateşi ve kömür ateşinde pişirilmiştir. Çalışmada kömür ateşinde pişirilen örneklerde daha fazla PAH olduğu tespit edilmiştir. 16 numunenin ise belirtilen sınır değerleri aştığı saptanmıştır (Terzi vd., 2008).

Letonya’da etin pişirilmesi sırasında kullanılan odunun PAH oluşumu üzerindeki etkisini belirlemek için bir çalışma yapılmıştır. Füme hazırlamada 10 çeşit odun ve kömür kullanılmıştır. Et örneklerinden analitik numune hazırlama yöntemi ise; sikloheksanla ekstraksiyonu, su ile sıvı-sıvı ekstraksiyonu, sikloheksan ile geri ekstraksiyon, ardından silika katı-faz ekstraksiyonu ve SPE kolonunda temizlemeyi kapsamaktadır ve daha sonra gaz kromatografisi ile miktar tayini yapılmıştır. Bu çalışmada ağacın cinsinin PAH miktarı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Elma ağacı ve kızılbaş ile üretilen füme et örneklerinde en düşük PAH konsantrasyonları tespit edilmiştir. Ladin ile üretilen örneklerinse en yüksek PAH konsantrasyonlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Numunelerde BaP miktarları 6,04 ila 35,07 mg/kg aralığında ve toplam PAH miktarları 47,94 ile 470,91 mg/kg aralığında tespit edilmiştir (Viksna vd., 2008).

İspanya’da yapılan bir çalışmada ızgara, kızartma, kavurma ve haşlama olmak üzere dört farklı tipte pişirme tekniği uygulanan balık, (hake, sardalya ve ton balığı) et (dana biftek, domuz filetosu, tavuk göğsü ve but ve biftek ve kuzu kaburga) PAH oranları araştırılmıştır. Genel olarak, en yüksek toplam PAH seviyelerinin kavrulmuş numunelere karşılık geldiği hake hariç, özellikle balıklarda dikkat çeken değerler kızartma sonrası en yüksek PAH konsantrasyonlarında bulunmuştur. (Perelló vd. 2009).

Mangal ve kızartmanın PAH seviyelerine etkisi incelenen bir çalışmada domuz ve sığır eti kullanılmıştır. Kömür mangalında pişirilen domuz eti örneklerinde yüksek PAH düzeyleri gözlemlenmiş ve 10,2 µg/kg olarak bulunmuştur. Sığır etinde ise PAH miktarı 0,80 µg/kg değerlerini geçmemiştir. Ayrıca domuz eti örneklerinde yüksek miktarda BaP (3 µg/kg) bulunmuştur (Chung vd., 2011).

Malezya’da barbeküde pişirilmeden önce etin ön ısıtma (buhar, mikrodalga) ve et numunelerinin alüminyum ve muz yaprağı kullanılarak paketlenmesiyle oluşan PAH miktarında değişiklik olup olmadığına ilgili bir çalışma yapılmıştır. Sonuçlar et örneklerine uygulanan ön ısıtma ve paketlenme işlemlerinin, kömür mangallarında pişirilen etteki PAH seviyelerini önemli bir şekilde etkilediğini göstermiştir.

Çalışmada sığır eti ve tavuk etlerinde Flu içeriğinde %46 ve %81'e kadar önemli düşüşler gözlenmiştir (Farhadian vd., 2011).

Danimarka'da tüketicilerin evlerinde kullandıkları pişirme yöntemlerinden kızartma ve mangal ile pişirilmiş etlerde (dana, domuz ve tavuk eti) PAH içeriğini inceleyen bir çalışmada mangalda pişirilen bu üç tür etin her birinin farklı etkilendiği ve PAH analizi, domuz eti ve tavuk ile karşılaştırıldığında sığır etinde belirgin şekilde daha yüksek bir PAH konsantrasyonu gözlenmiştir. Et türleri karşılaştırıldığında zaman-sıcaklık faktörünün çok önemli bir etken olduğu da görülmüştür. (Aaslyng vd, 2013).

Kokoreç, kuzu ve dana ince bağırsağından yapılan bir sakatat yemeğidir. İyi hazırlanmadığı takdirde bu ürün insan sağlığı açısından büyük bir risk taşır. Yapılan bir çalışmada kuzu ve dana kokoreç ürünleri incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarında ortalama PAH düzeyleri 3,07-40,11 µg/kg arasında değişiklik göstermiş ve BaP miktarları ise 0,47-4,86 aralığında bulunmuştur. Ayrıca PAH riski açısından dana kokoreç daha tehlikeli bir ürün olarak belirlendiğinden tüketicilere kuzu kokoreç önerilmiştir. (Babaoğlu, 2015)

Güney Kore'de Lee ve arkadaşları ızgara yöntemlerinin PAH₄ (BaA, Chr, BbF ve BaP) seviyesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmada PAH'lar ekstrakte edilip GC-MS ile belirlenmiştir. Et örneklerinin yanan odun kömürü ile barbekü yapılması ile ilgili olarak, PAH'ların azalmasına katkıda bulunduğu gözlenmiştir. Dört PAH'ın toplamı, yağ damlamaları giderilerek %48-89 oranında azaltılmış ve ızgara domuz eti ve sığır eti etlerinde geleneksel ızgaraya göre duman giderme işlemi ile PAH miktarlarını %41-74 azalttığı görülmüştür. Et damlama bileşenlerini araştırılmış ve et de damlayan ana bileşenin yağ olduğu bulunmuştur. Izgarada PAH'ların oluşmasında katkıda bulunan en önemli faktör, ateşe damlayan yağın eksik yanmasından kaynaklanan duman olduğu tespit edilmiş aynı zamanda tespit edilen PAH'ların mutajenik olduğu ve DNA'da kanser riskini artırabilecek değişikliklere neden olabileceği gözlemlenmiştir (Lee vd.,2016).

İtalya'daki bir çalışmada süt bazlı ve balık/et içeren bebek mamalarında PAH varlığı üzerine bir araştırma yapılmıştır. Bulunan sonuçlara göre toplam PAH süt bazlı

bebek mamasında 52,25 mg/kg iken et/balık bazlı bebek mamasında 11,82 mg/kg'dır. Bu sonuçlara göre PAH düzeylerinin izin verilen 1 µg/kg AB sınırlarından daha yüksek olduğu bulunmuştur. Süt bazlı bebek mamalarının et/balık bazlı bebek mamasına göre daha karsinogenik olduğu tespit edilmiştir (Santonicola vd., 2017).

Çin'in 17 kentinden parakende satış noktaları ve yerel restaurantlardan çeşitli ızgara ve kızarmış kırmızı etlerin toplam PAH seviyelerini belirlemek için 52 örnekli bir çalışma yapılmıştır. Toplam PAH konsantrasyonları 8,23 ile 341 µg/kg arasında bulunmuş olup ortalama değer 63,3 µg/kg olarak tespit edilmiştir (Jiang vd., 2018).

Çeşitli gıdalarda PAH tespiti için yapılan bir çalışmada 198 örnek kullanılmıştır. Ortalama PAH seviyelerinin aralığı hazır erişte için; 9,3–9,6 µg / kg kekler için; 0,22–2,48 µg/kg, kurutulmuş sebzeler için; 0,91–4,83 µg/kg, çaylar için; 5,14–23,32 µg/kg, kahve için; 4,82–24,35 µg / kg ve ızgara et için; 1,43–25,2 µg / kg olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre çoğu örnekte Avrupa Komisyonu tarafından tolere edilen maksimum limitlerin (sırasıyla 35 µg/kg ve 5 µg/kg) aşıldığı görülmüştür (Lam vd., 2018).

Mısır'da yapılan bir çalışmada ete farklı et pişirme teknikleri uygulanmış ve sonuç olarak PAH düzeylerinin farklılık gösterdiği görülmüştür. Mangalda, tavada pişirme, haşlama işlemi yapılan etlerde ve çiğ etteki PAH düzeylerine bakılmış bunların miktarlarının sırasıyla mangalda pişirme>tavada pişirme>haşlama>çiğ et olarak azaldığı belirlenmiştir. Sonuçlar sırasıyla $4,84 \pm 0,94$; $2,30 \pm 0,71$; $0,20 \pm 0,10$ ve $0,06 \pm 0,01$ ng/g olarak bulunmuştur. Uygulanan mangalda pişirme işleminin ette diğer işlemlere göre daha fazla PAH oluşumuna neden olduğu görülmüştür (Darwish vd., 2019).

Kontamine sudan deniz ürünlerine PAH'lar geçebilmektedir. Farklı deniz ürünlerindeki PAH düzeylerinin incelendiği bir çalışmada İstanbul'daki farklı noktalardan alınan deniz ürünleri (hamsi, mezgıt, karides) kullanılmıştır. Deniz ürünlerinden karides BaP miktarı (48,53 ng/g) en yüksek ürün olarak tespit edilmiştir. (Balcıoğlu ve Ceylan, 2019).

Hırvatistan’ da yapılan bir çalışmada 180 balık ve deniz ürünü PAH yönünden incelenmiştir. Gıda örneklerinden hiçbiri Avrupa normlarına uygunluk durumunu yani yasal PAH seviyelerini aşmamıştır. Bu çalışmada ortalama PAH₄ (BaP, BaA, BbF, Chr) seviyesi et için 1,47 µg/kg ve kabuklu deniz ürünleri için 1,48 µg/kg olarak bulunmuştur (Bogdanovic vd., 2019).

Çin’ de deniz ürünlerinde yapılan ve PAH’ların diyetle alımı ile ilgili bir çalışmada örneklerdeki PAH seviyeleri 42 ila 600 ng/g arasında değişmektedir. Günlük PAH alım miktarına bakıldığında, çocuklar (ortalama 130 ng /kg/gün) ve yetişkinler (ortalama 600 ng/kg gün) arasında önemli bir fark olduğu da görülmektedir. Ayrıca, bu çalışmada deniz ürünü gıda maddelerinin çocuklar ve hamile kadınlar için toplam günlük alımlara olan katkısının sırasıyla %50 ve 10'lara ulaştığı belirlenmiştir. (Li vd., 2019).

Cheng vd, (2019) Çin’de ızgarada ve mangalda pişirilen hayvansal gıdalar ve sebzelerde PAH konsantrasyonları ve dağılımlarını inceleyen bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada ızgarada pişirilen sebzeler ve etlerdeki toplam 16 PAH bileşiğinin konsantrasyonu sırasıyla 60,4-1936 ve 69,1-4668 ng / g aralığında bulunmuştur. Analiz edilen gıdaların çoğunda 16 PAH konsantrasyonlarını ızgarada pişirmek belirgin şekilde artırmıştır. Izgara sebzelerdeki düşük seviyedeki PAH oranını artırmış ve hayvansal gıdalarda yüksek olan PAH seviyesinin ızgara sonrasında arttığı görülmüştür. Onbir gıdadaki PAH'ların toplamının gıdalar ızgarada pişirilmeden önceki seviyelere göre 3,43 kat daha fazla olduğu görülmüştür ve elde edilen sonuçlar; ızgaranın insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin büyük endişe kaynağı olabileceğini düşündürmektedir.

