



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**FARKLI PİŞİRME YÖNTEMLERİNİN AKÇAABAT KÖFTESİNDE POLİSİKLİK
AROMATİK HİDROKARBON (PAH) OLUŞUMUNA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİNAN BOSTAN

TEMMUZ 2021

GÜMÜŞHANE

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FARKLI PİŞİRME YÖNTEMLERİNİN AKÇAABAT KÖFTESİNDE POLİSİKLIK
AROMATİK HİDROKARBON (PAH) OLUŞUMUNA ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİNAN BOSTAN

Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
“Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 21.06.2021
Tezin Sözlü Savunma Tarihi: 13.07.2021

TEMMUZ 2021

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda tezin yazımına ait kurallara uygun olarak hazırladığım “**Farklı Pişirme Yöntemlerinin Akçaabat Köftesinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) Oluşumuna Etkisi**” isimli yüksek lisans tezi çalışmasında; söz konusu tüm bilgi ve belgeleri genel akademik kurallara göre elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 21/06/2021

Sinan BOSTAN

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI PİŞİRME YÖNTEMLERİNİN AKÇAABAT KÖFTESİNDE POLİSİKLIK
AROMATİK HİDROKARBON (PAH) OLUŞUMUNA ETKİSİ**

Sinan BOSTAN

Gümüşhane Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Cemalettin BALTACI

2021, 68 sayfa

Et ve diğer yiyecekleri ızgarada yanacak şekilde yüksek sıcaklıklarda pişirme yiyeceklerde polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) oluşumuna sebep olur. Akçaabat köftesi Trabzon ilinde coğrafi işaret almış önemli bir gıda maddesidir. Ayrıca yüksek bir ticari değere sahiptir. Akçaabat köftesinin pişirilmesi esnasında büyük oranda ızgara kullanılmaktadır. Iızgarada ise yanıcı madde olarak odun kömürü ve fındık kabuğu kullanılmaktadır. Bu çalışmada Akçaabat köftesinde PAH oluşumu konusunda araştırma yapılmıştır. Akçaabat köftesinde PAH oluşumu analizleri ile alakalı çalışma literatürde mevcut değildir. Bu nedenle bu çalışma özgündür. Yapılan tez çalışması sonucunda farklı pişirme teknikleri kullanılarak PAH oluşum düzeyleri belirlenmiştir.

Bu araştırmada, Akçaabat köftesinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ve farklı pişirme teknikleri kullanılarak oluşan PAH düzeyleri incelenmiştir. Köfte rnekleri, sekiz farklı işletmeden temin edilmiştir. Akçaabat kftesinden 1000 g olacak şekilde alınan örnekler, laboratuvara getirilmiş ve nem, kuru madde, protein, yağ, kül, tuz, pişirme kaybı analizleri yapılmıştır. Kftelere farklı pişirme işlemi olarak uygulanan tavada pişirme, elektrikli ızgarada pişirme, fırında pişirme ve ızgarada pişirme (odun ve fındık) tekniklerinin kullanılması sonucu oluşan PAH bileşiklerinin analizleri yapılmıştır. Tk Gıda Kodeksinde yer alan Benzo[a]antrasen, Benzo[a]piren, Benzo[b]floronten ve Krizen PAH bileşiklerinin analizleri yapılmıştır.

Gıda güvenliği açısından en önemli risklerden biri mikrobiyal tehlikeler olup bir diğeri ise kimyasal tehlikeler grubunda yer alan pişirme sırasında ürün yüzeyinde kontamine olan polisiklik aromatik hidrokarbonlardır (PAH). Bu çalışmada; farklı fizikokimyasal özelliklere sahip olan Akçaabat köftelerinin farklı pişirme teknikleri kullanılarak pişirilmesi sürecinde oluşan polisiklik aromatik hidrokarbonların konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Köfte rneklerinin ortalama nem miktarları % 48.28-60.00, kuru madde miktarları % 39.99-51.71 protein miktarları %10.74-17.10, yağ miktarları %12.03-25.20, kül miktarları %1.12-2.37, tuz miktarları %0.72-1.56 ve pişirme kaybı sonuçları %17.82-43.65 arasında tespit edilmiştir.

Örneklerin toplam PAH4 içerikleri genel olarak tüm tekniklerde 7.06-112.77 $\mu\text{g/kg}$ arasında değişim göstermiştir. Tavayla pişirmede PAH4 değeri 8.79-45.48 $\mu\text{g/kg}$ arasında, elektrikli ızgara ile pişirmede 7.06–47.11 $\mu\text{g/kg}$ arasında, fındık kabuğu kömürü ızgarasında 42.45–82.22 $\mu\text{g/kg}$ arasında, fırında pişirmede 26.79–42.59 $\mu\text{g/kg}$ ve odun kömürü mangalı ile pişirmede 45.57A112.77 $\mu\text{g/kg}$ aralıklarında bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: PAH, Akçaabat kfte, Benzo[a]antrasen, Benzo[a]piren, Benzo[b]floronten, Krisen

ABSTRACT

MS THESIS

EFFECT OF DIFFERENT COOKING METHODS ON POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBON (PAH) FORMATION IN AKÇAABAT MEATBALLS

Sinan BOSTAN

Gümüşhane University
Graduate Education Institute
Department of Food Engineering

Supervisor: Associate Professor Cemalettin BALTACI

2021, 68 pages

Cooking meat or other food at high temperatures to grill or burn causes the formation of PAHs in the food. Akçaabat patties Trabzon is an important food item that has received many signs in Science. It also has significant commercial value. During the cooking of Akçaabat meatballs, grilling is largely used. Charcoal and hazelnut husks are used in the grill. In this study, research was conducted on the formation of PAH in Akçaabat meatballs. The study on PAH formation analysis in Akçaabat meatballs is not available in the literature. Therefore this work is original. As a result of the dissertation work, the formation of PAH was revealed using different cooking methods.

In this study, some physical and chemical properties of akçaabat meatballs and PAH levels formed using different cooking techniques were examined. Meatball samples were taken from eight different market businesses. Samples taken from Akçaabat meatballs to be

1000 g were brought to the laboratory and moisture, dry matter, protein, fat, ash, salt, cooking loss were analyzed. Meatballs were analyzed using pan cooking, electric grill cooking, oven cooking and grill cooking (wood and nuts) techniques applied as different cooking process. Analysis of Benzo[a]anthracene, Benzo[a]pyrene, Benzo[b]fluoronten and Chrysene PAH compounds in the Turkish Food Codex was conducted.

One of the most important food safety risks is microbial hazards and another is PAH that are contaminated with the product surface during cooking, which are in the chemical hazards group. In this study, it was aimed to determine the concentration of polycyclic aromatic hydrocarbons formed in the process of cooking Akçaabat meatballs with different physicochemical properties using different cooking techniques.

Average moisture content of the samples meatball % of 48.28-60.00, dry matter % of 39.99-protein amounts 51.71% 10.74 listening on-17.10, fat %12.03-25.20, the amounts of ash %1.12-2.37 and salt %0.72-1.56 and cooking loss %17.82-between 43.65 have been identified.

The total PAH4 content of the samples was found to vary between 7.06-112.77 µg/kg in all techniques in general. PAH4 value was found in pan cooking between 8.79-45.48 µg/kg, in electric grill cooking between 7.06 – 47.11 µg/kg, in hazelnut shell charcoal grill between 42.45 – 82.22 µg/kg, in oven cooking between 26.79 – 42.59 µg/kg and in charcoal barbecue cooking between 45.57 – 112.77 µg/kg.

Keywords: PAH, Akçaabat meatballs, Benzo[a]anthracene, Benzo [a]pyrene, Benzo [b]fluoronten, Chrysene

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyip, karşılaştığım zorluklarda bana yardımcı olan sayın hocam Doç. Dr. Cemalettin BALTACI' ya tezime ve gelecekteki hayatıma sunduğu katkılarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yine tüm hayatım boyunca olduğu gibi çalışmalarım sırasında da bana yardımcı olan eşim Melike BİLEN BOSTAN'a yardımlarından ve psikolojik olarak sunduğu desteklerden dolayı teşekkür ederim.

Sinan BOSTAN
Gümüşhane, 2021

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. PAH’ların Fiziksel, Kimyasal Özellikleri, Reaksiyonları ve Gıdalarda Bulunuşu	2
1.2.1. Kanser Oluşturma	7
1.2.2. Kalıtsal Bozukluklar	8
1.2.3. Genotoksisite	10
1.3. PAH ‘ larla İlgili Mevzuat	10
1.3. Polimatik Hidrokarbonların (PAH) Analiz Teknikleri	13
1.3.1. PAH Analizi İçin Gıda Örneklerinin Hazırlanması.....	13
1.3.2. GC Tabanlı PAH analizleri.....	14
1.3.3. HPLC Bazlı PAH Analizleri.....	14
1.4.4. Floresan Dedektörlü Yüksek Basınç Sıvı Kromatografisi (HPLC-FLD).....	15
1.4.5. Bio-Algılama Metotları	17
1.5. Akçaabat Köftesi	17
1.5.1. Ürünün Tanımı	18
1.5.2. Ayırt Edici Özellikleri	18
1.5.3. Görünüm ve Duyu Özelliği	18

1.5.4.	Fiziki ve Kimyevi Özellikleri	19
1.5.5.	Üretim Alanı	19
1.5.6.	Üretim Metodu	19
1.5.7.	Hazırlanışı.....	19
1.5.8.	Denetleme	20
1.5.	Önceki Çalışmalar	20
1.6.	Çalışmanın Amacı	21
1.7.	Çalışmanın Kapsamı	21
2.	MATERYAL VE METOT	23
2.1.	Cihazlar.....	23
2.2.	Kullanılan Kimyasallar	23
2.3.	Çözeltilerin Hazırlanması	23
2.4.	Materyal	23
2.5.	Deney uygulamaları.....	24
2.5.1.	Nem Miktarı Tayini	24
2.5.2.	Protein Miktarı Tayini	25
2.5.3.	Yağ Miktarı Tayini	26
2.5.4.	Kül Miktarı Tayini	27
2.5.5.	Tuz Miktarı Tayini.....	28
2.5.6.	Piştirme Kaybı Analizi.....	29
2.6.	Akçabat Köftelerinin Pişirilmesi	30
2.7.	PAH Analizi.....	31
2.7.1.	Alet Ekipman	31
2.7.2.	Kimyasallar.....	31
2.8.	Örneklerin hazırlanması.....	32
2.9.	Köfte Örneklerinin Ekstraksiyonu	32
2.10.	Örneklerin Kolon İle Temizlenmesi	32

2.11.	HPLC Analizi	32
2.11.1.	Kalibrasyon.....	32
2.11.2.	Cihaz Şartları	33
2.11.2.	Hesaplama.....	34
2.12.	Doğrulama	35
3.	BULGULAR ve TARTIŞMA	36
3.1.	Fiziksel ve Kimyasal Analizlerin Sonuçlarına Ait Bulgular	36
3.1.1.	Nem ve Kuru Madde Miktarları	37
3.1.2.	Kül Miktarları	39
3.1.3.	Protein miktarları.....	39
3.1.4.	Yağ Miktarları	40
3.1.5.	Tuz miktarları	41
3.1.6	Piştirme kaybı miktarları	42
3.2.	PAH Analiz Sonuçları	44
3.2.1	Tava ile kızartma işlemi sonucu oluşan PAH değerleri	44
3.2.2.	Elektirli ızgara ile piştirme sonucu oluşan PAH değerleri	46
3.2.3.	Fındık kabuğu kömürü ile mangalda piştirme sonucu oluşan PAH değerleri	48
3.2.4	Odun kömürü ile mangalda piştirme işlemi sonucu oluşan PAH değerleri.....	50
3.2.5.	Fırında piştirme işlemi sonucu oluşan PAH değerleri.....	52
4.	SONUÇ ve ÖNERİLER	58
5.	KAYNAKLAR	60
6.	EKLER	69
	ÖZGEÇMİŞ.....	91