Larsson, (1982) 70 adet tütsüleme yapılarak hazırlanan balık örneklerinde PAH seviyeleri açısından incelemiş ve alev iyonizasyon tespiti ile gaz kromatografisi kullanılarak yapılmıştır. Örneklerde 13 PAH bileşeni tespit edilmiştir. Geleneksel fırınlarda tütsülenen 46 adet balık örneğininin 19’unda BaP 1,0 µg/kg aştığı tespit edilmiştir. Geleneksel fırınların haricinde kalan tütsülenmiş balık örneklerinde BaP seviyeleri 1 µg/kg dan az bulunmuştur. Ayrıca; geleneksel tuğla fırında dumanlanmış

balıklarda BaP oranının 1.100 µg/kg ve toplam PAH oranı ise 11,3 µg/kg gibi yüksek miktarlara ulaştığı görülmüştür.

İtalya'da füme balıklarda tütsülenmiş atlantik somonlarının PAH içeriği araştırılmıştır. Norveç ve İrlanda Denizi'nden toplanan somonların ham filetoları modern bir tütsüleme evinde örneklenmiş ve PAH içeriği açısından incelenmiştir. Tanımlama numarası ile etiketlenmiş aynı filetolar, tütsüleme işleminden hemen sonra örneklenmiş ve analiz edildiğinde BaA, Flr, An, BghiP, Flu bileşikleri için önemli farklılıklar bulunmuştur. Ancak Anp, Flr, Phe, An, Flu, BaA, Chr, BbF, Bkf, BaP ve BghiP açısından önemli bir fark görülmemiştir. Yapılan araştırmada modern tütsüleme prosesleri ile PAH oranlarının önemli boyutta azaldığı görülmüştür (Visciano vd., 2006).

Danimarka'da yapılan bir çalışmada tütsüleme prosesinde, üretilen uskumru, ringa balığı, alabalık, küçük sosis, salam ve domuz pastırmasındaki etlerde kullanılan ağaç tiplerinin tütsüleme prosesinde PAH oranlarını değiştirdiği belirlenmiştir. Öbür taraftan tütsüleme prosesinde kullanılan ağacın nem içeriği, yanma zamanı süresince ulaştığı sıcaklık, yanma bölümündeki oksijen konsantrasyonu gibi etmenler kullanılan ağaç türünün PAH oranını etkilediği görülmüştür (Duedahl-Olesen vd., 2006).

Sırbistan'da altı farklı et ürününde tütsüleme yöntemi ile (sığır jambonu, domuz jambonu, derisiz bacon, derili bacon, sremaska sosis) PAH' ların içeriğini incelemişlerdir. PAH' ların belirlenmesi için GC/HRMS yöntemi uygulanmıştır. Füme et ürünlerinde 5,0 µg / kg BaP için maksimum seviye hiçbir örnekte aşılmamıştır. PAH bileşenlerinin tütsüleme süresi boyunca arttığını buna karşılık olarak etteki derinin varlığının PAH bileşenlerinin dokuların içlerine kadar nüfus etmesini engellediğini görmüşlerdir (Djinovic vd., 2008).

Nijerya da yapılan bir çalışmada yaygın olarak tüketilen farklı füme, ızgara et ve balık ürünlerinde dumanlanmış ya da ızgarada pişirilen balık ve etlerin PAH oranları incelenmiştir. Çalışmada mikrodalga destekli sabunlaştırma ve eşzamanlı ekstraksiyon içeren hızlı bir yöntem, ardından katı faz ekstraksiyonu (SPE), yüksek

performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ayrılması ve spektrofotometrik saptama kullanılmıştır. Odun ateşi ile geleneksel yöntemler kullanılarak tütülenen veya ızgara yapılan örneklerin BaP ile yoğun bir şekilde (2,4 ila 31,2 ug/kg yaş ağırlık) kontamine oldukları ve diğer yandan bir odun kömürü ateşi kullanılarak ızgara yapılan numunelerde oldukça düşük kontaminasyon seviyeleri (0,7 ila 2,8 ug/kg yaş ağırlık) bulunmuştur. Dumanlanan ya da mangal yapılarak pişirilen balık ya da et ürünlerinde; karsinojenik PAH'ların yüksek oranlarda saptandığı görülmüştür (Akpambang vd., 2009).

İsveç'te yapılan bir araştırmada 39 tütülenmiş balık örneği BaP ve diğer PAH içerikleri bakımından incelenmiştir. Yöntem olarak yüksek çözünürlüklü gaz kromatografisi (HRGC-MS) yöntemi kullanılmıştır. İki şekilde tütüleme yapılmıştır. Bunlardan ilki ürünü direkt dumana maruz bırakma şeklinde yapılmıştır. Diğer yöntemde ise; harici tütüleme jeneratörü kullanılmıştır. Direkt tütülemeye bırakılan balıklarda PAH oranı 6,6- 36,9 ng/kg ölçülmüş olup bu değerler 5,0 ng/kg olan maksimum limitin üzerindedir. Harici tütüleme yöntemi uygulanan balıklardaki PAH oranı ise; 8,4 ile 14,4 ng/kg arasında değişiklik göstermiştir. Uygun olmayan sonuçlar nedeniyle gıda kontrol yetkilileri tarafından eylemler başlatılmıştır (Wretling vd., 2010).

Başak, (2010) somon ve gökkuşuğu alabalığında PAH'ların bulunma potansiyeli ile ilgili bir HPLC metoduyla çalışma yapılmıştır. Tütüleme yöntemiyle üretilen hiçbir balık numunesinde PAH grubundan olan BaP'a rastlanmamıştır. Ancak karsinojen etkisi bulunan BaA, BbF, BkF, Bghip tütülenmiş balık örneklerinde tespit edilmiştir. Somon balığı gökkuşuğu balığından daha yağlı olduğundan daha fazla PAH içerdiği için tütülenmiş somon balığının daha karsinojenik olduğu saptanmıştır.

Gana'da yapılan bir çalışmada Essumang ve arkadaşları (2013) 4 farklı balık türünde (uskumru, sardalya, ton balığı ve Puro minnows) 4 farklı bitkinin odununu kullanarak dumanın balık türlerindeki PAH seviyesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Kullanılan duman kaynakları arasında akasya, şeker kamışı küspe ve mangrov ağaç kömürlerini analiz etmişlerdir. PAH'ları belirlemek için Varian GC / MS (3800-GC)

sistemini kullanmışlardır. 2 ile 8 saat arasında tütsülenmiş balıklardaki ortalama toplam PAH konsantrasyonlarının (n = 108), balıklarda 250,59–1376,09 µg / kg arasında değiştiği görülmüştür. Akasya ve mangrov dumanına maruz bırakılan balıklardaki BaP seviyeleri Avrupa kriterlerinin limitlerinin (5,0 µg / kg) üzerinde çıktığı ve tütsülenmiş balıklarda balıktaki yağ oranı ile odunun yapısındaki dumana etki eden lignin içeriklerinin BaP miktarını doğru orantılı bir şekilde artırdığını gözlemlenmiştir. BaP karsinogen ve mutajenik toksisite denklik faktörleri (sırasıyla TEF ve MEF) kullanılarak yapılan risk değerlendirmesi, sert odunlarla (akasya ve mangrovlar) tütsülen balıkların tüketilmesi ile ilişkili yüksek risk göstermiştir. Şeker kamışının, üç ağaç türü arasında balıkların dumanla tütsülenmesi için nispeten en iyi ve en güvenli duman üreten ağaç türü olduğu gözlemlenmiştir (Essumang vd., 2013).

Dumanlama ve tütsüleme et ürünlerine uygulanan, ürüne aroma ve tat veren koruyucu işlemlerdir. Çok eski olan bu yöntemler nedeniyle PAH kontaminasyonu büyük bir tehlikedir. Polonya’da yapılan bir çalışmada hazır füme, konserve et ve balık ürünlerindeki PAH miktarları araştırılmış, sonuç olarak PAH (BaP ve toplam PAH) miktarı en yüksek olan ürün yağda tütsülenmiş konserve çaça balığı olarak bulunmuştur. Bu balıkta BaP ve toplam PAH sırasıyla, 36,51 mg/kg ve 73,01 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Zachara vd., 2017). Tütsüleme işlemi uygulanan yakıtın cinsine göre ürüne farklı bir tat ve aroma katarken PAH düzeylerinin farklı değerler almasına neden olmaktadır. Çipura ve levrek balıklarında tütsüleme işlemi uygulanarak PAH düzeyleri araştırılan bir çalışmada 3 farklı odun türü yakıt kaynağı olarak kullanılmıştır. Bunlar sırasıyla meşe, zeytin ve pınar ağaçları odunlarıdır. Tat olarak en çok zeytin odununda pişirilen örnekler beğenilmiştir. PAH düzeylerine bakıldığında BaP belirtilen limit değerlerin altında bulunmuştur (Deveci, 2018).

Finlandiya’da yapılan bir çalışmada, 20 farklı et ve balık ürününde PAH₄ (BaP, BbF, BaA ve Chr) varlığına bakılmıştır. PAH₄ konsantrasyonları GC-MS/MS ile belirlenirken, numune ekstraksiyonu hızlandırılmış bir solvent ekstraksiyon yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Gıda ekstraktlarının mutajenik değerleri, iki Salmonella suşu kullanılarak standart plaka birleştirme testi (Ames testi) ile yapılmıştır. Sonuçlar, incelenen gıda maddelerinin çoğunda PAH düzeylerinin,

tütsülenmiş balıklar hariç (0,8-15 µg/kg), miktar belirleme sınırının (0,78 µg/kg) altında olduğunu, ancak bir partinin bu sınırı aştığını (limitlerde olması gereken 30 µg/kg iken 44 µg/kg bulunmuştur) üstelik bu partide BaP miktarının da (8,2 µg/kg) limit değeri (5,0 µg/kg) geçtiğini göstermiştir. Ayrıca, tütsülenmiş balıkların üç partisinin de her iki test analizinde de mutajenik olduğu bulunmuştur. Genel olarak, her iki testten elde edilen verilerin birbiriyle uyum içinde olduğu bulunmuş ve PAH'ların işlenmiş gıda ürünlerinin mutajenitesine büyük oranda etkide bulunduğunu tespit etmişlerdir (Matthew Omoruyi, 2019).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Numunelerinin Temin Edilmesi

Numune toplama işlemleri için Kastamonu il merkezindeki çeşitli restoran ve kafelerden 10 adet kıymalı pide, 10 adet kuşbaşılı pide, 10 adet tavuk döner, 10 adet et döner, 5 adet acılı Adana kebab, 5 adet acısız Adana (Urfa) kebab olmak üzere toplam 50 adet numune temin edilmiştir. Numuneler 100gr-300gr aralığında toplanmış olup ağzı kilitli şeffaf poşetlerde paketlenmiş ve analize kadar -18°C 'de soğuk hava deposunda saklanmıştır.