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Akçaabat köftesi numuneneleri	23
Şekil 2.2. Nem analiz işlemi	25
Şekil 2.3. Protein analizi yakma işlemi (A), distilasyon işlemi (B), titrasyon işlemi (C) ..	26
Şekil 2.4. Yağ analiz işlemleri.....	27
Şekil 2.5. Kül analiz işlemleri	28
Şekil 2.6. Tuz analiz işlemleri	29
Şekil 2.7. Pişirme kaybı analiz işlemleri.....	30
Şekil 2.8. Mangalda pişirme işlemleri	30
Şekil 2.9. PAH analizinde kullanılan HPLC cihazı.....	34
Şekil 3.1. Nem ve kurumadde analizleri kutu grafiği.....	38
Şekil 3.2. Nem ve kurumadde analizleri büyük grafiği.....	38
Şekil 3.3. Kül analizleri büyük ve kutu grafiği	39
Şekil 3.4. Akçaabat köftesi numunelerinin protein analizleri kutu ve büyük grafiği.....	40
Şekil 3.5. Akçaabat köftesi numunelerinin yağ analizleri kutu ve büyük grafiği	41
Şekil 3.6. Tuz analizleri kutu ve büyük grafiği grafiği	42
Şekil 3.7. Akçaabat köftesi numunelerinin pişirme kaybı analizleri kutu, büyük grafiği...	43
Şekil 3.8. Tüm pişirme tekniklerinin analiz sonuçlarına ait PCA grafiği.....	54

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Bazı PAH' ların fiziksel özellikleri ve kimyasal yapıları	3
Tablo 1.2. Bazı PAH' ların çeşitli kurumlar tarafından yapılan kanserojen sınıflandırmaları	9
Tablo 1.3. Bazı PAH' ların çeşitli ülkelerdeki limitleri	11
Tablo 1.4. Türk Gıda Kodeksi bulaşanlar yönetmeliği PAH limitleri.....	12
Tablo 2.1. Kalibrasyon noktaları	33
Tablo 2.2. Gradient şartları (Dedektör)	33
Tablo 2.3. PAH analizleri için kalibrasyon eğrisi ve performans karakteristikleri	34
Tablo 3.1. Köfte örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	36
Tablo3.2. Köfte Örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçların istatistiksel değerlendirmesi	36
Tablo3.3. Akçaabat köftesi numunelerinin fiziksel ve kimyasal analiz değerlerinin korelasyonları	36
Tablo 3.4. İlk beş döndürülmüş (varimax rotasyonu) ana bileşenin yükleri ve puanları .	44
Tablo 3.5. Akçaabat köftesi numunelerinin tava ile kızartma işlemi sonucunda ölçülen PAH değerleri.....	45
Tablo 3.6. Tavada kızartmanın ilk beş döndürülmüş ana bileşenin yükleri ve puanları ...	45
Tablo 3.7. Akçaabat köftesi numunelerinin elektrikli ızgara ile kızartma işlemi sonucunda ölçülen PAH değerleri	47
Tablo 3.8. Elektrikli ızgarada kızartmanın ilk beş döndürülmüş ana bileşenin yükleri ve puanları.....	47
Tablo 3.9. Akçaabat köftesi numunelerinin fındık kabuğu kömürü ile mangalda pişirme işlemi sonucu ölçülen PAH değerleri	48
Tablo 3.10. Fındık kabuğu kömürü ile mangalda pişirme işlemine ait ilk beş döndürülmüş ana bileşenin yükleri ve puanları	49
Tablo 3.11. Akçaabat köftesi numunelerinin odun kömürü ile mangalda pişirme işlemi sonucunda ölçülen PAH değerleri	50
Tablo 3.12. Odun kömürü mangalı ızgarada kızartmanın ilk beş döndürülmüş ana bileşenin yükleri ve puanları.....	51
Tablo 3.13. Fırın ile kızartma işlemine ait PAH sonuçları	52

Tablo 3.14. Fırında kızartmanın ilk beş döndürülmüş ana bileşenin yükleri ve puanları ..	53
Tablo 3.15. Beş farklı pişirme tekniğinin ilk beş döndürülmüş ana bileşenin yükleri ve puanları.....	56



SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

$\mu\text{g L}^{-1}$	: Mikrogram/litre
μL	: Mikrolitre
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat derece
%	: Yüzde
ACN	: Asetonitril
AcPY	: Asenaftilen
Ant	: Antrasen
ATSDR	: Toksik Maddeler ve Hastalık Kayıt Ajansı
BaA	: Benzo[a]antrasen
BaP	: Benzo[a]piren
BbF	: Benzo[b]floronten
BghiP	: Benzo(g,h,i)Perilen
BkF	: Benzo[k]floronten
Chr	: Krizen
DahA	: Dibenzo[a,h]antrasen
dak	: Dakika
DMF	: Dimetilformamid
DNA	: Deoksi ribonükleik asit
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
FL	: Floranten
Flu	: Floren
GC	: Gaz kromatografisi
gr	: Gram
HPLC DAD	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi DAD dedektör
HPLC FLD	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi Floresans dedektör
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
IND	: İndeno[1,2,3-cd]piren
JECFA	: Gıda Katkı Maddeleri ve Bulaşanlar Ortak Uzman Komitesi
kg	: Kilogram
KOH	: Potasyum hidroksit
LPG	: Sıvılaştırılmış petrol gazı
m^3	: Metreküp
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
MS	: Kütle spektroskopisi
Na_2SO_4	: Sodyum sülfat
NaP	: Naftalin
ng	: Nanogram
nm	: Nanometre
PAH	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbon
Phe	: Fenantren

ppb	: Milyarda bir
Pyr	: Piren
USEPA	: Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Ajansı
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü



1. GENEL BİLGİLER

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH); selüloz, pektin, malik asit, steroller gibi organik materyallerin eksik yanması sonucu ortaya çıkan, uzun süre çevrede kalmaları ve birikmeleri sonucunda çevre kirliliğine neden olabilen ve biyolojik dengeyi bozabilen organik yapıdaki bileşiklerdir. Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) belirli bir amaç için üretilmemektedir. Bu bileşikler kömür, fueloil, akaryakıt ve odun gibi maddelerden enerji sağlanması esnasında yanma ya da tam yanmama sonucu oluşur. Bu nedenle bu maddeler atmosferde sürekli bulunurlar (Seifert, 1986). Buna ilaveten PAH'lar endüstriyel prosesler, araç emisyonları, fosil yakıtlar, evsel yakıt tüketiminin yanı sıra; volkanik patlamalar, yangınlar, asfalt üretimi, ağaç işleme ve karbonlaştırma ile sigara dumanı gibi sebeplerle de oluşabilmektedir (Ceylan ve Şengör, 2015).

PAH'lar yapısında bulunan benzen halkalarına göre sınıflandırılmaktadır. Yapısında dörtten az benzen halkası bulunduran PAH'lar hafif PAH, dört ve daha fazla benzen halkası bulunduranlar ise ağır PAH olarak tanımlanmaktadır (Alver vd., 2012). Literatürde başta et ve et ürünleri olmak üzere polisiklik aromatik hidrokarbonun pişirilmiş işlem görmüş veya pişirilmemiş gıdalarda oluşumuna, analiz yöntemlerine ve insan sağlığı üzerine etkilerine dair çeşitli çalışmalar mevcuttur. Tütsülenmiş et ürünleri, kızartılmış etler ve su ürünleri başta olmak üzere tahıllarda, sebzelerde, meyvelerde, sütlerde ve işlem görmüş gıda maddelerinde yüksek seviyelerde polisiklik aromatik hidrokarbonlar oluşabilmektedir veya bulunabilmektedir. Pişirme sırasında gıda maddelerinin alevle temas etmesi durumunda, PAH'ların konsantrasyonu yükselebilmektedir (Tayar, 2010). Kılıç vd. (2016) gıdalarda polisiklik aromatik hidrokarbon bileşiklerinin mevcudiyeti ve sağlık üzerine etkilerine yönelik yaptıkları çalışmada gıdanın yüksek alevle teması, yüksek sıcaklık ve kömürün gıdaya yakın olması gibi faktörlerin gıdada PAH oluşumunu artırdığını bildirmişlerdir. Ayaz ve Yurtagül (2012) gıdalara çeşitli işlemler uygulanması sonucunda oluşan mutajenik ve karsinojenik bileşiklerin, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), heterosiklik aromatik aminler (HAA) ve akrilamidler olduğunu bildirmişlerdir. Rahman vd. (2014) tarafından HAA'ların oluşumu ve bu oluşumun kimyasal yönü, sağlık açısından riskleri ve bunun engellenmesi üzerine yapılan çalışmada HAA'ların pişmiş et ürünlerinde oluşan güçlü mutajenler olduğunu bildirmişlerdir. Oluşumunun; pişirme yöntemi, pişirme süresi, sıcaklık, et çeşidi, yağ ve nem içeriği, pH ve kreatin içeriği gibi çeşitli faktörlere bağımlı olduğunu bildirmişlerdir. Oluşan

HAA'ların insanlarda ve hayvanlarda çeşitli kanserlerin oluşumuna neden olduğunu rapor etmişlerdir.

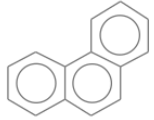
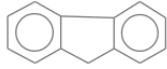
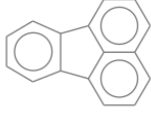
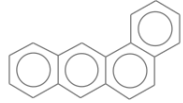
1.1. PAH'ların Fiziksel, Kimyasal Özellikleri, Reaksiyonları ve Gıdalarda Bulunuşu

PAH'lar, 2 ile 7 kaynaşmış aromatik halkaya sahip büyük bir kimyasal grubudur. Bazı PAH'lar kanserojen, mutajen ve teratojen olarak bilinir ve bu nedenle de insan sağlığı ve refahı için ciddi bir tehdit oluşturur. PAH'ların fiziksel ve kimyasal özellikleri onları çevrede oldukça hareketli hale getirerek, varlıklarının her yerde bulunduğu hava, toprak ve su kütlelerine dağılmalarını sağlar. Polisiklik aromatik hidrokarbonlar hem doğal hem de antropojenik kaynaklardan çevreye salınır (WHO, 2003). PAH'ların yaygın olarak ortaya çıkması, hemen hemen her türlü organik madde yanması kaynaklıdır. PAH'ların ve türevlerinin antropojenik kaynakları çeşitlidir; yakıtların, çöp, tütün ve bitki materyali gibi diğer organik maddelerin eksik yanmasını sonucunda ortaya çıkarlar. Aynı şekilde, orman yangınları ve volkanik patlamalar da PAH oluşumuna doğal katkıda bulunabilir. PAH'lar atmosferde yaygın olarak bulunan ve şüpheli bir kanserojen olarak bilinen ilk atmosferik kirleticilerdendir. Atmosfere giren PAH'lar, atmosferik yağış yoluyla topraklara, bitki örtüsüne veya sulara çökmeden önce uzun mesafelerde taşınabilirler (Ravindra vd., 2008). Moleküler ağırlık arttıkça, PAH'ların kanserojenitesi artar. En güçlü PAH kanserojenlerinin benzo[a] antrasen, benzo[a]piren ve dibenz[ah]antrasen olarak bilinmektedir.