3.1.2 Numunelerin Hazırlanması

Analiz edilinceye kadar -18°C 'de soğuk hava deposunda saklanan numunelerin önce oda sıcaklığında çözünmesi sağlanmıştır. Daha sonra numuneler analize hazır hale getirilmek amacıyla öğütücüde homojen hale gelinceye kadar öğütülmüştür.



Şekil 3.1 Öğütme aşamasındaki numuneler

3.1.3 Kullanılan Araçlar

- Öğütücü
- Sartorius CPA225D Hassas Terazi (Göttingen, Almanya)
- VELP SCIENTIFICA CLASSIC Vortex Mikseri (Milano, İtalya)
- Mezür (10 ml)
- HERMLE Z 326 K Soğutmalı Santrifüj (Gosheim, Almanya)
- Şırınga ve Şırınga Filtresi
- Pastör Pipetleri
- Spatüller
- Cam Numune Kapları
- Etüv
- Desikatör
- HUMAN POWER 2 Saf Su Sistemi
- Cam Büret (50 ml)
- SHIMADZU QP 2010 ULTRA GC-MS (Shimadzu, Japonya)
- Soxhelet Ekstraksiyon Düzeneği

3.1.4 Kullanılan Kimyasallar

- PAH Karışım Standardı: PAH-Mix 9 (ISO 17034 Reference Material. (PAH'lar; Np, Anp, Ane, Flr, Phe, An, Flu, Py, BaA, Chr, BbF, BkF, Bap, IcdP, DahA, Bghip)
- MACHEREY-NAGEL Türkiye firmasından temin edilen ve içerisinde: 4 g magnezyum sülfat (MgSO₄), 1 g sodyum klorür (NaCl), 1 g trisodyum sitrat dihidrat ve 0,5 g disodyum hidrojen sitrat seskuihidrat kimyasalları bulunan Q-sep QuEChERS mix 1 kiti kullanılmıştır.
- MACHEREY-NAGEL firmasından temin edilen ve içerisinde: 1,2 g MgSO₄, 0,4 mg Chromabond Diamino ve 0,4 g C18-ec kimyasalları bulunan CHROMABOND QuEChERS DIAMİNO/C18 ec Clean-up kiti kullanılmıştır.
- ISOLAB Asetonitril (C₂H₃N)
- Hekzan
- SIGMA-ALDRICH firmasından temin edilen Florisil kullanılmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Ekstraksiyon

3.2.2 QuEChERS Ekstraksiyon Metodu

Öğütme işleminden geçirilen numuneler homojen hale gelince, hassas terazide 10'ar gram tartılarak 50 ml'lik temiz falkon tüplerinin içlerine konuldu. Tüplere alınan numunelerin üzerine 5 ml saf su ilave edildi ve vorteks ile 1 dk karıştırıldı. Tüplerdeki içeriğin üzerine 10 ml asetonitril ilave edildi. Önce elle ardından vorteks tüp karıştırıcıda toplamda ortalama 3 dakika karıştırıldı. Daha sonra üzerine Q-sep mix 9 ilave edildi. Tüpler kapakları kapatılarak yaklaşık 2 dakika boyunca vorteks cihazında çalkalandı. Bu işlemlerin ardından tüpler soğutmalı santrifüjde 6000 rpm'te 5 dakika santrifüjlendi.

3.2.3 Clean-up

0,4'er gr florisil hassas terazide tartıldı. Clean-up tuzlarının içine ilave edildi. Florisil kullanma amacımız numunelerdeki yağı daha iyi temizlemektir. Ekstraksiyon aşamasında en son santrifüjlemeden sonra tüplerdeki oluşan üst faz CHROMABOND QuEChERS Diamino/C18 ec kodlu florisilli clean-up tuzlarını içeren 15 ml'lik falkon tüplerine aktarıldı ve vorteksle yaklaşık iki dakika çalkalandı. Daha sonra bu tüpler soğutmalı santrifüjde 5.000 rpm' de 2 dakika santrifüjlendi. Santrifüjlenen tüplerde oluşan üst faz şırınga ile alınarak 0,25 µm'lik mikro filtreden geçirilip cam viallere konuldu. Vialler GC-MS cihazının oto örnekleyicisine yerleştirilerek analiz edildi.



Şekil 3.2 Analiz için hazırlanan vial tüpleri

3.2.4 PAH Analizleri

PAH analizleri, üniversitemiz Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan Kütle Spektrometresi dedektörlü SHIMADZU GC-MS QP 2010 ULTRA Gaz Kromatografisi (GC-MS) cihazı ile yapılmıştır. GC-MS analiz koşulları Tablo 3.1'de verilmiştir. PAH standart karışım olarak DR EHRENSTORFER marka (Almanya) PAH-Mix-9 (PAH'lar; Np, Anp, Ane, Flr, Phe, An, Flu, Py, BaA, Chr, BbF, BkF, Bap, IcdP, DahA, Bghip) kullanılmıştır. Bu standarttan hazırlanan kalibrasyon çözeltileri 2,5 – 250 µg/kg aralığında 6 farklı konsantrasyonda olup bu aralığın üstünde kalan sonuçlara sahip numuneler seyreltilmek suretiyle tekrar analiz edilmiştir. Seyreltilen numunelerin sonuçları verilirken seyreltme faktörü hesaba

katılmıştır. Kullanılan analiz metodunun validasyonu her biri en az 6 tekrarlı analiz (gözlenebilme limiti (LOD), tayin limiti (LOQ), kesinlik ve geri kazanım) çalışmaları ile yapılmıştır. Boş matrikse standart katma yöntemi ile hazırlanmış 6 bağımsız çözelti (8 µg/kg derişimde) numune gibi analiz edilerek sonuçların standart sapması (s) bulunarak 3s LOD, 10s ise LOQ konsantrasyonları olarak belirlenmiştir. Kesinlik ve geri kazanım deneyleri için düşük konsantrasyonda (8 µg/kg) ve yüksek konsantrasyonda (125 µg/kg) 6 şar adet bağımsız örnek hazırlanarak çalışma yapılmıştır. Çoklu kalıntı analiz metotlarının geçerli kılınması için, metodun LOQ değerinin, MRL'nin altında veya MRL/2 olması; 70-120 arasında geri kazanım yüzdesine ve %20'den küçük relatif standart sapmaya (%RSD) sahip olması gerekmektedir (Yiğit vd., 2012).



Şekil 3.3 Shimadzu QP 2010 Ultra GC-MS

Tablo 3.1 GS-MS Analiz Koşulları

Kolon	Rxi-PAH Kapiler kolon (30m; 0.25mm; 0.10µm)
Taşıyıcı Gaz	Helyum
Kolon Fırın Sıcaklığı	70°C
Enjeksiyon Sıcaklığı	300°C
Enjeksiyon Modu	Splitless
Enjeksiyon Hacmi	2µl
Dedektör Gerilim	0,4 Kv
Interface Sıcaklığı	300°C
İyon Kaynağı Sıcaklığı	230°C
Fırın Sıcaklık Programı	70°C'de 2 dk, 70°C'den 150°C' ye 25°C/dk artışla, 150°C 'den 200°C'ye 3°C/dk artışla, 200°C' den 280°C'ye 8°C/dk artışla, 280°C'de 25 dk. Toplam 56,87 dk.

Validasyon çalışmaları sonucunda belirlenen LOD, LOQ, kesinliğin %Relatif Standart Sapması (RSD) ve geri kazanım yüzdeleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2 Validasyon çalışmalarından elde edilen sonuçlar

	Np	Anp	Ane	Flr	Phe	An	Flu	Py
R²	0,9966	0,9982	0,9985	0,9967	0,9984	0,9978	0,9993	0,9995
LOD	0,34	0,15	0,53	0,20	0,19	0,43	0,36	0,52
LOQ	1,13	0,50	1,77	0,66	0,65	1,42	1,19	1,74
RSD_K (8 µg/kg)	5,83	3,61	2,95	2,99	3,41	3,74	4,85	4,43
RSD_K (125µg/kg)	1,67	1,67	1,90	2,40	3,61	3,93	4,75	4,37
% GK (8 µg/kg)	94,79	103,73	104,92	102,75	100,65	100,25	99,15	100,04
% GK (125 µg/kg)	101,27	101,27	101,69	100,76	95,74	96,47	92,40	93,48
	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	IcdP	DahA	BghiP
R²	0,9983	0,9827	0,9991	0,9991	0,9993	0,9997	0,9983	0,9989
LOD	0,44	0,24	0,28	0,20	0,37	0,53	0,52	0,57
LOQ	1,48	0,79	0,92	0,67	1,23	1,78	1,73	1,89
RSD_K (8 µg/kg)	2,54	2,22	4,67	6,04	4,65	7,27	8,60	9,23
RSD_K (125µg/kg)	3,58	4,11	2,31	4,91	3,99	1,54	3,04	1,55
% GK (8 µg/kg)	99,58	99,19	100,06	101,33	99,08	106,6	106,02	106,04
% GK (125 µg/kg)	97,39	98,59	100,52	106,98	101,16	97,74	102,44	101,78

R² : Kalibrasyon doğrusunun korelasyon katsayısı

LOD : Gözlenebilme limiti

LOQ : Tayin limiti

RSD_K : Kesinliğin % relatif standart sapması

GK : Geri kazanım

3.2.5 Numunelerde Yağ Tayini

Öğütülen numunelerden 2 g (M_1) tartılarak, soxhelet kartuşlarının içerisine alınmıştır. Selüloz süzgeç kağıdı ile kartuşlar tıkanmış ve numunelerin kartuştan çıkmaması sağlanmıştır. Kartuşlar soxhelet ekstraksiyon cihazına yerleştirilmiş ve yağın eldesi için aşağıdaki işlemler yapılmıştır (TS 1632 EN ISO 665, 2001). Önceden etüvlenmiş ve daraları alınmış (M_2) cam balon kaplara 80-100 ml petrol

eteri ((C₂H₅)₂O) çözücüsü ilave edilerek balonlar, ekstraktör ve soğutucu birbirine bağlanmıştır. Birbirine bağlanan balonlar, ekstraktör ve soğutucu, ısıtıcı tabla üzerine yerleştirilerek çözücü yavaş yavaş kaynayacak şekilde ısıtıcının sıcaklığı ayarlanmıştır. Üç saat uygulanan ekstrasyon sonucunda cam balonlar içerisinde kalan çözücünün uzaklaştırılması ve yağın saf eldesi için cam balonlar etüvde 1 saat bekletildikten sonra desikatör içinde yaklaşık 1 saat süreyle soğutulmuş ve balonlar 1 mg duyarlılıkta hassas terazide tartılmıştır. Balonun son ağırlığı (M_3) kaydedildikten sonra içindeki numunelerde bulunan yağ yüzdeleri denklem 3.1'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{(Denklem 1) \% Toplam Yağ Miktarı (g/100g)} = \frac{M_3 - M_2}{M_1} \times 100 \quad (3.1)$$

Burada:

M_1 = Alınan örneğin ağırlığı (g).

M_2 = Sabit tartıma getirilmiş balonun ağırlığı (g).

M_3 = Balonun toplanan yağ ile birlikte ağırlığı (g) dır.

3.2.6 İstatistiksel Analiz

Analizlerde Kastamonu Üniversitesi'nce sağlanan SPSS 23 programı kullanılmıştır. Grupların normalliği Shapiro-Wilk testi, homojenliği Levene's testi ile kontrol edilmiştir. Test sonuçlarına göre grupların çoğunluğu homojen olsa da hepsi normal dağılım göstermedikleri ve grupların numune sayıları 30'dan az olduğu için analiz edilen PAH türlerine ait sonuçların arasında bir ilişki olup olmadığını araştırmak için non-parametrik Spearman korelasyon testi kullanılmıştır. Grupların analiz parametreleri sonuçlarının ortalamalarının karşılaştırılması için ONE-WAY ANOVA testlerinden Duncan testi kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yaptığımız çalışmada kıymalı pide, kuşbaşı pide, tavuk döner, et döner, Adana kebab ve acısız Adana (Urfa) kebab numunelerinin öncelikle yağ analizleri yapılmıştır. Numunelere ait analiz sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1 Örneklere ait yağ miktarları

NUMUNE KODU	NUMUNE TİPİ	PİŞİRME ŞEKLİ	% YAĞ(g/100g)
1	Kıymalı Pide	Taş Fırın	4,49
2	Kuşbaşı Pide	Taş Fırın	5,06
3	Adana Kebab	Kömürde Mangal	18,13
4	Adana Kebab	Kömürde Mangal	15,65
5	Acısız Adana (Urfa) Kebab	Kömürde Mangal	17,86
6	Kıymalı Pide	Taş Fırın	4,56
7	Kuşbaşı Pide	Taş Fırın	2,25
8	Tavuk Döner	Dikey Gazlı Ocak	6,50
9	Et Döner	Dikey Gazlı Ocak	15,84
10	Tavuk Döner	Dikey Gazlı Ocak	13,04
11	Et Döner	Dikey Gazlı Ocak	14,46
12	Tavuk Döner	Dikey Gazlı Ocak	8,41
13	Tavuk Döner	Dikey Gazlı Ocak	9,54
14	Kıymalı Pide	Taş Fırın	2,54
15	Kuşbaşı Pide	Taş Fırın	2,92
16	Et Döner	Dikey Gazlı Ocak	15,34
17	Adana Kebab	Kömürde Mangal	19,10
18	Et Döner	Dikey Gazlı Ocak	12,60
19	Tavuk Döner	Dikey Gazlı Ocak	10,68
20	Tavuk Döner	Dikey Gazlı Ocak	6,69
21	Kıymalı Pide	Taş Fırın	3,02
22	Kuşbaşı Pide	Taş Fırın	2,80
23	Kıymalı Pide	Taş Fırın	2,74
24	Kıymalı Pide	Taş Fırın	2,90
25	Kıymalı Pide	Taş Fırın	1,94
26	Kıymalı Pide	Taş Fırın	3,73
27	Kıymalı Pide	Taş Fırın	3,14
28	Kıymalı Pide	Taş Fırın	2,43
29	Kuşbaşı Pide	Taş Fırın	4,88
30	Kuşbaşı Pide	Taş Fırın	2,95
31	Kuşbaşı Pide	Taş Fırın	5,11
32	Kuşbaşı Pide	Taş Fırın	3,97
33	Kuşbaşı Pide	Taş Fırın	5,52
34	Kuşbaşı Pide	Taş Fırın	4,26
35	Tavuk Döner	Dikey Gazlı Ocak	12,26
36	Tavuk Döner	Dikey Gazlı Ocak	6,39
37	Tavuk Döner	Dikey Gazlı Ocak	5,13
38	Tavuk Döner	Dikey Gazlı Ocak	10,81
39	Acısız Adana (Urfa) Kebab	Kömürde Mangal	16,92
40	Acısız Adana (Urfa) Kebab	Kömürde Mangal	15,09
41	Acısız Adana (Urfa) Kebab	Kömürde Mangal	19,00
42	Acısız Adana (Urfa) Kebab	Kömürde Mangal	21,14
43	Adana Kebab	Kömürde Mangal	21,94
44	Adana Kebab	Kömürde Mangal	18,86
45	Et Döner	Dikey Gazlı Ocak	32,59
46	Et Döner	Dikey Gazlı Ocak	31,57
47	Et Döner	Dikey Gazlı Ocak	28,10
48	Et Döner	Dikey Gazlı Ocak	29,40
49	Et Döner	Dikey Gazlı Ocak	26,90
50	Et Döner	Dikey Gazlı Ocak	29,44

Tablo 4.2 Örneklere ait PAH miktarları

NUMUNE KODU	NUMUNE TİPİ	PAH BİLEŞİMİ (µg/kg)																	TOPLAM PAH
		Np	Anp	Ane	Flr	Phe	An	Flu	Py	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	IcdP	DahA	BghiP	Pah4	
1	Kıymalı Pide	20,56	TE	TE	TE	4,06	2,32	TE	1,41	TE	TE	TE	TE	0,56	TE	TE	TE	0,56	28,91
2	Kuşbaşı Pide	18,34	TE	TE	1,79	6,51	6,81	1,37	2,46	TE	0,33	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,33	37,61
3	Adana Kebap	45,54	7,46	TE	4,22	22,63	3,31	6,63	6,97	0,16	0,30	0,44	0,36	TE	TE	TE	TE	0,9	98,02
4	Adana Kebap	381,18	54,20	45,95	115,64	228,68	48,69	41,39	41,44	3,32	2,81	1,77	0,20	1,69	TE	0,70	TE	9,59	967,66
5	Acısız Adana (Urfa) Kebap	291,57	42,31	38,82	81,28	191,16	41,42	33,14	34,56	2,78	2,86	1,57	0,17	1,29	TE	TE	TE	8,5	762,93
6	Kıymalı Pide	30,90	TE	TE	2,26	6,27	0,66	1,45	2,54	TE	0,09	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,01	44,09
7	Kuşbaşı Pide	37,12	2,38	TE	3,25	6,99	0,21	1,39	2,15	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,13	TE	0	53,62
8	Tavuk Döner	14,16	TE	TE	TE	TE	TE	1,33	2,19	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0	17,68
9	Et Döner	15,36	TE	TE	TE	TE	0,03	TE	2,74	TE	9,64	TE	TE	0,12	TE	TE	TE	9,76	27,89
10	Tavuk Döner	12,39	TE	TE	TE	TE	0,08	TE	6,29	TE	TE	0,23	TE	0,69	TE	0,10	TE	0,92	19,77
11	Et Döner	26,74	1,40	TE	1,63	TE	TE	1,53	1,97	TE	0,23	TE	TE	TE	0,12	TE	TE	0,23	33,62
12	Tavuk Döner	15,40	TE	TE	TE	TE	TE	TE	1,28	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,12	TE	0	16,80
13	Tavuk Döner	9,73	TE	TE	TE	3,87	TE	1,19	1,89	TE	TE	TE	TE	0,07	TE	TE	TE	0,07	16,75
14	Kıymalı Pide	11,94	TE	TE	TE	2,50	1,01	2,071	0,74	TE	TE	0,22	0,14	TE	TE	TE	TE	0,22	18,62
15	Kuşbaşı Pide	12,71	TE	TE	TE	5,44	1,24	1,46	2,35	TE	0,37	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,37	23,57
16	Et Döner	TE	0,40	TE	TE	7,62	0,71	2,85	4,52	0,68	0,99	TE	TE	0,85	TE	TE	TE	2,52	18,62
17	Adana Kebap	35,75	TE	TE	2,80	19,51	2,24	6,75	9,42	0,40	0,90	0,51	0,42	0,46	TE	1,29	TE	2,27	80,45
18	Et Döner	14,14	0,16	TE	0,88	5,78	4,96	TE	1,79	TE	7,04	0,04	TE	TE	TE	TE	TE	7,08	34,79
19	Tavuk Döner	10,65	TE	TE	TE	2,50	3,15	0,31	0,42	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,13	TE	0	17,16
20	Tavuk Döner	10	TE	TE	TE	5,75	5,26	2,11	1,67	TE	TE	TE	TE	0,26	TE	TE	TE	0,26	25,05
21	Kıymalı Pide	27,60	0,65	TE	1,41	5,84	5,35	TE	2,26	TE	3,95	TE	TE	TE	TE	TE	TE	3,95	47,06
22	Kuşbaşı Pide	24,48	TE	TE	TE	4,28	4,73	1,65	2,95	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0	38,09
23	Kıymalı Pide	89,22	1,75	TE	TE	7,28	TE	2,20	2,05	TE	TE	0,10	0,02	0,24	TE	TE	TE	0,34	102,86
24	Kıymalı Pide	71,05	TE	TE	TE	9,00	TE	2,34	1,97	TE	TE	0,35	0,26	0,35	TE	TE	TE	0,7	85,32
25	Kıymalı Pide	54,26	0,43	TE	TE	5,02	TE	1,62	1,47	TE	TE	0,14	0,06	0,33	TE	TE	TE	0,47	63,33
26	Kıymalı Pide	12,68	TE	TE	TE	4,06	TE	0,57	0,87	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0	18,18
27	Kıymalı Pide	11,92	0,82	TE	TE	4,41	0,59	1,28	2,25	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0	21,27
28	Kıymalı Pide	10,34	TE	TE	TE	4,23	TE	1	1,85	TE	0,15	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,15	17,57