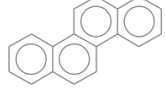
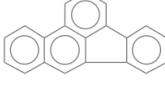
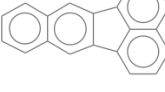
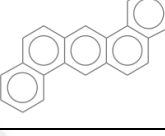
PAH'lar, en az iki kaynaşmış aromatik halka yapısında gruplandırılmış karbon ve hidrojen atomlarından oluşan organik bileşiklerdir. Bunlar iki kategoriye ayrılabilirler; dörtten az halkadan oluşan düşük molekül ağırlıklı bileşikler ve dört veya daha fazla halkadan oluşan yüksek molekül ağırlıklı bileşikler. Saf PAH'lar genellikle ortam sıcaklığında renkli, kristalimsi katılardır. PAH'ların fiziksel özellikleri moleküler ağırlıklarına ve yapılarına göre değişir. PAH'ların buhar basıncı artan molekül ağırlığı ile azalır (Akyüz ve Cabuk, 2010). PAH'lar oldukça lipofiliktir ve bu nedenle organik çözücülerde karışabilir. Ek olarak, PAH'a eklenen her ek halka için sulu çözünürlük azalır. PAH'lar ayrıca ışık hassasiyeti, ısı direnci, iletkenlik, yayılabilirlik, korozyon direnci ve fizyolojik etki gibi diğer özellikleri de gösterir. PAH'lar çok karakteristik UV absorbans spektrumlarına sahiptir. Her halka yapısı benzersiz bir UV spektrumuna sahip olduğundan, her izomer benzersiz bir UV absorbans spektrumu sergiler. Bu durum özellikle PAH'ların tanımlanmasında yararlanır. Çoğu PAH, aynı zamanda, uyarıldıklarında ışığın karakteristik dalga boylarını yayan floresan özelliğede

sahiptirler (Masih vd., 2010). PAH'ların sağlık üzerindeki etkileri farklı olsa da, bazı PAH'ların insanlar üzerindeki son derece olumsuz ve endiŖe verici etkilerinin olduğu tespit edilmiŖtir. 15 adet PAH' ın kimyasal yapısı ve fiziksel özellikleri tablo1.1.'de verilmiŖtir.

Tablo 1.1. Bazı PAH' ların fiziksel özellikleri ve kimyasal yapıları (Kim vd, 2013)

Sıra No	BileŖiđin Adı	Formülü	Molekül Ağırlığı (MA g/mol)	Buhar Basıncı 25 °C (Pa)	Kaynama noktası (°C)	Yapısı
1	Naphthalene	C ₁₀ H ₈	128	11.9	218	
2	Acenaphthylene	C ₁₂ H ₈	152	3.86	280	
3	Acenaphthene	C ₁₂ H ₁₀	154	0.50	279	
4	Anthracene	C ₁₄ H ₁₀	178	3.4 × 10 ⁻³	340	
5	Phenanthrene	C ₁₄ H ₁₀	178	9.07 × 10 ⁻²	339–340	
6	Fluorene	C ₁₃ H ₁₀	166	0.432	295	
7	Fluoranthene	C ₁₆ H ₁₀	202	1.08 × 10 ⁻³	375–393	
8	Pyrene	C ₁₆ H ₁₀	202	5.67 × 10 ⁻⁴	360–404	
9	Benzo [a] anthracene	C ₁₈ H ₁₂	228	6.52 × 10 ⁻⁷	435	

Tablo 1.1. devamı

10	Chrysene	C ₁₈ H ₁₂	228	1.04×10^{-6}	441–448	
11	Benzo [a] pyrene	C ₂₀ H ₁₂	252	6.52×10^{-7}	493–496	
12	Benzo[b]fluoranthene	C ₂₀ H ₁₂	252	1.07×10^{-5}	168	
13	Benzo[k]fluoranthene	C ₂₀ H ₁₂	252	1.28×10^{-8}	217	
14	Benzo(ghi)-perylene	C ₂₂ H ₁₂	276	1.33×10^{-8}	525	
15	Dibenz[a,h]anthracene	C ₂₂ H ₁₄	278	2.80×10^{-9}	262	

PAH'ların atmosferdeki davranışı karmaşık fiziksel ve kimyasal reaksiyonlara, diğer kirleticilerle etkileşimlere, fotokimyasal dönüşümlere ve kuru ve ıslak birikime bağlıdır. Ortam havasındaki PAH'lar buhar fazında bulunur veya atmosfer koşullarına (ortam sıcaklığı, bağıl nem, vb.) bağlı olarak havadaki partikül maddeye adsorbe edilir. Düşük ağırlıklı PAH'lar (yani, iki, üç veya dört Halkalı) daha uçucudur (düşük yoğunlaşma sıcaklıklarında) ve esas olarak gaz fazında bulunur (Kameda, 2011). Daha hafif PAH bileşiklerinin daha az toksik olduğu düşünülse de, sırasıyla toksisitesi daha önemli olabilen dionlar, nitro ve dinitro-PAH'lar diğer kirleticilerle (ozon, azot oksitler ve kükürt dioksit gibi) reaksiyona girebilirler (Park vd., 2001). Dört veya daha fazla Halkalı PAH'lar, tüm çevresel koşullar altında önemsiz buharlaşma gösterir. Bu nedenle, daha ağır PAH'ların çoğu, düşük buhar basıncı nedeniyle esas olarak atmosferdeki partikül fazında bulunurlar. Havadaki toz miktarı ile partikül fazındaki PAH konsantrasyonları arasında da anlamlı bir korelasyon bulunduğu tespit edilmiştir (Kuo vd., 2012). Bu nedenle, gaz fazındaki PAH'ların konsantrasyonları yaz aylarında veya genel olarak tropikal bölgelerde artarken, partikül faz PAH'ları kış aylarında veya genel olarak Artık (kutup) bölgelerinde baskındır (Lai vd., 2011). PAH'ların partikül fazlarına adsorpsiyonu da nemden etkilenebilir. Ayrıca, PAH adsorpsiyonu askıda kalan

partikül türlerine (örneğin, kurum, toz, uçucu kül, pirojenik metal oksitler, polenler, vb.) bağlıdır.

Gıda maddelerinin PAH ile kontamine olmasında rol oynayan çok sayıda ve çeşitlilikte kaynaklar mevcuttur. Kür dumanları, kirlenmiş topraklar, kirli hava ve su, gıda katkı maddeleri, gıda işleme ve pişirme metotları ve endojen faktörler gibi durumlar, farklı gıdalardaki PAH konsantrasyonlarının artmasına sebep olur. Farklı gıdalarda PAH'ın oluşumunun belirlenmesine yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu incelemelere ek olarak, fümelenmiş yüksek proteinli gıdalar, yağlar, bitkiler ve sebzeler, ve deniz ürünleri gibi gıda ürünlerinde PAH oluşumları mevcuttur. Araştırmalar, balık ve et ürünlerinin kızartılması ve ızgara yapılmasının gıda ürünlerinde en yüksek BAP seviyelerinin oluşumuna neden olduğunu göstermiştir. Yapılan bir çalışmada PAH oluşum miktarlarının değişkenlik gösterdiği ve yaklaşık 50 µg/kg olarak bildirilmiştir (Suess, 1976).

1.2. PAH'ların İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

İnsanların PAH'lara maruz kalmasının ana nedeni, ortam havasının özellikle de iç mekan havasını solumaktır, PAH'ları içeren yiyecekleri tüketmek, sigara içmek veya açık şöminelerden duman solumak PAH'lara maruz kalmada etkili olan faktörlerin başında gelmektedir. Tütün dumanındaki çeşitli PAH'lar insanda kanser oluşumunun muhtemel sebepleri arasında gösterilmektedir (Lannerö vd., 2008). Sigara içmeyenler ise PAH'lara tükettikleri yiyecekler ile maruz kalırlar. Gıdaların yüksek sıcaklıklarda işlenmesi (kurutma) ve pişirilmesi (ızgara, kavurma ve kızartma) PAH'ların oluşumuna katkı sağlayan başlıca kaynaklardır. Bazı bitkiler (buğday, çavdar ve mercimek gibi) PAH'ları sentezleyebilir veya su, hava veya toprak yoluyla emebilir. Buna ilaveten, PAH'lara maruz kalma PAH'ların kirlenmiş topraktan alınması, solunması, dermal (cilt) teması veya PAH buharlarının solunması yollarıyla oluşabilir. Egzoz dumanlarını (mekanik, sokak satıcıları veya motorlu taşıt sürücüleri gibi) soluyan işçiler ve madencilik, metal işleme veya petrol rafinerisinde yer alan işçiler PAH'lara mesleki olarak maruz kalabilirler. Maruz kalma yolları, hem mesleki hem de mesleki olmayan ortamlarda yutma, inhalasyon ve dermal temas yoluyla gerçekleşir (Ravindra vd., 2008).

PAH'ların insan sağlığı üzerindeki akut etkileri esas olarak maruz kalma derecesine örneğin, sürenin uzunluğu, maruz kalma sırasındaki PAH'ların konsantrasyonuna, PAH'ların toksisitesine ve maruz kalma yoluna göre değişim göstermektedir. Daha önceden var olan sağlık koşulları ve yaş gibi faktörler de PAH'ların insan sağlığı üzerindeki etkilerinde önemli

faktörlerdendir. PAH'lara kısa süreli maruz kalmanın, astımlılarda akciğer fonksiyonlarının bozulmasına ve koroner kalp hastalığından etkilenen kişilerde trombotik etkilere neden olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, karışımın hangi bileşenlerinin bu etkilerden sorumlu olduğu tam olarak bilinmemektedir. Şu anda, PAH'ların ortamdaki konsantrasyonlarının insan sağlığı üzerine etkilerini kısa vadede indüklemeye yeteneği hakkında tam bir anlayış yoktur. Buna karşılık, mesleği gereği PAH'ların yüksek seviyede oluşabildiği ortamlarda çalışan kişilerde göz tahrişi, bulantı, kusma ve ishal gibi semptomların oluştuğu bilinmektedir. PAH'ların karışımlarının cilt tahrişine ve iltihaplanmasına neden olduğuna yönelik bilgiler mevcuttur. Antrasen, benzo [a]piren ve naftalin doğrudan cilt tahrişlerine neden olur. Bunun yanı sıra antrasen ve benzo [a]pirenin hayvanlarda ve insanlarda alerjik cilt reaksiyonlarına neden olmaktadır (Unwin vd., 2006).

PAH'lar ve diğer iş yeri kimyasallarının karışımlarına maruz kalan işçilerde bir dizi sağlık sorunun (cilt, akciğer, mesane ve gastrointestinal kanser riskinin artması) ortaya çıktığına dair tespitler yapılmıştır (Olsson vd., 2010). Bazı PAH'ların (örneğin, piren ve BaP) düşük seviyelerine uzun süreli maruz kalmanın, laboratuvar hayvanlarında kanser oluşumuna neden olduğu rapor edilmiştir. Hayvan çalışmaları ayrıca PAH'a maruz kalmanın olumsuz üreme ve gelişimsel etkilerini gösterirken, bu etkiler ise insanlarda yaygın olarak tespit edilmemiştir. PAH'lara maruz kalmak kataraktlara, böbrek ve karaciğer hasarına ve ayrıca sarılığa neden olabilir. Naftalin ile tekrarlanan cilt teması cildin kızarıklığına ve iltihaplanmasına sebep olabilir. Fazla miktarlarda naftalin solunması kırmızı kan hücrelerinin parçalanmasına neden olabilir (Srogi, 2007). PAH'ların zararlı etkileri maruz kalma mekanizması ve süresine bağlıdır. Ancak, yayınlanan çalışmaların neredeyse hiçbirinde, PAH'lara oral olarak maruz kalmanın ardından onların insan sağlığı üzerine oluşturduğu etkiler hakkında ayrıntılı bilgi yoktur. Çalışmaların çoğunda, insanlar solunum yoluyla PAH'a mesleki olarak maruz kaldığı bildirilmişken, bazı çalışmalarda ise maruz kalmanın dermal temas yoluyla olduğuna yönelik bulgular ortaya konulmuştur. Naftalin ile kazara temas dışında, insanların bireysel olarak PAH'lara maruz kalmaları hakkında çok az bilgi vardır. Buna ek olarak, gönüllülerin kontrollü ile kısa vadeli çalışmalarından elde edilen bazı veriler mevcuttur. Diğer tüm raporlarda, mesleki veya çevresel durumlarda diğer potansiyel olarak kanserojen olmayan PAH kimyasallarını da içeren PAH'ların karışımlarına maruz kalmanın PAH'ların etkisini tek başına çözmeyi zorlaştırmaktadır. Bu karışımların sağlığa etkileri hakkında bilgi, özellikle akciğer kanseri ve bazı durumlarda cilt ve mesane kanserleri için bir dizi epidemiyolojik çalışmanın kanıtlarına dayanarak, hemen hemen tüm vakalarda

kanserojen potansiyelleri ile sınırlıdır (Armstrong vd., 2002). Ayrıca, PAH'lar hormon sistemlerini etkileme potansiyeline sahip olduklarından, üreme ve bağışıklık fonksiyonu üzerinde zararlı etkiler yapabilirler. Bu nedenle, PAH'a maruz kalmanın neden olduğu DNA hasarı birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (John vd., 2009). PAH' lara uzun süreli maruz kalmanın, gen mutasyonu ve kardiyopulmoner mortalite yoluyla hücre hasarı risklerini arttırdığından şüphelenilmektedir (Kuo vd., 2003).

1.2.1. Kanser Oluşturma

Bazı PAH' ların reaktif metabolitleri; örneğin, epoksitler ve dihidrodioller, hücresel proteinlere ve DNA'ya toksik etkilerle bağlanma potansiyelleri nedeniyle önemli sağlık endişelerinden biri haline gelmiştir (Armstrong vd., 2004). Ortaya çıkan biyokimyasal bozulma ve hücre hasarı mutasyonları, gelişimsel alformasyonlara, tümörlere ve kanser oluşumuna yol açabilir (Bach vd., 2003). ABD Çevre Koruma Ajansı'na göre, yedi PAH bileşiği muhtemel insan kanserojenleri olarak sınıflandırılmıştır. Bunlar; Benzo [a] antrasen, benzo [a] piren, benzo [b] floranten, benzo [k] floranten, krizen, dibenzo[ah]antrasen ve indeno [1,2,3-cd] pirendir. Bunlarla ilgili kanıtlar PAH'ların ve karışımlarının insanlar için bireysel PAH' lardan daha kanserojen olabileceğini göstermektedir. Öncelikli olarak; PAH'ların karışımlarına maruz kalan işçilerin mesleki çalışmalarından kaynaklanmaktadır. İnsan teması ve ilişkili kanserojenite hakkında bilgi genellikle işçilerin PAH' lara mesleki maruziyetinden, örneğin kok üretimi sırasında, bitümlü ürünler kullanılarak çatı kaplaması, petrol rafinasyonu ve kömür gazlaştırmasından elde edilmiştir (Bach ve ark., 2003; Zhang ve Tao, 2009). Geçmişte, baca temizleyicileri ve katran kullanan işçiler dermal olarak önemli miktarda PAH' a maruz kalıyorlardı. Bu nedenle, bu işçilerin çoğunda cilt kanserinin PAH' lardan kaynaklandığına dair deliller vardır (Boffetta vd., 1997). Gaz işçilerinin epidemiyolojik çalışmalarında, özellikle akciğer kanseri insidansının arttığı rapor edilmiştir (Armstrong vd., 2004).

Kok fırın işçilerinde aşırı yüksek oranda (16 kat daha yüksek) akciğer kanseri bulunduğu bildirilmiştir (Armstrong vd., 2002). Akciğer kanseri vakalarındaki artışlar, ortalama PAH konsantrasyonunun yaklaşık 30 mg/m³ olduğu fırınların üstünde çalışmak için harcanan zamanla yakından ilişkili olduğu bildirilmiştir (Moolgavkar ve ark., 1998). Bazı epidemiyolojik çalışmalarda dizel egzoz dumanına maruz kalan işçilerde kanser riski olduğu rapor edilmiştir (Boers vd., 2005). Bununla birlikte, tüm bu çalışma ortamlarının sadece PAH'

ları değil, aynı zamanda potansiyel kanserojen etkileri olan diğer kirleticileri de ürettiğine dikkat edilmelidir.

Kamangar vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada Paraguay çayının (*Yerba mate* bitkisini kurutulmuş yapraklarından hazırlanan geleneksel bir Güney Amerika infüzyonlu içecek) özofagus, orofarenks, gırtlak, akciğer, böbrek ve mesane kanserleri ile ilişki olduğundan şüphelenilmiştir. *Yerba mate* yapraklarında ve sıcak ve soğuk mate infüzyonlarında çok yüksek konsantrasyonlarda kanserojen PAH'lar bulunmuş olup, bu bulgu, mate'nin kanserojenitesinin PAH içeriği ile ilişkili olabileceği hipotezini desteklemiştir

Bazı PAH'ların kanserojenitesi laboratuvar hayvanlarında da tespit edilmiştir (Samanta vd., 2002). Araştırmacılar, hayvanlarda deri, akciğer, mesane, karaciğer ve mide kanserlerinin yanı sıra enjeksiyon bölgesi sarkomlarının insidansının arttığını bildirmiştir (Samanta vd., 2002). Hayvan çalışmaları, bazı PAH'ların üreme, nörolojik ve gelişimsel etkiler üreten hematopoetik ve bağışıklık sistemlerini de etkileyebileceğini göstermiştir (Jong vd., 1999;). Laboratuvar çalışmalarında, uzun süre boyunca bazı PAH'ların belirli seviyelerine maruz kalan hayvanlar, inhalasyondan kaynaklanan akciğer kanseri, gıdada PAH'ları yutmaktan kaynaklanan mide kanseri ve cilt temasından kaynaklanan cilt kanseri oluşumu ortaya çıkmıştır (Hecht, 1999). Benzo [a] piren, hayvanlarda kansere neden olan en yaygın PAH' dır ve keşfedilen ilk kimyasal kanserojendir (Latif vd., 2010).

Tablo 1.2. bazı PAH'ların belirli kurumlar tarafından kanserojen sınıflandırmalarını göstermektedir. Yönetmelikte belirtilenlere yakın ortam konsantrasyonlarında havada PAH'lara maruz kalmanın daha düşük bir risk oluşturduğu düşünülmektedir. Kuzey İrlanda'daki BaP konsantrasyonlarının yakın tarihli bir çalışması (Butterfield ve Brown, 2012), şehirdeki 1 ng/m³ hedef değerinin üzerindeki ortam konsantrasyonuna maruz kalan 94.000 nüfus arasında, 70 yıllık bir süre boyunca sadece 3 akciğer kanseri insidansının ortaya çıktığını tespit etmiştir.

1.2.2. Kalıtsal Bozukluklar

PAH'ların embriyotoksik etkileri, Benzo[a]antrasen, benzo[a]piren ve naftalin gibi PAH'lara maruz kalan deney hayvanlarında tespit edilmiştir (Wassenberg ve Di-Giulio, 2004). Fareler üzerinde yapılan laboratuvar çalışmaları, hamilelik sırasında yüksek düzeyde benzo[a]piren alımının doğum kusurlarına ve yavrularda vücut ağırlığının azalmasına sebep olduğunu gözlemlenmiştir (Kristensen vd., 1995). Benzer şekilde, ABD Çocuk Çevre Sağlığı Merkezi'nin (CCEH) çalışmaları, hamilelik sırasında PAH kirliliğine maruz kalmanın, düşük

Tablo 1.2. Bazı PAH' ların çeşitli kurumlar tarafından yapılan kanserojen sınıflandırmaları (Kim vd, 2013)

Sıra	Kuruluş	PAH Bileşiği	Kanserojen Sınıflandırma	Kaynak
1	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)	• Benz(a)anthracene, • Benzo(b)fluoranthene, • Benzo(a)pyrene, • Dibenzo(a,h)anthracene, • Indeno(1,2,3-c,d)pyrene • Benz(a)anthracene • Benzo(a)pyrene.	Bilinen hayvan kanserojenleri Muhtemelen insanlar için kanserojen	ATSDR (1995)
2	International Agency for Research on Cancer (IARC)	• Benzo(a)fluoranthene, • Benzo(k)fluoranthene, • Ideno(1,2,3-c,d)pyrene. • Anthracene, • Benzo(g,h,i)perylene, • Benzo(e)pyrene, • Chrysene, • Fluoranthene, • Fluorene, • Phenanthrene • Pyrene	İnsanlar için kanserojen olarak sınıflandırılmaz	IARC (2010)
3	U.S. Environmental Protection Agency (EPA)	• Benz(a)anthracene, • Benzo(a)pyrene, • Benzo(b)fluoranthene, • Benzo(k)fluoranthene, • Chrysene, • Dibenzo(a,h)anthracene • Indeno(1,2,3-c,d)pyrene • Acenaphthylene, • Anthracene, • Benzo(g,h,i)perylene, • Fluoranthene	Muhtemelen insanlar için kanserojen İnsanlara kanserojenliği açısından sınıflandırılmaz	USEPA (2008)

doğum ağırlığı, erken doğum ve gecikmiş çocuk gelişimi de dahil olmak üzere olumsuz doğum sonuçlarıyla ilişkili olduğunu göstermiştir (Perera vd., 2005). PAH'lara yüksek oranda doğum öncesi maruz kalmanın, üç yaşında düşük IQ, altı ile sekiz yaşlarında artan davranış sorunları ve çocukluk çağı astımı gibi sorunlara sebebiyet verebileceği bildirilmiştir (Edwards vd., 2010; Perera ve Herbstman, 2011). Lupo vd., (2012) 20 yaşın üzerindeki anneler arasında PAH' lara mesleki maruz kalma ile gastroşizis (karın duvarının doğuştan çatlak olması) oluşumu arasında bir ilişki olduğunu rapor etmişlerdir. Langlois vd. (2013), yarı damak olan veya olmayan yarı dudak için PAH' lara maternal mesleki maruz kalma arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulmuştur. Bir vaka kontrol çalışmasında, tahmini maternal arasında

önemsiz ilişkiler gözlemlendiği bildirilmiştir (Lupo vd., 2012). Ren vd. (2011), Çin'de nöral tüp defekti olan 80 fetüste veya yeni doğanda plasental PAH seviyelerini araştırmış çalışmalarının sonuçları, PAH seviyeleri 597 ng/g lipid ortalamasının üzerinde olduğunda, kusur riskinin 4-5 kat daha fazla olduğunu göstermiştir. Yuan vd. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada özellikle düşük bir eklenti seviyesi yüksek bir plasental PAH konsantrasyonu ile birleştirildiğinde, düşük plasental PAH-DNA eklenti seviyeleri ile nöral tüp defekti riski arasındaki ilişkiyi bildirmiştir. PAH'lar lipofilik olduğundan, hücre zarlarına (plasenta dahil) kolayca nüfuz ederler. PAH metabolizması sırasında enzimatik aktivite, DNA ile kovalent bağlar oluşturabilen reaktif ara maddelerin oluşumuna neden olabileceği bildirilmiştir (Rice ve Baker, 2007). DNA eklentilerinin, teratojenik olabilen bir hücresel mutasyon spektrumuna yol açtığı gösterilmiştir (Wells ve ark., 2010).

1.2.3. Genotoksisite

PAH'lara mesleki olarak maruz kalan işçilerden (BaP dahil) lenfositler üzerinde yapılan çok sayıda çalışma, BaP'nin DNA addüktlerini (esas olarak diol epoksit) tanımlamıştır. Demir döküm işçileri üzerinde yapılan önceki çalışmalardan birinde, lenfositlerdeki hprt lokusundaki yüksek mutasyon seviyelerinin, DNA addüktlerinin seviyeleri ile yaklaşık olarak ilişkili olduğu gösterilmiştir (Mersch-Sundermann vd., 1992; Nylund vd., 1992). Benzo[ghi]floranten, benzo[j]floranten, benzo[a]piren, krizen, dibenzo[a,l]piren, floranten ve trifenilen gibi PAH'lar, eksojen bir metabolik aktivasyon karışımı varlığında inkübe edildiğinde yüksek genotoksisite sergiledikleri bildirilmiştir (White, 2002). Germ hücre etkilerinin indüksiyonu ile ilgili olarak, benzo[a]piren, benzo [a]antrasen ve krizen, kemirgenlerde kromozom sapmalarında ve/veya baskın ölümlerde pozitif sonuçlar vermiştir (Jung vd., 2013). Bununla birlikte, PAH maruziyeti ile ilişkili genetik riskin niceliksel bir tahmini, bu verilere dayanarak, bulaşıcı etkilerin çok az değerlendirilmesiyle yapılmamıştır. Diğer PAH bileşikleri için (antranten, benzo[ghi]floranten, benzo[c]fenantren, 1-metilfenantren, perilen ve trifenilen), genotoksisite kanıtı sınırlıdır ve esas olarak in vitro sistemlerde elde edilen sonuçlara dayanmaktadır.