Tablo 4.2'nin devamı

NUMUNE KODU	NUMUNE TİPİ	PAH BİLEŞİMİ (µg/kg)																	TOPLAM PAH
		Np	Anp	Ane	Flr	Phe	An	Flu	Py	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	IcdP	DahA	BghiP	Pah4	
29	Kuşbaşılı Pide	17,54	TE	TE	0,57	0,67	0,96	1,79	3,31	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0	24,84
30	Kuşbaşılı Pide	21,40	TE	TE	TE	5,65	0,05	1,85	3,37	TE	0,19	0,09	0,09	0,33	TE	TE	TE	0,61	32,94
31	Kuşbaşılı Pide	17,26	0,25	TE	TE	19,68	2,47	13,79	28,68	4,50	6,92	3,03	0,84	3,97	TE	4,02	TE	18,42	105,41
32	Kuşbaşılı Pide	14,61	TE	TE	TE	6,52	7,12	2,08	2,99	TE	0,28	TE	TE	0,46	TE	TE	TE	0,74	34,06
33	Kuşbaşılı Pide	11,93	TE	TE	TE	4,37	1,00	1,25	2,33	TE	0,53	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,53	21,41
34	Kuşbaşılı Pide	13,80	TE	TE	TE	3,71	TE	1,04	1,70	TE	0,12	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,12	20,37
35	Tavuk Döner	11,38	TE	TE	TE	TE	TE	2,18	4,22	TE	TE	TE	TE	0,19	TE	TE	TE	0,19	17,97
36	Tavuk Döner	22,49	0,088	TE	3,623	9,35	0,63	2,39	3,54	TE	0,04	0,20	0,12	0,40	TE	TE	TE	0,64	42,87
37	Tavuk Döner	19,46	TE	TE	TE	5,9	TE	2,423	4,82	TE	0,05	0,49	TE	TE	TE	0,02	TE	0,54	33,16
38	Tavuk Döner	23,19	TE	TE	TE	0,16	0,20	4,149	8,45	0,61	1,18	0,72	0,31	1,05	TE	0,12	TE	3,56	40,14
39	Acısız Adana (Urfa) Kebap	151,37	35,40	TE	20,99	100,44	16,64	24,10	12,85	0,87	0,71	1,10	1,00	0,45	TE	TE	0,52	3,13	366,44
40	Acısız Adana (Urfa) Kebap	112,15	27,33	17,37	16,26	70,10	11,79	20,56	10,79	0,88	0,72	1,50	0,24	1,03	TE	0,28	TE	4,13	291
41	Acısız Adana (Urfa) Kebap	261,22	62,92	26,64	50,55	266,62	53,70	73,60	48,64	7,93	7,81	4,34	2,07	2,92	TE	3,54	TE	23	872,50
42	Acısız Adana (Urfa) Kebap	183,78	47,21	TE	24,92	116,43	20,45	31,07	16,74	1,59	1,49	1,83	0,35	0,69	TE	0,05	TE	5,6	446,60
43	Adana Kebap	101,25	22,47	TE	9,00	69,54	11,15	18,74	13,32	0,84	1,15	1,01	0,82	0,61	TE	TE	TE	3,61	249,90
44	Adana Kebap	119,35	29,27	TE	15,10	85,01	13,90	25,86	19,90	2,08	1,89	1,58	1,69	1,42	TE	TE	TE	6,97	317,05
45	Et Döner	17,12	TE	TE	TE	TE	TE	0,44	TE	TE	TE	TE	TE	0,50	0,41	TE	TE	0,5	18,47
46	Et Döner	27,86	TE	TE	TE	5,25	TE	TE	0,98	3,18	0,33	TE	TE	TE	TE	0,13	TE	3,51	37,73
47	Et Döner	15,66	TE	TE	TE	5,62	TE	TE	2,87	4,28	5,84	TE	TE	0,1	TE	TE	TE	10,22	34,37
48	Et Döner	20,88	TE	TE	TE	5,59	5,27	TE	2,64	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0	34,38
49	Et Döner	23,95	TE	TE	TE	4,89	4,55	TE	1,60	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,08	TE	0	35,07
50	Et Döner	18,54	TE	3,36	TE	14,95	1,53	10,24	18,98	2,50	2,48	1,96	1,14	2,10	TE	8,45	TE	9,04	86,23

TE: Tespit Edilemedi

Tüm numunelerin Toplam PAH ortalaması, minimum ve maksimum seviyeleri sırasıyla 118,00; 16,75 ve 967,66 µg/kg olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmamızda hiçbir numunenin BaP ve PAH₄ (BaP, BaA, BbF, Chr toplamı) konsantrasyonu Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğindeki limitleri (sırasıyla 5 ve 30 µg/kg) aşmamıştır. Çalışmamızdaki en yüksek BaP seviyesine (3,96 µg/kg) bir kuşbaşılı pide numunesinde, en yüksek Toplam PAH içeriğine (967,66 µg/kg) bir Adana kebab numunesinde ve en yüksek PAH₄ konsantrasyonuna (18,42 µg/kg) da yine bir kuşbaşılı pide numunesinde rastlanmıştır.

Tablo 4.3 Numune tiplerinin PAH çeşitleri ve Toplam PAH içeriklerinin istatistiki olarak karşılaştırılması

NUMUNE TİPİ	Numune tiplerinin PAH bileşikleri ortalamaları ve Toplam PAH ortalamaları (µg/kg)																	TOPLAM
	Np	Anp	Ane	Flr	BbF	Chr	BaP	BghiP	DahA	BaA	IcdP	Py	Phe	An	Flu	BkF	PAH ₄	PAH
Kıymalı pide	32,35 ^a	0,33 ^a	0,00 ^a	0,33 ^a	0,07 ^a	0,37 ^{ab}	0,13 ^a	0,00 ^a	0,01 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a	1,70 ^a	4,78 ^a	0,90 ^a	1,14 ^a	0,04 ^a	0,58 ^a	42,18 ^a
Kuşbaşılı pide	18,92 ^a	0,26 ^a	0,00 ^a	0,56 ^a	0,31 ^a	0,87 ^{ab}	0,48 ^{ab}	0,00 ^a	0,42 ^a	0,45 ^a	0,00 ^a	5,23 ^a	6,38 ^a	2,46 ^a	2,77 ^a	0,09 ^a	2,11 ^a	39,19 ^a
Adana kebab	136,61 ^b	22,68 ^b	9,19 ^b	29,35 ^b	1,06 ^b	1,41 ^{ab}	0,84 ^b	0,00 ^a	0,40 ^a	1,36 ^a	0,00 ^a	18,21 ^b	85,07 ^b	15,86 ^b	19,87 ^b	0,70 ^b	4,67 ^{ab}	342,62 ^b
Acısız Adana (Urfa) kebab	200,02 ^c	43,03 ^c	16,57 ^b	38,80 ^b	2,07 ^c	2,72 ^b	1,28 ^b	0,10 ^b	0,77 ^a	2,81 ^b	0,00 ^a	24,72 ^b	148,95 ^c	28,80 ^c	36,49 ^c	0,77 ^b	8,87 ^b	547,89 ^c
Tavuk döner	14,83 ^a	0,01 ^a	0,00 ^a	0,40 ^a	0,13 ^a	0,14 ^a	0,35 ^a	0,00 ^a	0,04 ^a	0,07 ^a	0,00 ^a	3,72 ^a	3,06 ^a	1,04 ^a	1,79 ^a	0,05 ^a	0,69 ^a	25,62 ^a
Et döner	18,03 ^a	0,20 ^a	0,34 ^a	0,25 ^a	0,20 ^a	2,66 ^{ab}	0,37 ^a	0,00 ^a	0,87 ^a	1,06 ^a	0,05 ^a	3,81 ^a	4,97 ^a	1,71 ^a	1,51 ^a	0,11 ^a	4,29 ^{ab}	36,12 ^a

Aynı sütundaki farklı üssel harfler anlamlı istatistiki farklılık olduğunu göstermektedir.

PAH bileşiklerinin ortalama konsantrasyonları ve toplam PAH konsantrasyonları numune tipleri bakımından karşılaştırıldığında (Tablo 4.3) numune tiplerinden Adana kebab ve acısız Adana (Urfa) kebabın genel olarak diğerlerinden istatistiki anlamlı şekilde daha yüksek düzeyde PAH bileşikleri ve toplam PAH içerdiği görülmektedir. Genel olarak en düşük PAH bileşiği konsantrasyonlarına ve toplam PAH içeriğine tavuk döner grubunun sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Tavuk döneri et döner ve kuşbaşı pıde, ardından kıymalı pıde takip etmektedir. Acısız Adana (Urfa) kebab çeşidi çalışmamızda tespit edilebilen bütün PAH bileşiklerinin genelini diğer numune çeşitlerinden çok daha yüksek konsantrasyonda içermekte olup aynı zamanda en yüksek toplam PAH içeriğine sahip olan numune çeşididir. Ayrıca karsinojen PAH bileşiği BaP'ın en yüksek grup ortalaması içeriğine yine istatistiki olarak anlamlı bir farklılıkla acısız Adana (Urfa) kebabının sahip olduğu ve bu değerin (1,28 µg/kg) Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğindeki limiti (5 µg/kg) aşmadığı görülmektedir. Buna rağmen diğer numune çeşitlerinin BAP içerikleri arasında istatistiki olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. Numune tipi grup ortalama değerleri PAH₄ bakımından incelendiğinde ise acısız Adana (Urfa) kebabı grubunun ortalama PAH₄ değeri istatistiki olarak anlamlı şekilde diğer gruplardan yüksektir. Ancak acısız Adana (Urfa) kebabı grubunun ortalama PAH₄ değeri de Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğindeki limiti (30 µg/kg) aşmamaktadır.

Tablo 4.4 Numune pişirme şekillerine göre PAH çeşitleri ve Toplam PAH içeriklerinin istatistiki olarak karşılaştırılması

PİŞİRME ŞEKLİ	Numunelerin pişirme tekniklerine göre oluşturulan grupların PAH bileşikleri ortalamaları ve Toplam PAH ortalamaları (µg/kg)																	TOPLAM
	Np	Anp	Ane	Flr	BbF	Chr	BaP	BghiP	DahA	BaA	IcdP	Py	Phe	An	Flu	BkF	PAH ₄	PAH
Taş fırın	26,48 ^a	0,31 ^a	0,00 ^a	0,46 ^a	0,20 ^a	0,64 ^a	0,31 ^a	0,00 ^a	0,21 ^a	0,23 ^a	0,00 ^a	3,49 ^a	5,82 ^a	1,73 ^a	2,01 ^a	0,07 ^a	1,38 ^a	41,96 ^a
Kömürde mangal	168,32 ^b	32,86 ^b	12,88 ^b	34,08 ^b	1,57 ^b	2,06 ^a	1,06 ^b	0,05 ^a	0,59 ^a	2,09 ^b	0,00 ^a	21,46 ^b	117,01 ^b	22,33 ^b	28,18 ^b	0,73 ^b	6,77 ^b	445,26 ^b
Dikey gazlı ocak	16,46 ^a	0,10 ^a	0,17 ^a	0,31 ^a	0,16 ^a	1,39 ^a	0,34 ^a	0,00 ^a	0,46 ^a	0,56 ^a	0,03 ^a	3,64 ^a	3,86 ^a	1,32 ^a	1,56 ^a	0,08 ^a	2,45 ^a	30,43 ^a

Aynı sütundaki farklı üssel harfler anlamlı istatistiki farklılık olduğunu göstermektedir.