1.3. PAH ' larla İlgili Mevzuat

PAH'ların onlarca yıldır çevresel kirleticiler olduğu bilinmektedir, bu nedenle PAH'lar tarafından toprak, su ve hava kirliliğini tahmin etmek için çeşitli izleme programları yürütülmüştür. Emisyonlar ulusal bölgelerle bağlantılı olmadığından, sağlam karar vermenin

temeli olarak ilgili, karşılaştırılabilir veriler elde etmek için uluslararası standartlar ve kılavuzlar belirlenmiştir.

Tablo 1.3. Bazı PAH' ların çeşitli ülkelerdeki limitleri

Ülke	Ürün	PAH	Maksimum Limit
Çek Cumhuriyeti	Et ürünleri	BaA, BbF, BkF, DhA, DhP, DiP, IcP, CHR	3.0 µg/kg
	Kavrulmuş kahve, tahıllar, meyve, sebze, katı ve sıvı yağlar	BaA, BbF, BkF, DhA, DhP, DiP, IcP, CHR	2.0 µg/kg
	Balık, alkollü içecekler, tatlandırıcılar	BaA, BbF, BkF, DhA, DhP, DiP, IcP, CHR	1.0 µg/kg
	İçecekler, bira, şarap, çay	BaA, BbF, BkF, DhA, DhP, DiP, IcP, CHR	0.5 µg/kg
Slovak Cumhuriyeti	Füme et ürünleri ve sigara füme	BaP	1.0 µg/kg
	balık ürünleri		2.0 µg/kg
	Füme balık ürünleri		5.0 µg/kg
	Bitkisel kökenli yağlar ve yağlar		10.0 µg/kg
İtalya	Diğer bitkisel kökenli gıda maddeleri		
	Zeytin prina yağı ve rafine zeytin yağı	BaP, BeP, BaA, BbF, BkF, DgP, IcP	2.0 µg/kg 5.0 µg/kg yukarıdaki her toplamı
Almanya	Peynir ve peynir ürünleri, füme veya duman aromaları içerir. Füme veya duman aromalı gıda maddeleri	BaP	1.0 µg/kg
	kullanılarak üretilen peynir ürünleri		
	Füme et ve et ürünleri. Et füme gıda maddeleri	BaP	1.0 µg/kg
	Gıda içeren tüketime hazır aşağıdakiler hariç, gıda tatlandırıcıları eklenebilir	BaP	Max. 0.03 µg/kg
Polonya	tatlandırıcılar ekleyerek, gıda taze duman ile tedavi edilir		
	Duman tatlandırıcılar	BaP	Maksimum. 0.03 µg/kg eklenebilir tatlandırıcılar ekleyerek
Belçika	Füme et ve et preparatları	BaP	2.0 µg/kg
İspanya	Zeytin prina yağı	BaA, BbF, BkF, DhA, IcP, BaP, BeP, BgP	2.0 µg / kg yukarıdaki her toplamı
			5.0 µg / kg
Yunanistan	Zeytin prina yağı	BaA, BbF, BkF, DhA, IcP, BaP, BeP, BgP	2.0 µg / kg yukarıdaki her toplamı
			5.0 µg / kg
İsviçre	Zeytin prina yağı ve rafine zeytin prina yağı	BaA, BbF, BkF, DhA, IcP, BaP, BeP, BgP	2.0 µg / kg yukarıdaki her toplamı
			5.0 µg / kg
İngiltere Fransa İrlanda Kıbrıs Lüksemburg Danimarka Slovenya	Yasal sınır yoktur, ancak bazı ülkeler maksimum seviyeleri önermiştir		

Tablo 1.4. Türk Gıda Kodeksi bulaşanlar yönetmeliği PAH limitleri

Gıda		Maksimum Limit (µg/kg)	
6.1.	Benzo(a)piren. benzo(a)anthrasen. benzo(b)floranthen ve krisen	Benzo(a)piren	Benzo(a)piren. benzo(a)anthrasen. benzo(b)floranthen ve krisen toplamı
6.1.1.	Katı ve sıvı yağlar (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan) (kakao yağları ve hindistancevizi yağları hariç	2.0	10.0 (1.9.2012 tarihinden sonra)
6.1.2.	Kakao çekirdekleri ve bunların ürünleri	5.0 µg/kg yağ (1.4.2013 tarihinden sonra)	35.0 µg/kg yağ (1.4.2013 tarihinden sonra) 30.0 µg/kg yağ (1.4.2015 tarihinden sonra)
6.1.3.	Hindistancevizi yağı (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan)	2.0 (19.2012 tarihinden sonra)	20.0 (1.9.2012 tarihinden sonra)
6.1.4.	Tütsülenmiş et ve tütsülenmiş et ürünleri	5.0 (1.9.2014 tarihinden sonra)	30.0 (1.9.2012 tarihinden sonra) 12.0 1.9.2014 tarihinden sonra
6.1.5.	Tütsülenmiş balık eti ve Bölüm 6.1.6 ve 6.1.7 de belirtilen balıkçılık ürünleri hariç tütsülenmiş balıkçılık ürünleri (²³). (³⁷). Maksimum limit; tütsülenmiş kabuklularda başlı gövde kısmı hariç karın ve karın uzantısı kas etine uygulanır. Tütsülenmiş yengeç ve yengeç benzeri kabuklularda (Brachyura ve Anamura) ise appendages kas etine uygulanır.	2.0 (1.9.2014 tarihinden sonra)	30.0 (1.9.2012 tarihinden sonra) 12.0 (1.9.2014 tarihinden sonra)
6.1.6.	Tütsülenmiş çaça balığı ve tütsülenmiş konserve çaça balığı (Sprattus sprattus) (²³). (³⁸); çift kabuklu yumuşakçalar (taze. soğutulmuş veya dondurulmuş) (²⁵); son tüketiciye sunulan ısıtıl işlem görmüş et ve et ürünleri (³⁹).	5.0 (1.9.2012 tarihinden sonra)	30.0 (1.9.2012 tarihinden sonra)
6.1.7.	Tütsülenmiş çift kabuklu yumuşakçalar (²⁵)		35.0 (1.9.2012 tarihinden sonra)
6.1.8.	Bebek ve küçük çocuk ek gıdaları (³). (²⁹)		(1.9.2012 tarihinden sonra)
6.1.9.	Bebek formülleri ve devam formülleri (¹⁰). (²⁹) (bebek sütleri ve devam sütleri dahil)		(1.9.2012 tarihinden sonra)
6.1.10.	Bebekler için özel tıbbi amaçlı diyet gıdalar (¹¹). (²⁹)		(1.9.2012 tarihinden sonra)

İlk uluslararası bağlayıcı belge Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi 1979 yılında kurulmuş ve 2003 yılında yürürlüğe giren Kalıcı Organik Kirleticiler Protokolü (POPs) tarafından genişletilmiştir.

PAH bileşikleri tipik olarak karmaşık karışımların bileşenleridir. Bazı PAH'lar, bir dizi diğeriyle etkileşime girebilen güçlü kanserojenlerdir bileşiklerdir. Ülkeler, işyerlerinde ve çevrede PAH maruziyetleriyle ilgili mevzuatlar belirlemiştir. Hem işyerinde hem de içme suyunda PAH ile ilgili mevzuatlar vardır. Örneğin Avrupa birliği ülkelrine ait PAH limitleri Tablo1.3 ‘ de verilmiştir.

Ülkemizde PAH’ larla ilgili yönetmelik; Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (9 Aralık 2011 Perşembe, Resmî Gazete Sayı: 28157 (3. Mükerrer)) çıkarılmıştır. Bu Yönetmelik, gıdalarda bulunabilen nitratları, mikotoksinleri, ağır metalleri, 3-monokloropropan-1,2-diolü (3-MCPD), dioksinleri ve dioksin benzeri poliklorlubifenilleri (PCB), polisiklik aromatik hidrokarbonları (PAH) ve erusik asiti kapsamaktadır. Tablo 1.4’ de ülkemiz için PAH limitleri verilmiştir.

1.3. Polimatik Hidrokarbonların (PAH) Analiz Teknikleri

1.3.1. PAH Analizi İçin Gıda Örneklerinin Hazırlanması

Numunelerin alınması ve hazırlanması, PAH'ların doğru bir şekilde ölçülmesi için önemli bir adımdır. Gıdada bulunan matrislerin karmaşık yapısı sebebiyle, örnekleme genellikle kapsamlı ekstraksiyon ve/veya hazırlama adımları gerektirir (Ridgway vd., 2007). Optimum numune hazırlama, analiz süresinde azalma, daha az hata kaynağı, daha hassas tanımlama ve daha doğru niceleme açısından birçok avantaj sağlar. Gıda bilimcileri tarafından bir dizi ekstraksiyon yaklaşımı önerilmiştir (Crosby vd., 1981; Kolaroviç ve Traitler, 1982). En eski ve en önde gelen yöntemlerden biri, alkollü KOH ortamı ile sabunlaştırmadır (Kazerouni vd., 2001). Ekstraksiyon ve temizleme yöntemlerinin birleştirilmesi diğer bazı çalışmalarda da kullanılmıştır (Duedahl-Olesen vd., 2010). Gıda örnekleri, et ve yağların katı biyolojik matrisleri, sıvı veya çözeltiler ve kurutulmuş tozlar gibi çok çeşitli fiziksel formları içerir. Katı numuneler genellikle katı veya sıvı ekstraksiyon ile muamele edilir ve ekstraksiyon yöntemlerine ek temizlik veya konsantrasyon adımları eşlik etmelidir (Ridgway vd., 2007). Sıvı numuneler genellikle sıvı-sıvı ekstraksiyon veya sorpsiyon yöntemleri ile işlenir.

1.3.2. GC Tabanlı PAH analizleri

PAH analizi, ekstraksiyon, temizleme veya saflaştırma ve tespit olmak üzere 3 adımdan oluşur. GC, her türlü gıda örneğinde PAH'ların analizi için LC-MS'den sonra en sık uygulanan yöntemdir. GC-MS tekniği, PAH analizi için birçok resmi yöntemde yaygın olarak önerilmiştir (Plaza-Bolanos vd., 2010). GC'nin çözünürlük açısından LC'ye üstünlüğü nedeniyle, GC, kütle spektrumları ile birlikte yapısal bilgileri tanımlamak için uygundur. Ek olarak, GC-MS tek adımlı enjeksiyon kullanırken, LC-FLD analizinde çoklu enjeksiyon kullanılır (Plaza-Bolanos vd., 2010). GC-MS için PAH'ların parçalanması, stabiliteleri nedeniyle elde edilmesi kolay değildir. Bu nedenle, MS-MS parçalanma tekniği, gaz hücrelerinin çarpışmasından kaynaklanan yüksek voltajdan yararlanarak daha ağır PAH'lar için spesifik ürün iyonlarının tanınmasını sağlamak için geliştirilmiştir. GC-MS-MS, daha ağır PAH'ların nicelleştirilmesindeki eksikliklerin üstesinden gelmek için kullanılabilir diğer benzer bileşiklerle birlikte elute olma eğilimindedir. Bu tespit tekniği, lipid maddelerinin sinyal gürültüsü parazitlerinin problemlerini ortadan kaldırırken, kromatografik özelliklerin iyileştirilmesi ile daha ağır PAH'ların ayrılmasını iyileştirmiştir. Yüksek çözünürlüklü gaz kromatografisinin (HRGC-MS) kullanımı, PAH moleküllerinin düşük parçalanma avantajını da sunarak, moleküler iyonların daha yüksek verimlerine yol açar. Bu nedenle, PAH'ların çok sayıda izomer ve Ko-elüt eğilimi (örneğin, dibenzopiren) ile analizi için HRGC-MS uygun bir çözüm olduğu bildirilmiştir (Plaza-Bolanos vd., 2010).