Numuneleri pişirme tekniklerine göre grupladığımızda PAH bileşiği konsantrasyonlarının ve Toplam PAH içeriklerinin en yüksek kömürde mangal pişirme tekniği ile ortaya çıktığı tespit edilmiştir (Tablo 4.4). Bunu taş fırında pişirme tekniği izlemektedir ve dikey gazlı ocakta pişirme tekniği genel olarak en az PAH bileşiği konsantrasyonları ve Toplam PAH içeriği konsantrasyonlarına neden olmaktadır. En yüksek karsinojen BaP ve PAH₄ içeriği ortalamaları yine kömürde mangal pişirme tekniğinde görülmektedir. Taş fırında pişirme tekniği ve dikey gazlı ocakta pişirme teknikleri kıyaslandığında ise BaP ve PAH₄ konsantrasyonlarının istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Çalışmamızda Toplam PAH içeriklerine baktığımızda kömürde mangal pişirme tekniğinin diğer tekniklere göre istatistiki olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği de belirlenmiştir. Rose vd. (2015) en yüksek PAH seviyelerinin, farklı pişirme teknikleri kullanılarak pişirilen etlerin içinde mangalda pişirilen etlerde oluştuğunu ve bunun sebebinin etten akan yağın doğrudan mangal ateşine damlaması yüzünden yüksek oranda PAH'ların oluşması olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde Pouzou, Costard, ve Zagmutt (2018) yaptıkları meta-analiz çalışmasında inceledikleri gıdaların arasında mangalda pişmiş, tütülenmiş ve kızartılmış/kavrulmuş etlerin en yüksek PAH'lara sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yine çalışmamızda hiçbir grubun ortalama BaP ve PAH₄ değeri Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğindeki limitleri aşmamaktadır. Terzi ve arkadaşları tarafından (2008) 40 adet döner ve kebapta pişirme tekniği üzerine yapılan bir çalışmada numuneler gaz ateşi ve kömür ateşinde pişirilmiştir. Çalışmada kömür ateşinde pişirilen örneklerde daha fazla PAH oluştuğu tespit edilmiştir. 16 numunenin ise belirtilen sınır değerleri aştığı saptanmıştır. Darwish vd., 2019 mangalda, tavada pişirme, haşlama işlemi yapılan etlerde ve çiğ etteki PAH düzeylerini incelemiş bunların miktarlarının sırası ile mangalda pişirme>tavada pişirme>haşlama>çiğ et olarak azaldığını belirlemişlerdir. Sonuçlar sırasıyla $4,84 \pm 0,94$; $2,30 \pm 0,71$; $0,20 \pm 0,10$ ve $0,06 \pm 0,01$ ng/g olarak bulunmuştur. Perelló vd. 2009 ızgara, kızartma, kavurma ve haşlama olmak üzere dört farklı tipte pişirme tekniği uygulanan tuna balıklarında PAH miktarlarının kızartma yönteminde diğer pişirme yöntemlerine göre PAH düzeyinin daha fazla olduğu görmüşlerdir.

Tablo 4.5 Numune yağ içerikleri gruplarına göre PAH çeşitleri ve Toplam PAH içeriklerinin istatistiki olarak karşılaştırılması

Yağ içeriği düzeyi	Numunelerin yağ içeriklerine göre oluşturulan grupların PAH bileşikleri ortalamaları ve Toplam PAH ortalamaları (µg/kg)																	TOPLAM
	Np	Anp	Ane	Flr	BbF	Chr	BaP	BghiP	DahA	BaA	IcdP	Py	Phe	An	Flu	BkF	PAH ₄	PAH
Düşük	24,82 ^a	0,27 ^a	0,00 ^a	0,54 ^a	0,17 ^a	0,59 ^a	0,31 ^a	0,00 ^a	0,17 ^a	0,19 ^a	0,00 ^a	3,41 ^a	5,73 ^a	1,68 ^a	2,02 ^a	0,06 ^a	1,21 ^a	39,91 ^a
Orta	24,58 ^a	3,49 ^a	2,17 ^a	2,14 ^a	0,28 ^a	1,24 ^a	0,40 ^a	0,00 ^a	0,08 ^a	0,27 ^a	0,00 ^a	4,17 ^a	11,25 ^a	2,60 ^a	3,90 ^a	0,07 ^a	2,19 ^a	56,65 ^a
Yağlı	128,84 ^b	25,29 ^b	7,26 ^a	24,06 ^{a,b}	1,24 ^b	2,66 ^a	0,91 ^a	0,05 ^a	0,57 ^a	1,70 ^b	0,01 ^a	17,33 ^b	88,62 ^b	16,69 ^b	22,30 ^b	0,66 ^b	6,51 ^b	338,19 ^b
Çok yağlı	57,64 ^a	6,22 ^a	5,27 ^a	10,69 ^a	0,50 ^a	1,48 ^a	0,50 ^a	0,00 ^a	1,08 ^a	1,61 ^b	0,05 ^a	8,58 ^a	31,26 ^a	7,01 ^a	6,31 ^a	0,21 ^a	4,08 ^b	138,40 ^a

Aynı sütundaki farklı üssel harfler anlamlı istatistiki farklılık olduğunu göstermektedir.

Numuneleri yağ içeriklerine göre grupladığımızda düşük, orta, yağlı ve çok yağlı olmak üzere 4 grup elde edilmiş olup bunların PAH bileşikleri konsantrasyonları ve Toplam PAH konsantrasyonlarının ortalamalarının karşılaştırılması yapılmıştır (Tablo 4.5). Yağlı grubundaki genel olarak PAH bileşiği konsantrasyonlarının ve Toplam PAH konsantrasyonunun diğer gruplara göre istatistiki anlamlı olarak farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Çok yağlı grubunda genel olarak PAH bileşikleri konsantrasyonları ve Toplam PAH konsantrasyonu yüksek olmasına rağmen yağlı gruptan daha aşağı düzeylerde kalmasının sebebi yağlı grubundaki numunelerin hemen hepsinin kömürde mangal tekniği ile pişirilmesi olduğu düşünülmektedir. Yine karsinojen BaP bileşiği içerikleri yağ oranına göre gruplandırılmış numunelerinin hiçbirinde istatistiki anlamlı farklılık göstermemekle birlikte en yüksek miktarlar yine yağlı grubunda tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak da bu grubun genelde kömür mangal pişirme tekniği olan numunelerden oluşması düşünülmüştür. Pöhlmann ve arkadaşları da (2013) pişirme sırasında oluşan PAH seviyelerinin et ürünlerinde yağ oranı arttıkça arttığını bildirmişlerdir.

Lee vd., (2016) Güney Kore'de ızgara yöntemlerinin PAH₄ (BaA, Chr, BbF ve BaP) seviyesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Et örneklerinin yanan odun kömürü ile barbekü yapılması ile ilgili olarak, PAH'ların azalmasına katkıda bulunduğu gözlenmiştir. Dört PAH'ın toplamı, yağ damlamaları giderilerek %48-89 oranında azaltılmış ve ızgara domuz eti ve sığır eti etlerinde geleneksel ızgaraya göre PAH miktarlarının da %41-74 azaldığı görülmüştür. Et damlama bileşenleri de çalışmada araştırılmış ve etden damlayan ana bileşenin yağ olduğu bulunmuştur. Izgarada PAH'ların oluşmasında katkıda bulunan en önemli faktör, ateşe damlayan yağın eksik yanmasından kaynaklanan duman olduğu tespit edilmiş aynı zamanda tespit edilen PAH'ların mutajenik olduğu ve DNA'da kanser riskini artırabilecek değişikliklere neden olabileceği gözlemlenmiştir.

Tablo 4.6 Çalışmada incelenen PAH bileşikleri, Toplam PAH ve numunelerin yağ yüzdeleri arasında korelasyon olup olmadığının istatistiki incelemesi.

		Np	Anp	Ane	Flr	BbF	Chr	BaP	BghiP	DahA	BaA	IcdP	Py	Phe	An	Flu	BkF	Toplam PAH	Yüzde Yağ	PAH ₄
Np	Korelasyon Katsayısı	1,000	0,635**	0,256	0,414**	0,203	0,012	0,376**	0,329*	0,646**	0,609**	0,366**	0,702**	0,421**	0,474**	0,526**	0,651**	0,895**	0,241	0,414**
	P	.	0,000	0,073	0,003	0,158	0,932	0,007	0,020	0,000	0,000	0,009	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,091	0,003
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Anp	Korelasyon Katsayısı	0,635**	1,000	0,126	0,429**	0,233	0,029	0,387**	0,435**	0,565**	0,595**	0,358*	0,750**	0,503**	0,494**	0,583**	0,672**	0,692**	0,178	0,453**
	P	0,000	.	0,383	0,002	0,104	0,843	0,005	0,002	0,000	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,217	0,001
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Ane	Korelasyon Katsayısı	0,256	0,126	1,000	0,444**	-0,092	-0,131	0,504**	0,234	0,342*	0,417**	0,356*	0,151	0,184	0,302*	0,232	0,240	0,305*	0,326*	0,453**
	P	0,073	0,383	.	0,001	0,527	0,365	0,000	0,103	0,015	0,003	0,011	0,294	0,200	0,033	0,104	0,093	0,031	0,021	0,001
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Flr	Korelasyon Katsayısı	0,414**	0,429**	0,444**	1,000	-0,048	-0,068	0,266	0,410**	0,442**	0,531**	0,480**	0,450**	0,441**	0,489**	0,488**	0,478**	0,477**	0,307*	0,396**
	P	0,003	0,002	0,001	.	0,743	0,639	0,062	0,003	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,004
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
BbF	Korelasyon Katsayısı	0,203	0,233	-0,092	-0,048	1,000	-0,029	0,711**	0,087	0,244	0,182	0,078	0,236	0,206	0,163	0,194	0,203	0,203	0,114	0,671**
	P	0,158	0,104	0,527	0,743	.	0,841	0,000	0,548	0,088	0,206	0,592	0,099	0,152	0,257	0,177	0,157	0,158	0,431	0,000
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Chr	Korelasyon Katsayısı	0,012	0,029	-0,131	-0,068	-0,029	1,000	0,440**	-0,101	-0,154	-0,165	-0,015	0,009	-0,251	-0,246	-0,108	-0,304*	-0,150	0,222	0,862**
	P	0,932	0,843	0,365	0,639	0,841	.	0,001	0,485	0,286	0,251	0,919	0,950	0,079	0,085	0,455	0,032	0,297	0,122	0,000
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
BaP	Korelasyon Katsayısı	0,376**	0,387**	0,504**	0,266	0,173	0,440**	1,000	0,078	0,382**	0,635**	-0,015	0,670**	0,516**	0,327*	0,664**	0,656**	0,509**	0,367**	0,714**
	P	0,007	0,005	0,000	0,062	0,229	0,001	.	0,592	0,006	0,000	0,919	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
BghiP	Korelasyon Katsayısı	0,329*	0,435**	0,234	0,410**	0,087	-0,101	0,078	1,000	0,450**	0,487**	0,405**	0,471**	0,458**	0,623**	0,376**	0,543**	0,540**	0,421**	0,094
	P	0,020	0,002	0,103	0,003	0,548	0,485	0,592	.	0,001	0,000	0,004	0,001	0,001	0,000	0,007	0,000	0,000	0,002	0,514
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
DahA	Korelasyon Katsayısı	0,646**	0,565**	0,342*	0,442**	0,244	-0,154	0,382**	0,450**	1,000	0,945**	0,624**	0,517**	0,434**	0,638**	0,804**	0,684**	0,751**	0,266	0,281*
	P	0,000	0,000	0,015	0,001	0,088	0,286	0,006	0,001	.	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,062	0,048
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
BaA	Korelasyon Katsayısı	0,609**	0,595**	0,417**	0,531**	0,182	-0,165	0,635**	0,487**	0,945**	1,000	0,675**	0,535**	0,473**	0,673**	0,748**	0,661**	0,742**	0,290*	0,746**
	P	0,000	0,000	0,003	0,000	0,206	0,251	0,000	0,000	0,000	.	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,041	0,000
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
IcdP	Korelasyon Katsayısı	0,366**	0,358*	0,356*	0,480**	0,078	-0,015	-0,015	0,405**	0,624**	0,675**	1,000	0,241	0,320*	0,626**	0,621**	0,488**	0,485**	0,341*	-0,077
	P	0,009	0,011	0,011	0,000	0,592	0,919	0,919	0,004	0,000	0,000	.	0,092	0,024	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,594
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Tablo 4.6'nın devamı