1.3.3. HPLC Bazlı PAH Analizleri

GC tabanlı analize ek olarak, PAH'ların tespiti için yaygın olarak önerilen ve kullanılan analitik yöntemler, MS ve floresan detektörü (FLD) ile HPLC birleştirilmiştir. Sıvı kromatografisi, ultraviyole görünür ve foto-diyot dizisi gibi diğer bazı dedektörlerle birlikte daha önce de kullanılmıştır. Bununla birlikte, FLD, üstün özgülüğü ve duyarlılığı nedeniyle ilk tercih seçeneği olarak kabul edilir (Nasr vd., 2012; Dost ve Ideli, 2012; Ramalhosa vd., 2012). Aslında, diğer tespit seçenekleri, gıda bileşenlerinin karmaşık matrisleri tarafından girişime maruz kalma eğilimindedir (Plaza-Bolanos vd., 2010). LC-FLD' nin piyasaya sürülmesiyle, yüksek seçicilik ve duyarlılığa sahip bir analiz tekniği, gıda matrislerinde daha geniş bir hedef yelpazesine genişletilmiştir (Barranco vd., 2004; Ramalhosa vd., 2009). Domuz etinde bulunan yedi PAH, SPE temizliği ile ve LC-FLD birlikte belirlenmiş (Janoszka, 2011). Farhadian vd. (2010) ayrıca, numuneyi SPE ile muamele etmeden önce üç ila altı saat boyunca soğuk NaOH çözeltisinde homojenize ettikten sonra LC-FLD kullanarak ızgara

etinde (tavuk ve sığır eti) üç PAH'ın analizini yapmıştır. Kore füme gıdalarında tek bir PAH (Bap) SPE bazlı analizi yapılmıştır (Cho ve Shin, 2012). Ayrıca, Ishizaki ve ark. (2010) kurutulmuş sebzelerde SPME kullanımı ve LC-FLD kullanımıyla mevcut 16 PAH' ı tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, ön muameleyi daha az somut hale getirmek için, LC-FLD ile mikrodalga destekli ekstraksiyon da araştırılmıştır. Ramalhosa vd. (2012), LC-FLD ile birleştirilmiş mikrodalga bazlı ekstraksiyon kullanılarak balıklarda (uskumru, kefal ve sardalya) 18 PAH'ın belirlenmesi için optimize edilmiş ve hassas bir yöntem önermişlerdir. Benzer bir ekstraksiyon tekniği Farhadian ve ark. (2011) kömür ızgarası ile muamele edilmiş sığır eti analiz etmek için önerilmiştir. Ayrıca, Zhang vd., (2010), çeşitli deniz ürünleri örneklerinde PAH'ların analizlerini gerçekleştirmek için LC-FLD ile birlikte mikrodalga ekstraksiyonunu araştırmışlardır. Mikrodalga ekstraksiyonu, düşük miktarda çözücü kullanımı nedeniyle genellikle avantajlıdır. Benzer çalışmalar midye gibi bazı deniz ürünlerine de uygulanmıştır (Serpe vd., 2010). PAH'ların analizi için kullanılan teknikler göz önüne alındığında, zaman tüketimi, gıda örneğinde bulunan maksimum sayıda bileşiğin kolay değerlendirilmesi için en aza indirilmesi gereken önemli bir faktördür. Bu faktör göz önüne alındığında, diğer yöntemleri kullanmanın fizibilitesi (örneğin, quechers, soxhlet ekstraksiyonu, ve SPE) ile LC-FLD de değerlendirilmelidir (Kishikawa vd., 2003). Ramalhosa vd., (2009) deniz ürünleri (balık) için quechers tabanlı ekstraksiyon bildirmiştir. LC-FLD, LC-UV tespitinden oldukça üstün olmasına rağmen, birincisinin bir dezavantajı, izotopik olarak etiketlenmiş bileşiklere karşı duyarsızlığıdır (Dost vd., 2012; Ramalhosa vd.,2012), ikincisi bu açıdan sınırlı değildir. MS'in artan duyarlılığı, çiğ, pastörize ve ultra ısıtılmış işlem görmüş süt örneklerinin analizinde büyük bir avantaj olduğu ortaya konmuştur (Naccari vd., 2011). LC-MS ile deniz ürünleri (somon), biftek ve domuz pirzolasında 18 PAH tespit edilmiştir (Gosetti vd., 2011). Duyarlılık sorunu, LC'nin MS ile ilişkisi ile çözülürken, gıdanın karmaşık matrislerine bağlı girişim ve çoklu enjeksiyonlardan kaynaklanan komplikasyonlar, bu alanda GC-MS tekniğinde kaydedilen ilerlemeyle önemli ölçüde aşılmıştır (Houessou vd., 2006; Kumari vd., 2013).

1.4.4. Floresan Dedektörlü Yüksek Basınç Sıvı Kromatografisi (HPLC-FLD)

Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (veya yüksek basınçlı sıvı kromatografisi, HPLC), aktif bileşikleri ayırmak, tanımlamak ve ölçmek için genellikle bir çok alanda kullanılan spesifik bir kolon kromatografisi şeklindedir. HPLC esas olarak aranan maddeyi tutan bir sabit faz, mobil fazları kolon boyunca hareket ettiren bir pompa ve moleküllerin tutma

sürelerini gösteren bir dedektör kullanır. Tutma süresi, sabit faz, analiz edilen moleküller ve kullanılan çözücüler arasındaki etkileşimlere bağlı olarak değişir. Analiz edilecek numune, mobil faz akışına küçük hacimde sokulur ve sabit faz ile spesifik kimyasal veya fiziksel etkileşimler tarafından hareketi geciktirilir. Gecikme miktarı, analitin doğasına ve hem sabit hem de mobil fazın bileşimine bağlıdır. Kullanılan yaygın çözücüler arasında herhangi bir yüksek performanslı sıvı kromatografisi (veya yüksek basınçlı sıvı kromatografisi, HPLC), aktif bileşikleri ayırmak, tanımlamak ve ölçmek için genellikle Biyokimya ve analizde kullanılan spesifik bir kolon kromatografisi şeklindedir.

Kullanılan yaygın çözücüler, su veya organik sıvıların karışabilir kombinasyonlarını içerir (en yaygın olanları metanoldür ve asetonitril). Analiz sırasında mobil faz bileşimini değiştirmek için seprasyon yapılmıştır; bu gradient elüsyonu olarak bilinir. Gradient, analit karışımlarını, analitin mevcut mobil faz için afinitesinin bir fonksiyonu olarak ayırır. Çözücüler, katkı maddeleri ve Gradient seçimi, sabit fazın doğasına ve analite bağlıdır.

Floresan dedektörleri muhtemelen mevcut modern HPLC dedektörleri arasında en hassas olanıdır. Akış hücresinde tek bir analit molekülünün varlığını bile tespit etmek mümkündür. Tipik olarak, floresan hassasiyeti, güçlü UV emici malzemeler için UV dedektöründen 10-1000 kat daha yüksektir. Floresan dedektörleri, diğer optik dedektörler arasında çok spesifik ve seçicidir. Bu normal olarak numunelerdeki spesifik floresan türlerinin ölçülmesinde bir avantaj olarak kullanılır.

Belirli fonksiyonel gruplara sahip bileşikler daha kısa dalga boyu enerjisi ile uyarıldığında ve floresan adı verilen daha yüksek dalga boyu radyasyonu yaydığında. Genellikle, emisyon uyarıma dik açılarda ölçülür.

Tüm bileşiklerin yaklaşık %15'i doğal bir floresansa sahiptir. Özellikle aromatik bileşenlerde konjuge pi-elektronların varlığı en yoğun floresan aktivitesini verir. Ayrıca, karbonil gruplarına sahip alifatik ve alisiklik bileşikler ve yüksek oranda konjuge çift bağlara sahip bileşikler floresan, ancak genellikle daha az derecede. Sübstitüe edilmemiş aromatik hidrokarbonların çoğu, halka sayısı, yoğunlaşma derecesi ve yapısal sertliği ile artan kuantum verimliliği ile floresanlaşır.

Floresan yoğunluğu hem uyarıma hem de emisyon dalga boyuna bağlıdır, bu da bazı bileşenlerin seçici olarak tespit edilmesine ve diğerlerinin emisyonunun bastırılmasına izin verir. Herhangi bir bileşenin tespiti, seçilen dalga boyuna ve bir bileşenin 280 nm ve 340 nm'de tespit edilip edilemeyeceğine önemli ölçüde bağlıdır. Modern dedektörlerin çoğu, karışımdaki

tüm bileşenleri tespit etme imkanı sunan uyarma ve emisyon dalga boyunun hızlı bir şekilde değiştirilmesine izin verir.

1.4.5. Bio-Algılama Metotları

1980'lerde çevre bilimcileri PAH'ların tespiti için immünokimyasal yöntemleri geliştirmişlerdir (Fukal, 1999). Şu anda, çevresel uygulamalar için birçok ticari biyosensörler mevcuttur. Bu nedenle, PAH analitlerinin belirlenmesi için algılama tahlilleri olarak geniş bir immünosensör yelpazesine erişilebilir (Zhang vd., 2015). Bu analizler potansiyometrik, amperometrik, iletkenometrik, florimetrik ve UV algılamadır. Bu analizler hassas, seçici ve güvenilir bir kararlılıkla hızlı algılama sağlamayı hedeflemektedirler. Bu analizlerin diğer analitik tekniklere göre avantajları, enstrümantal cihazların minyatürleştirilmesi, somut olmayan ön arıtma kurulumları, az miktarda test numunesi gereksinimi, minimum organik çözücü tüketimi, zaman alıcı numune hazırlığının ihmal edilmesi ve kapsamlı temizliklerin olmamasıdır.

1.5. Akçaabat Köftesi

Akçaabat köftesi, Trabzon ilinin imajı haline gelen geleneksel bir et ürünüdür. İlk olarak 1930'lu yıllarda Akçaabatlı lokantacılar vasıtasıyla yapılan bu ürün, daha sonra ülkemizin her yerine yayılarak ticari olarak üretilmeye başlanmıştır. Bayat ekmek, sarımsak, temiz iç yağ ve tuz katıldıktan sonra bir kıyma makinesinden geçirilerek küçük porsiyonlar halinde kırmızı etin yoğrulması yoluyla elde edilir. 2009 yılında Akçaabat mevkiine ait olduğu için Türk Patent Enstitüsü vasıtası ile kararlaştırılmış ve coğrafi belirti ve bulguların tescili 22 Temmuz 2009 tarihli Resmi Gazete ile verilmiş ve yayınlanmıştır. Akçaabat köftesinin en önemli özelliklerinden biri, üretiminde baharat olarak sadece sarımsağı kullanmasıdır. Genellikle kömürlü ızgarada pişirilen Akçaabat köftesi, yayık ayran, piyaz, közlenmiş biber, közlenmiş domates ve Trabzon ekmeği ile servis edilir. Akçaabat'da yetişen dana ve öküz etleri Akçaabat köftesi imalatında kullanılmaktadır. Bunu yapmak için, dana eti veya öküzün önkol eti, birkaç kaburga eti, işkembe yağı ve böbrek yağı, önemli bir temizlik ve ayrışmadan sonra sarımsak ve ekmek ile karıştırılır ve bir kıyma makinesinden geçirilir. Köfte yapımında kullanılan ekmek, et parçalarının bir araya getirilmesine ve birleştirilmesine izin verir. Fazla miktarda ekmeğin kullanılması ise lezzetin bozulmasına sebebiyet verebilir. Et çekimi bittikten sonra, takip eden kombinasyona tuz ilave edilip ve yoğrulur. Yoğurma işleminden sonra, hamur avucunuzun içinde uygun miktarda yuvarlanır, düzleştirilir ve tepsilerle konur.

3 sıra halinde kaplanmış tepsiler, dinlenmek için soğutulur. 1-2 gün dinlendikten sonra pişirmeye hazır hale gelir.