		Np	Anp	Ane	Flr	BbF	Chr	BaP	BghiP	DahA	BaA	IcdP	Py	Phe	An	Flu	BkF	Toplam PAH	Yüzde Yağ	PAH ₄
Py	Korelasyon Katsayısı	0,702**	0,750**	0,151	0,450**	0,236	0,009	0,670**	0,471**	0,517**	0,535**	0,241	1,000	0,631**	0,559**	0,557**	0,672**	0,698**	0,300*	0,627**
	P	0,000	0,000	0,294	0,001	0,099	0,950	0,000	0,001	0,000	0,000	0,092	.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,034	0,000
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Phe	Korelasyon Katsayısı	0,421**	0,503**	0,184	0,441**	0,206	-0,251	0,516**	0,458**	0,434**	0,473**	0,320*	0,631**	1,000	0,533**	0,455**	0,650**	0,595**	0,293*	0,577**
	P	0,002	0,000	0,200	0,001	0,152	0,079	0,000	0,001	0,002	0,001	0,024	0,000	.	0,000	0,001	0,000	0,000	0,039	,000
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
An	Korelasyon Katsayısı	0,474**	0,494**	0,302*	0,489**	0,163	-0,246	0,327*	0,623**	0,638**	0,673**	0,626**	0,559**	0,533**	1,000	0,747**	0,645**	0,640**	0,370**	0,397**
	P	0,001	0,000	0,033	0,000	0,257	0,085	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	.	0,000	0,000	0,000	0,008	,004
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Flu	Korelasyon Katsayısı	0,526**	0,583**	0,232	0,488**	0,194	-0,108	0,664**	0,376**	0,804**	0,748**	0,621**	0,557**	0,455**	0,747**	1,000	0,710**	0,651**	0,140	0,447**
	P	0,000	0,000	0,104	0,000	0,177	0,455	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	.	0,000	0,000	0,331	0,001
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
BkF	Korelasyon Katsayısı	0,651**	0,672**	0,240	0,478**	0,203	-0,304*	0,656**	0,543**	0,684**	0,661**	0,488**	0,672**	0,650**	0,645**	0,710**	1,000	0,838**	0,220	0,596**
	P	0,000	0,000	0,093	0,000	0,157	0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	.	0,000	0,124	,000
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
TOPLAM PAH	Korelasyon Katsayısı	0,895**	0,692**	0,305*	0,477**	0,203	-0,150	0,509**	0,540**	0,751**	0,742**	0,485**	0,698**	0,595**	0,640**	0,651**	0,838**	1,000	0,260	0,616**
	P	0,000	0,000	0,031	0,000	0,158	0,297	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	.	0,069	,000
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
YÜZDE YAĞ	Korelasyon Katsayısı	0,241	0,178	0,326*	0,307*	0,114	0,222	0,367**	0,421**	0,266	0,290*	0,341*	0,300*	0,293*	0,370**	0,140	0,220	0,260	1,000	0,459**
	P	0,091	0,217	0,021	0,030	0,431	0,122	0,009	0,002	0,062	0,041	0,015	0,034	0,039	0,008	0,331	0,124	0,069	.	,001
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
PAH ₄	Korelasyon Katsayısı	0,414**	0,453**	0,453**	0,396**	0,671**	0,862**	0,714**	0,094	0,281*	0,746**	-0,077	0,627**	0,577**	0,397**	0,447**	0,596**	0,616**	0,459**	1,000
	P	0,003	0,001	0,001	0,004	0,000	0,000	0,000	0,514	0,048	0,000	0,594	0,000	0,000	0,004	0,001	0,000	0,000	0,001	.
	N	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

P: Anlamlılık

* P < 0,05 düzeyinde anlamlı korelasyon.

** P < 0,01 düzeyinde anlamlı korelasyon.

N: Numune sayısı

PAH bileşiklerinin birbirleriyle, yağ yüzdesi ve Toplam PAH ile olan ilişkileri numune gruplarının homojen olmaması ve çoğunlukla normal dağılım göstermemesi nedeni ile non parametrik Spearman korelasyon testi ile incelenmiş olup (Tablo 4.6.) Toplam PAH konsantrasyonlarının Np, Anp, Flr, BaP, BghiP, DahA, BaA, IcdP, Py, Phe, An, Flu, BkF ve PAH₄ ile istatistiki çok anlamlı bir ilişki içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Bu bileşikler numunenin pişirilmesi sırasında birlikte oluştukları için aralarında bir korelasyon bulunması son derece beklenebilir bir durumdur. Yağ yüzdesi ile BaP, BghiP, PAH₄ ve An arasında istatistiki ve aynı yönlü çok anlamlı bir ilişki, Ane, Flr, BaA, IcdP, Py, Phe arasında da aynı yönlü anlamlı bir korelasyon tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan literatür taramasına göre daha önce acısız Adana (Urfa) kebabı, Kıymalı Pide, Kuşbaşı Pide gibi numunelerin PAH içeriklerini inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Çalışmamızda en yüksek ortalama PAH₄, Toplam PAH ve BaP konsantrasyonları içeren numune tipi acısız Adana (Urfa) kebabı, pişirme tekniği kömürde mangal ve yağ düzeyi de yağlı grup olarak belirlenmiştir. En güvenli pişirme tekniği dikey gazlı ocakta pişirme ve en az PAH bileşiği ortalaması olan numune tipi de tavuk döner olarak karşımıza çıkmaktadır. Numunelerin BaP ve PAH₄ içerikleri yasal sınırlara uygun bulunurken, bazı numunelerde yasal limitlere yaklaşmaktadır. Ayrıca karsinojen ve olası karsinojen PAH bileşikleri birçok numunede tespit edilmiştir. Diyetle önemli bir yere sahip bu et ve et ürünlerini sık tüketmek bu karsinojen ve olası karsinojen bileşikler açısından kronik bir maruziyet sebebi oluşturabilir. Bu bakımdan bu ürünlerin sık tüketimi ve sağlık riskleri hakkında tüketicilerin bilgilendirilmesi, üreticilerin de özellikle mangalda pişirme tekniğini kullanırken, hazırladıkları ürünlerin yağ oranlarını ayarlarken nelere dikkat etmeleri gerektiği konusunda eğitilmesi son derece önemlidir.

KAYNAKLAR

- Aaslyng, MD, Duedahl-Olesen, L., Jensen, K. & Meinert, L. (2013). Danimarkalı tüketiciler tarafından evde mangalda pişirilen domuz, sığır eti ve tavuktaki heterosiklik aminlerin ve polisiklik aromatik hidrokarbonların içeriği. *Et bilimi*, 93 (1), 85-91.
- Abdel-Shafy, H. I., & Mansour, M. S. (2016). A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: source, environmental impact, effect on human health and remediation. *Egyptian Journal of Petroleum*, 25(1), 107-123.
- Akpambang, V. O. E., Purcaro, G., Lajide, L., Amoo, I. A., Conte, L. S., & Moret, S. (2009). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in commonly consumed Nigerian smoked/grilled fish and meat. *Food additives and contaminants*, 26(7), 1096-1103. Akpambang, V. O. E., Purcaro, G., Lajide, L., Amoo, I. A., Conte, L. S., & Moret, S. (2009). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in commonly consumed Nigerian smoked/grilled fish and meat. *Food additives and contaminants*, 26(7), 1096-1103.
- ATSDR, T. (2000). ATSDR (Agency for toxic substances and disease registry). *Prepared by Clement International Corp., under contract, 205*, 88-0608.
- Aydın, Ö.Ş. & Şahan, Y., 2018. Bazı Et Türlerinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Oluşumuna Farklı Pişirme Yöntemlerinin Etkisi. *Akademik Gıda* 16(4) (2018) 387-394.
- Aygün, Ş. F., & Kabadayı, F. (2004). Mangalda Pişirilmiş Kuzu Etinden Hplc Yöntemi İle Benz (A) Piren Tayini. XVIII. Ulusal Kimya Kongresi, Kars.
- Babaoğlu, B., 2015. Dana Ve Kuzu Kokoreçlerinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların (PAH) Oluşum Düzeyi Üzerine Farklı Hayvansal Yağların Etkisi. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Konya.
- Balcıoğlu, E. B., & Ceylan, Z. İstanbul İlinin Çeşitli Bölgelerinde Satışa Sunulan Karides, Hamsi ve Mezgit'in Et Dokusundaki Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) Düzeylerinin Tespit Edilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(2), 282-290.
- Basak, S., Şengör, G. F., & Karakoç, F. T. (2010). The detection of potential carcinogenic PAH using HPLC procedure in two different smoked fish, case study: Istanbul/Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10(3), 351-355.
- Baumbach, G., 1996. Air Quality Control. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.

- Bogdanović, T., Pleadin, J., Petričević, S., Listeš, E., Sokolić, D., Marković, K., & Šimat, V. (2019). The occurrence of polycyclic aromatic hydrocarbons in fish and meat products of Croatia and dietary exposure. *Journal of Food Composition and Analysis*, 75, 49-60.
- Cheng, J., Zhang, X., Ma, Y., Zhao, J., & Tang, Z. (2019). Concentrations and distributions of polycyclic aromatic hydrocarbon in vegetables and animal-based foods before and after grilling: Implication for human exposure. *Science of The Total Environment*, 690, 965-972.
- Chung, 2. S., Yettella, R. R., Kim, J. S., Kwon, K., Kim, M. C., & Min, D. B. (2011). Effects Of Grilling And Roasting On The Levels Of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons In Beef And Pork. *Food Chemistry 129 (2011) 1420–1426*.
- Connell, D.W., 1997. Basic Concepts of Environmental Chemistry. Lewis Publishers, New York, by CRC Press LLC.
- Çorman, M. E. (2014). Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Moleküler Baskılanmış Polimerler Ile Ön-Deriştirilmesi ve Tayini. Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Ankara
- Darwish, WS, Chiba, H., El-Ghareeb, WR, Elhelaly, AE, & Hui, SP (2019). Mısır'da perakende olarak satılan ısıl işlem görmüş ette polisiklik aromatik hidrokarbon içeriğinin belirlenmesi: Sağlık riski değerlendirmesi, benzo [a] piren kaynaklı mutajenite ve insan kolon (CaCo-2) hücrelerinde oksidatif stres ve rosmarinik ve askorbik asitler kullanılarak koruma. *Gıda kimyası*, 290, 114-124.
- Demirtaş, B. (2018). *Toplu Beslenme Sistemlerinde Çalışan Personelin Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlara Maruziyeti* (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Deveci, İ, 2018. Farklı Odun Talaşlarıyla Tütülenen Alabalıklarda Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) Düzeylerinin Araştırılması. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Muğla.
- Djinovic, J., Popovic, A., & Jira, W. (2008). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in different types of smoked meat products from Serbia. *Meat Science*, 80(2), 449-456.
- Duedahl-Olesen, L., White, S., & Binderup, M. L. (2006). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in Danish smoked fish and meat products. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 26(3), 163-184.
- Ekici, L., Sağdıç, O., & Yetim, H. (2012). Et tüketimi ve kanser. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 28(2), 136-145.
- Ergönül, P. G., & Kaya, D. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) ve Gıdalarda Önemi-Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Their Importance in Foods. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2).

- Esen, F. (2006). Bursa Atmosfer'indeki polisiklik aromatik hidrokarbonların (PAH'ların) gaz/partikül konsantrasyon dağılımları ve kuru çökeltme miktarları. Doktora Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Bursa.
- Essumang, D. K., Dodoo, D. K., & Adjei, J. K. (2013). Effect of smoke generation sources and smoke curing duration on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) in different suites of fish. *Food and chemical toxicology*, 58, 86-94.
- Farhadian, A., Jinap, S., Hanifah, H. N., & Zaidul, I. S. (2011). Effects of meat preheating and wrapping on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in charcoal-grilled meat. *Food chemistry*, 124(1), 141-146.
- Finlayson-Pitts, B.J., & J.N. PITTS, 1998. Atmospheric Chemistry: Fundamentals and Experimental Techniques. John Wiley and Sons, New York.
- Gilbert, J., & Knowles, M. E. (1975). The chemistry of smoked foods: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 10(3), 245-261.
- Gizem, E. (2018). Uv-A Işınlarıyla Topraklardaki Poliaromatik Hidrokarbonların (Pah'ların) Gideriminde Tio₂'in Fotokatalizör Olarak Kullanımı. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 522-531.
- Güler, Ü. A., & Can, Ö. P. (2017). Kimyasal Kontaminantların Çevre Sağlığı ve Gıdalar Üzerine Etkileri. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 170-195.
- Houessou, J.K., Benac, C., Delteil, C. & Camel, V., Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in coffee brew using solid-phase extraction, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 871-879, 2005 Houessou, J.K., Benac, C., Delteil, C., Camel, V., Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in coffee brew using solid-phase extraction, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 871-879, 2005
- ISO 15302. (2007). ISO -15302 :2007 Animal and vegetable fats and oil – determination of benzo(a)pyrene- reverse –phase high performance liquid chromatography method
- ISO 22959. (2009). ISO 22959:2009 Animal and vegetable fats and oils -- Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons by on-line donor-acceptor complex chromatography and HPLC with FL detection
- İnce, M. (2008). Yüksek sıcaklıkta hazırlanmış gıdalarda organik kanserojen maddelerin HPLC-MS ile tayini. Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Elazığ.
- Janoszka, B., Warzecha, L., Blaszczyk, U., & Bodzek, D. (2004). Organic compounds formed in thermally treated high-protein food. Part I: polycyclic aromatic hydrocarbons. *Acta Chromatographica*, 115-128.

- Jiang, D., Wang, G., Li, L., Wang, X., Li, W., Li, X., & Li, F. (2018). Occurrence, dietary exposure, and health risk estimation of polycyclic aromatic hydrocarbons in grilled and fried meats in Shandong of China. *Food Science & Nutrition*, 6(8), 2431-2439.
- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Meeting, & World Health Organization. (2006). Safety evaluation of certain contaminants in food (Vol. 82). Food & Agriculture Org..
- Kazerouni, N., Sinha, R., Hsu, CH, Greenberg, A. & Rothman, N. (2001). Benzo [a] piren için 200 gıda maddesinin analizi ve bir epidemiyolojik çalışmada alımının tahmini. *Gıda ve kimyasal toksikoloji*, 39 (5), 423-436.
- Keskin, F. & Kaya, S., 2008. Et ve Ürünlerinin Pişirilmesi Sırasında Oluşan Zararlı Maddeler: Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar. *Türk Veteriner Hekimleri Birliği Dergisi*, 2008- 3-4.
- Kılıç, Ö., Dinçer E. A., & Erbaş M. (2017). Gıdalarda Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Bileşiklerinin Bulunuşu Ve Sağlık Üzerine Etkileri. *GIDA (2017)* 42 (2): 127-135.
- Larsson, B. K. (1982). Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 174(2), 101-107.
- Lee, J. G., Kim, S. Y., Moon, J. S., Kim, S. H., Kang, D. H., & Yoon, H. J. (2016). Effects of grilling procedures on levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in grilled meats. *Food chemistry*, 199, 632-638.
- Li, J. Y., He, Q., Li, J., Chen, Y., Yin, J., Jin, L., & Wang, Q. (2019). Aquaculture Contributes a Higher Proportion to Children's Daily Intake of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Than to That of Adults in Eastern China. *Environmental toxicology and chemistry*, 38(5), 1084-1092.
- Luch, A. (2005). *The carcinogenic effects of polycyclic aromatic hydrocarbons*. World Scientific Publishing Company.
- Martins, GV, Martins, S., Martins, AO, Basto, MCP ve Silva, GV (2013). Termal desorpsiyon-gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi kullanılarak basit bir doğrudan yöntemle gazlı polisiklik aromatik hidrokarbonların belirlenmesi. *Çevresel izleme ve değerlendirme*, 185 (8), 6447-6457.
- Matthew Omoruyi, I., Hokkanen, M., & Pohjanvirta, R. (2019). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Select Commercially Processed Meat and Fish Products in Finland and the Mutagenic Potential of These Food Items. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 1-7.
- Perelló, G., Martí-Cid, R., Castell, V., Llobet, J. M., & Domingo, J. L. (2009). Concentrations of polybrominated diphenyl ethers, hexachlorobenzene and polycyclic aromatic hydrocarbons in various foodstuffs before and after cooking. *Food and chemical toxicology*, 47(4), 709-715.

- Phillips, D. H. (1999). Polycyclic aromatic hydrocarbons in the diet. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 443(1-2), 139-147.
- Pouzou, J.G., Costard, S. & Zagmutt, F.J. 2018. Probabilistic estimates of heterocyclic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons concentrations in meats and breads applicable to exposure assessments. *Food and Chemical Toxicology*, 114:346-360.
- Pöhlmann, M., Hitzel, A., Schwagele, F., Speer, K. & Wolfgang, J. 2013. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and phenolic substances in smoked Frankfurter-type sausages depending on type of casing and fat content. *Food Control*, 31:136-144.
- Rose, M., Holland, J., Dowding, A., Petch, S.R., White, S., Fernandes, A., & Mortimer, D. 2015. Investigation into the formation of PAHs in foods prepared in the home to determine the effects of frying, grilling, barbecuing, toasting and roasting. *Food and Chemical Toxicology*, 78:1-9.
- Santonicola, S., Albrizio, S., Murru, N., Ferrante, MC & Mercogliano, R. (2017). Study On The Occurrence Of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons In Milk And Meat/Fish Based Baby Food Available In Italy. *Chemosphere 184 (2017) 467e472*.
- Stumpe-Vīksna, I., Bartkevičs, V., Kukāre, A., & Morozovs, A. (2008). Polycyclic aromatic hydrocarbons in meat smoked with different types of wood. *Food Chemistry*, 110(3), 794-797.
- Terzi, G., Celik, T. H., & Nisbet, C. (2008). Determination Of Benzo(A)Pyrene In Turkish Döner Kebab Samples Cooked With Charcoal Or Gas Fire. *Irish Journal of Agricultural and Food Ressearch · January 2008*.
- TGK. (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
- Tran-Lam, T. T., Hai Dao, Y., Kim Thi Nguyen, L., Kim Ma, H., Nguyen Tran, H., & Truong Le, G. (2018). Simultaneous Determination of 18 Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Daily Foods (Hanoi Metropolitan Area) by Gas Chromatography–Tandem Mass Spectrometry. *Foods*, 7(12), 201
- URL-1. <https://tr.depositphotos.com/84955110/stock-illustration-polycyclic-aromatic-hydrocarbons.html>
- Vīksna, 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. *Journal of food protection*, 69(5), 1134-1138.

- Wretling, I. 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(3), 264-272.
- Yaman, M., İnce, M., Kaplan, O., Kaya, G., & Özcan, C. (2007). Yüksek Sıcaklıkta Gıdalarda Meydana Gelen Organik Kanserojen Maddelerin Hplc-Ms İle Tayini. 21. Ulusal Kimya Kongresi, Malatya.
- Yigit, N., Öktem, A., & Yentür, G. (2012). Bazı meyve ve sebzelerde pestisit kalıntılarının analizinde yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) ile çoklu kalıntı analiz metodunun geliştirilmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 52(4), 375-394.
- Zachara, A., Gałkowska, D., & Juszczak, L. (2017). Contamination of smoked meat and fish products from Polish market with polycyclic aromatic hydrocarbons. *Food control*, 80, 45-51.