Akçaabat köftesinin ürün tanımı coğrafi işaret belgesinde yer alan tanımdır.

1.5.1. Ürünün Tanımı

Akçaabat köftesi; köfte hamurunun kalıpta veya elde şekillendirildikten sonra soğutmak suretiyle hazırlanır. Akçaabat köftesi Akçaabat'ta yetişen sığır etlerinden yapılır. Kesilmiş olan etler 24 saat dinlendirilip kemiklerinden ayırma işlemi yapılır. Sinirleri temizlenerek artık etler uzaklaştırılır. Etler küçük parçalar halinde parçalanıp bayat ekmek, sarımsak, taze iç yağı, tuz ilave edilerek bir numara makineden geçirilir. Yoğrularak, bir saat dinlendirilir ve tekrar yoğrulma işlemi yapılır. Yoğurma işlemi ekmek, yağı, sarımsağı, tuzu katılınca kadar devam eder. Yoğurma işlemi tamamlandıktan sonra şekillendirme işlemi yapılır. Bir adet köftenin ağırlığı 33 - 40 gr arasında olacak biçimde yapılır. Şekillendirme işlemi tamamlandıktan sonra 2 saat dinlendirilmeye bırakılır. Odun kömürü kullanılarak yakılan ocaklarda pişirilerek servis yapılır.

1.5.2. Ayırt Edici Özellikleri

Akçaabat köftesini diğer köfte türlerinden ayıran en önemli özellik söz konusu köftenin üretiminde kullanılan etin doğal ortamda ve kendine has bir floroya sahip bölge yaylalarında yetiştirilmiş danalardan elde edilmiş olmasıdır. Yörenin otlarının bu hayvanların üzerindeki etlerine vermiş olduğu tat ile köfteye ayrı bir damak lezzeti vermektedir. Bölge dışındaki illerden gelen hayvanların etinden bu lezzetin yakalanması mümkün değildir. Ayrıca üretim tekniği ve ustalıkta ürüne önemli ölçüde farklılık katmaktadır. Karışım hazırlanırken yukarıda belirtilen maddelerin dışında hiçbir şey katılmaz. Pişirme odun kömürü ile yanan ocaklarda gerçekleştirilir. Akçaabat köftesinin servisini tamamlayıcı unsurları olan közlenmiş olarak sivri biber domates kullanılır. Tercihen soğan, patates cips, ayrı olarak ta piyaz ve bulgur pilavı ile servisi yapılabilir.

1.5.3. Görünüm ve Duyu Özelliği

Birbirine veya kutu iç yüzeyine yapışmış, dondurulmamış yüzeyinde boşluk ve çatlak olmamalıdır. Etin doğal rengi pembe renginden kahve rengine kadar değişen tonlarda olmalı kararmış olmamalıdır. Pişirmeden önce veya sonra kendine has tat ve kokuda olmalı yabancı

tat ve küf kokusu bulunmamalı ve kokuşmuş olmamalıdır. Akçaabat köfte elastiki kıvamda homojen yapıda olmamalıdır. Gözle görülebilen yabancı madde bulunmamalıdır.

1.5.4. Fiziki ve Kimyevi Özellikleri

Akçaabat köftesi özelliklerini bozacak maddelerle bir arada bulunmamalı ve makinede dilimlenmemelidir. Taze olarak piyasada verilecek olan Akçaabat köftesi +1 °C, - 3 °C arası muhafaza edilmelidir. İmalattan itibaren 40 saat içerisinde tüketilmelidir. Uzun süre muhafaza edilecek Akçaabat köftesi ise en az -30 °C de dondurulmalı ve -16 °C de muhafaza edilmelidir. İmalattan itibaren en çok 5 ay içinde tüketilmeli çözüldükten sonra hemen kullanılmalı tekrar dondurulmamalıdır.

1.5.5. Üretim Alanı

Trabzon ili Akçaabat ilçesidir.

1.5.6. Üretim Metodu

Katkı maddeleri, Akçaabat köftesine dana eti, bayat ekmek, sarımsak, iç yağı, yemeklik tuz dışında hiçbir katkı maddesi katılmaz. Bu malzemelerin kullanım oranları ise;

- % 73.2-76.2 oranında et
- % 14.0 -15.0 oranında ekmek
- % 8.0- 10.0 oranında iç yağ
- % 1.0 oranında tuz
- % 0.8 oranında sarımsaktan oluşmalıdır.

Köftede kullanılacak etin % 70 bölümü döş kısımdan, geri kalan % 30 luk bölümü ise kol, kaburga, biftek ve gerdan kısmından kullanılmalıdır.

1.5.7. Hazırlanışı

Akçaabat köftesi pişirilmemiş köfte hamurunun kalıpta veya elde şekil verildikten sonra soğutmak suretiyle hazırlanan üründür. Katılacak katkı maddeleri yukarıda belirtilen oranlarda olmalıdır. Akçaabat köfte hamuru hazırlanırken kasaplık hayvan gövde etlerinin tercihen kasaplık dana gövde etleri kemiklerden ayrılır. Gerekli temizlik ve ayrışmalar yapılarak küçük parçalara ayrılır. Yapılacak hamurun miktarına göre iç yağ eklenir. Yine belirli oranlarda sarımsak eklenir. Belirli gramajda ekmek katılır. Bu katılan ekmek etin

zerreciklerinin birbirine yapışmasını ve kaynaşmasını sağlar. Fazla veya az katılan ekmek köftenin damak tadını bozar. Belirlenen gramajda katılması uygundur. Yemeklik tuz eklendikten sonra kıyıma geçilir. Çekme şekli kıyma makinesinde yapılır. Çekim İşlemi bittikten sonra yoğurma İşlemi yaklaşık 1 saat devam eder. Bu yoğurma esnasında fazla veya az yoğrulma sağlıklı olmayabilir, normal kıvamının verilebilmesi gerekmektedir. Bu noktada ustalık ön plana çıkmaktadır. Köfte hamuru hazırlandıktan sonra normal gramajlarda kesime başlanır. Akçaabat köftesi en çok 2 cm kalınlığında aynı şekil ve büyüklükte olmalıdır. Bir adet köftenin 33- 40 gr arasında olması gerekmektedir. Şekillendirme işlemi bittikten sonra 2 saat dinlendirilir.

Piştirilme yeri standartlara uygun olmalıdır. Bu standartlar belirli ölçülerde ocaklar olup bu ocakların yanabilmesi için odun kömürü kullanılmalıdır. Pişirme esnasında vantilatör ve rüzgar yapıcı cihazlar kullanılmaz. Tabakta közlenmiş olarak sivri biber, domates ile sunumu yapılır. Köfte kilogram (kg) olarak satılır.

1.5.8. Denetleme

Akçaabat köftesinin yukarıdaki koşullara uygunluğunun denetimi Trabzon Ticaret ve Sanayi Odasının koordinatörlüğünde, TTSO, Akçaabat Belediyesi ve konusunda uzman en az 3 ustanın katılımı ile oluşturulacak bir komisyon tarafından yapılmaktadır. Komisyon görev dağılımını kendi arasında gerçekleştirmektedir. Akçaabat köftesinin denetimi ve kontrolü söz konusu komisyonun kontrolü altında olup, Coğrafi işareti haksız şekilde kullananlar ile ilgili yasal takibat başlatılmaktadır. Komisyon denetimini 6 ayda bir düzenli olarak, ihtiyaç duyulduğunda ve şikâyet durumunda ise her zaman denetim yapmaktadır.

1.5. Önceki Çalışmalar

‘Ekmeklerde Piştirilme Aşamasında Yakıt ve Fırın Türlerinden Kaynaklanan PAH Kontaminasyon Seviyelerinin Belirlenmesi (Bilaloğlu., 2018), ‘Dana ve Kuzu Kokoreçlerinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların (PAH) Oluşum Düzeyi Üzerine Farklı Hayvansal Yağların Etkisi (Babaoğlu., 2015)’, ‘Bitkisel Yağlardaki Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Miktarı Üzerine Rafinasyon Kademelerinin Etkisi (Akbaba., 2014)’, ‘Çiçek ve Salgı Ballarında Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) (Toptancı., 2013)’, ‘Pestisit ve Antibiyotik Kalıntılarının GC/MS VE LC/MS/MS İle Belirlenmesi (İdeli., 2007)’, Bazı Gıda Maddeleri ve Bitkisel Yağlarda Oliaromatik Hidrokarbonların (PAH) Analizi ile ilgili çalışmalar ülkemizde yüksek lisans ve doktora tezi olarak yapılmıştır. Aydın ve Şahan

(2018) bazı et türlerinde PAH oluşumuna farklı pişirme yöntemlerinin etkisini incelemişler, PAH konsantrasyonunun etin kimyasal özelliklerine ve pişirme tekniğine göre değiştiğini tespit etmişlerdir. Bu kapsamda mangalda pişirme yönteminin PAH oluşumunda daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

1.6. Çalışmanın Amacı

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), organik maddelerin tam yanmamasından ortaya çıkan çok yaygın görülen ve kirliliğe neden olan maddelerdir. Otuzdan fazla PAH'ın yüzlerce PAH türevinin karsinojenik etkileri bilinmektedir. Et ve et ürünlerinde de PAH oluşumu genelde mangal kömüründe kızartılan gıdaya duman vasıtasıyla kömürden geçmektedir. Ülkemizde de tüketim sıklığı bakımından bakıldığında ızgara türü et ürünlerinde PAH oluşum riskinin yüksek olduğu söylenebilir. PAH oluşumu et ürünlerinde yüksek sıcaklık etkisiyle oluşmaktadır. Literatürde bununla ilgili detaylı ve yeterli çalışmalar mevcut değildir. Yöresel bir ürün olarak ve Türk Patent Enstitüsü tarafından 2009 yılında Akçaabat'ta üretildiği tescillenen Akçaabat köftesi ile ilgili literatürde PAH oluşumu ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Akçaabat köftesinin coğrafi işareti olması ve azımsanmayacak bir tüketim potansiyeline sahip olmasından ötürü hakkında daha çok çalışma yapılması gereken bir ürün olduğu aşikardır. Bu çalışmada da Akçaabat köftesinde farklı pişirme teknikleriyle PAH oluşum mekanizmasını incelemek ve literatüre bu çalışmayı kazandırmak temel amaçtır. PAH oluşumun et ve et ürünlerinde farklı pişirme yöntemleriyle oluşumuna ilişkin sınırlı kaynaklar bulunmaktadır. Türk Gıda Kodeksi bulaşanlar yönetmeliğinde de pah limitleri belirlenmiştir. PAH verilerine ulaşıldıktan sonra çeşitli işletmelerden alınmış köfte örneklerindeki PAH limitleri Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğine göre uygunluğu tespit edilecektir. Bu değerlendirmede ekstraksiyon yöntemi kullanılarak örneklerde ekstrakte edilen PAH' lar HPLC-FLD yöntemi ile miktar tayini yapılacaktır. Ülkemizin bir çok yerinde severek tüketilen Akçaabat köftesinde PAH oluşumunun olup olmadığı ortaya çıkarılmış olacaktır. Pişirme tekniklerinden oluşan bir PAH durumu söz konusu ise bununla ilgili öneriler ortaya konulacaktır.

1.7. Çalışmanın Kapsamı

Et ve et ürünlerinde yüksek sıcaklıklarda pişirilmesiyle polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) bileşikleri gibi çeşitli tehlikeli kimyasal kirleticiler oluşabilmektedir. Bu çalışma, Akçaabat köftesinde pişirme esnasında oluşabilecek Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar

Tebliğinde yer alan PAH'lar (benzo[a]antrasen, krisen, benzo[b]fluoranthene ve benzo[a]piren) içeriği ve köftenin kimyasal yapısı ve pişirme yöntemlerinden PAH oluşumunun nasıl etkilendiğini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada Akçaabat köftesinde, tavada kızartma, fırında pişirme, elektrikli ızgara ile pişirme, odun kömürü ve fındık kabuğu ile mangalda pişirme işlemleri uygulanıp oluşan PAH miktarları, pişmemiş ve pişmiş köftenin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (nem, protein, kül, tuz, yağ, pişme oranı ve PAH) de tespit edilmiştir. Farklı firmalara ait ürünlerin kimyasal içerikleride farklı olacağından bu bileşimin PAH oluşumunda etkisi ortaya konulmuştur. PAH'lar SPE (katı faz ekstraksiyon) ekstraksiyon yöntemi kullanılarak örneklerden ekstrakte edilecek ve HPLC-FLD kullanılarak analiz edilmiştir.

Sonuç olarak, PAH konsantrasyonunun Akçaabat köftesinde kimyasal özelliklerine ve pişirme yöntemine göre değişip değişmediği ortaya konulmuştur. Yapılacak olan çalışma kapsam olarak yukarıda belirtmiş olduğumuz konuları kapsamıştır. Bu kapsamda farklı firmalara ait üretilen Akçaabat köftesinin çiğ halinin nem, protein, kül, tuz, yağ, pişme oranı analizleri yapıldıktan sonra farklı tekniklerle pişirilerek PAH oluşumuna bakılmıştır. Böylece nem, protein, kül, tuz, yağ miktarları ile tava, fırın, elektrikli ızgara, mangal (odun kömürü ve fındık kabuğu) parametreleri arasında PAH oluşumu arasında ilişki ortaya konulmuştur. Ortaya çıkacak PAH miktarı ile alakalı oluşma evresinin incelenmesi bu çalışmanın en temel amacı olup Akçaabat köftesiyle ilgili literatürde PAH çalışmanın olmaması ve çeşitli pişirme işlemlerine tabi olmasıyla PAH oluşum mekanizmasının incelenmesi çalışma kapsamındadır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Cihazlar

Kullanılan cihazlar analiz metotlarında verilmiştir.

2.2. Kullanılan Kimyasallar

Kullanılan kimyasallar analitik saflıkta olup, Merck ve Sigma firmaları tarafından üretilmişlerdir.

2.3. Çözeltilerin Hazırlanması

Çalışma esnasında kullanılan çözeltiler TS 545' e göre hazırlandı (TS 545, 1967).

2.4. Materyal

Çalışmada kullanılan Akçaabat köfteleri Trabzon Akçaabat ilçesinde 3 adet onaya tabi işletme ile 5 adet kayda tabi kasaptan temin edilmiştir. Temin edilen köfteler Şekil 2.1' de gösterilmiştir. Tablo 2.1.' de bu köftelere ait kodlamalar verilmiştir.



Şekil 2.1. Akçaabat köftesi numuneneleri

Tablo 2.1. Köfte örneklerine ait kodlamalar

Sıra No	Kod No	İşletme	Kayıt No
1	N1	İ... K.....	TR-61-K-00....
2	N2	K..... K.....	TR-61-K-00....
3	N3	B.....K.....	TR-61-K-00....
4	N4	A..... E... Ü.....	61-00..
5	N5	Ç..... K.....	61-00..
6	N6	K..... İ.....U.....	TR-61-K-00....
7	N7	K..... K.....	TR-61-K-00....
8	N8	C.....U..... K.....	TR-61-K-00....

2.5. Deney uygulamaları

Aşağıdaki deneysel çalışmalar yapıldı.

2.5.1. Nem Miktarı Tayini

Akçaabat köftelerinin nem miktarı şekil , yaklaşık 5.0000 g örnek 103±2 °C'de sabit ağırlığa getirilmiş içinde kum ve cam baget bulunan alüminyum kaptaki 3 paralel olarak tartımı yapıldı. Sabit tartıma gelinceye kadar (yaklaşık 4 saat) 103±2 °C'de tutuldu (Şekil 2.2). Meydana gelen ağırlık kaybından % olarak aşağıdaki formülle hesaplandı (TS 1743 ISO 1442, 2001).

$$\% \text{ Nem} = \frac{(B-A) \times 100}{m} \quad (2.1)$$

A: Dara

B: Son tartım

m: Analizde kullanılan numunenin kütlesi



Şekil 2.2. Nem analiz işlemi

2.5.2. Protein Miktarı Tayini

1 g numune kjeldal tüpüne tartılarak eklendi ve 1 adet katalizör ve 20 ml sülfürik asit ilave edildi. 4 saat 420 °C'de yakıldı (Şekil 2.3). Destilasyon ünitesinde 75 ml % 40 NaOH ilave edilerek destilat 25 mL % 4 Borik asit içinde toplandı. 0.1 N HCl ile geri titraasyon yapılarak örneklerin % azot miktarları belirlendi ve bu değerlerin 6.25 faktörüyle çarpılmasıyla protein miktarları % olarak hesaplandı (TS 1747-1 ISO 1841-1, 1999).

$$\% \text{ Protein} = \frac{S \times N \times 0.014 \times 100 \times 6.25}{m} \quad (2.2)$$

S : Sarfiyat

N: 0.1 N HCl normalitesi

m: Analizde kullanılan numunenin kütlesi



Şekil 2.3. Protein analizi yakma işlemi (A), distilasyon işlemi (B), titrasyon işlemi (C)

2.5.3. Yağ Miktarı Tayini

500 mL hacmindeki 29/32 şifli balonlar 103 ± 2 °C'de sabit tartıma getirildi. Yağ miktarı tayini için, yaklaşık 5 g numune soksalet kartuşlarına tartımı yapıldı. Örnekteki yağın soksalet ekstraksiyon düzeneğinde petrol eter yardımıyla 6 saat ektrakte edildi, petrol eteri kartuşlar çıkarıldıktan sonra soksalet cihazının orta kısmından alındı (Şekil 2.4). Şilifli balonlar vakum evaporatörde buharlaştırıldı. Eter ekstraktı 103 ± 2 °C'de sabit ağırlığa getirildi ve soğutulduktan sonra tartılarak % yağ miktarı hesaplandı (TS 1744, 1974).

$$\% \text{ Yağ} = \frac{(B-A) \times 100}{m} \quad (2.3)$$

A: Dara

B: Son tartım

m: Analizde kullanılan numunenin kütlesi



Şekil 2.4. Yağ analiz işlemleri

2.5.4. Kül Miktarı Tayini

Kül miktarları, 25 mL hacme sahip porselen krezeller 550±10 °C'de tamamen sabit tartıma gelinceye kadar 2 saat süreyle kül fırınında tutuldu. Kül fırını kapatılarak sıcaklığın 200 °C'ye kadar düşmesi beklendi ve bu potalar desikatörlere alındı. Sonrasında potaların daraları alındı ve 5 g örnek tartıldı. Etüvde 105±2 °C'de kurutuldu. Bek alevinde beyazlaşma işlemi gerçekleşinceye kadar yakıldı. Numuneler kül fırınına konarak 550±10 °C'de sabit tartıma gelinceye kadar 4 saat yakıldı (Şekil 2.5). Kül miktarı meydana gelen ağırlık kaybından % olarak aşağıdaki formül ile hesaplandı (TS EN ISO 2171, 2010).

$$\% \text{ Kül} = \frac{(B-A) \times 100}{m} \quad (2.4)$$

A: Potaların darası

B: Son tartım

m: Analizde kullanılan numunenin kütlesi



Şekil 2.5. Kül analiz işlemleri

2.5.5. Tuz Miktarı Tayini

5 g örnek 600 ml behere konularak 30 dk boyunca kaynatıldı. Ardından soğutularak hacmi 250 mL' ye tamamlandı ve kaba süzgeç kağıdından süzüldü (Şekil 2.6). Süzüntüden 50 mL alınıp % 5 K_2CrO_4 5 damla damlatılıp 0.1 N $AgNO_3$ ile titrasyonu yapıldı ve % tuz miktarı aşağıdaki formülle hesaplandı.

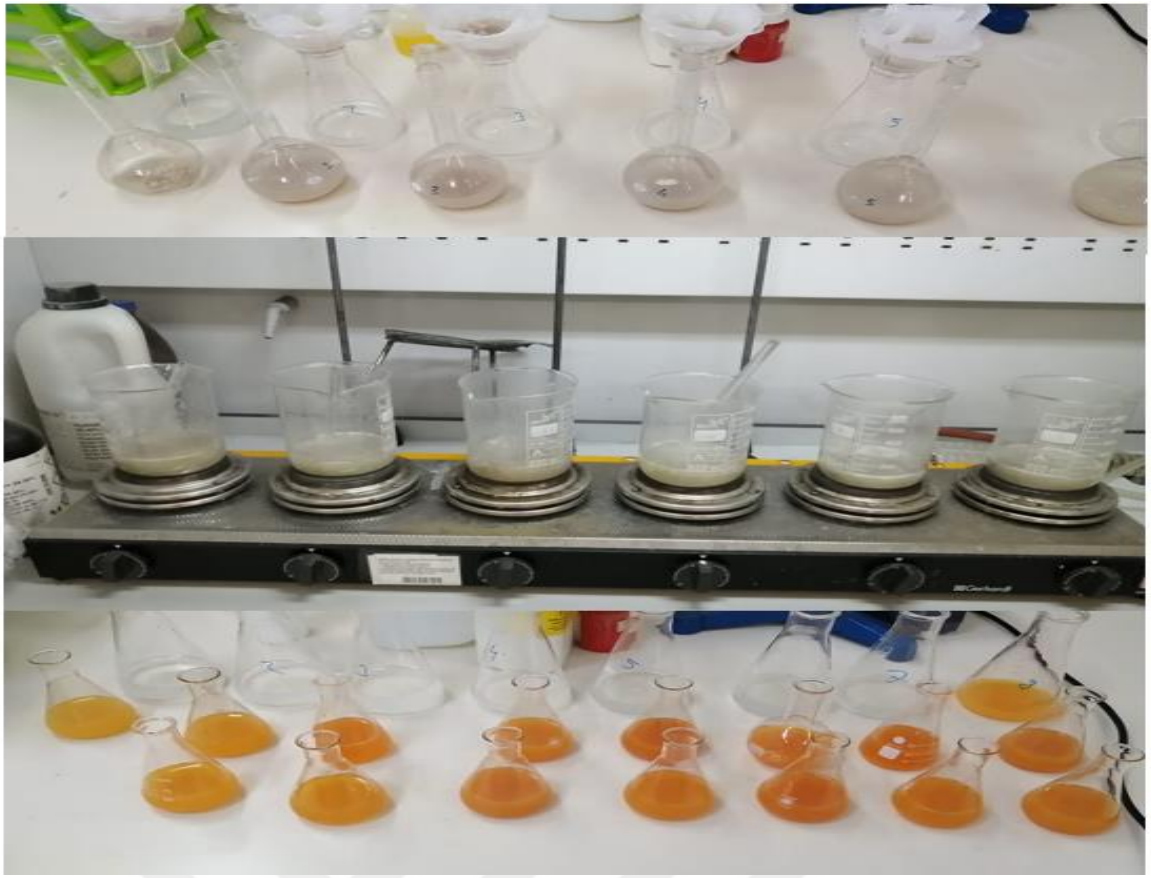
$$\% \text{ Tuz} = \frac{S \times N \times 0.0585 \times 100 \times SO}{m} \quad (2.5)$$

S : Sarfiyat

N : 0.1 N $AgNO_3$ normalitesi

M : Analizde kullanılan numunenin kütlesi

SO : Sulandırma oranı



Şekil 2.6. Tuz analiz işlemleri

2.5.6. Pişirme Kaybı Analizi

Pişirme kaybı analizi için önce köftelerin ağırlıkları tartıldı (Şekil 2.7). Alüminyum folyolardan kalıp yapıldı ve 6 gözlü ısıtıcıda 250 °C'de köftenin her iki yüzünün 3'er dakika pişirilmesinden sonra meydana gelen ağırlık kaybından pişirme kaybı % olarak aşağıdaki formülle belirlendi (Hasbioğlu ve Ertas, 1997).

$$\% \text{ Pişme kaybı} = \frac{(B-A) \times 100}{m} \quad (2.6)$$

A: Köftenin pişmeden önceki ağırlığı

B: Köftenin piştikten sonraki ağırlığı

m: Analizde kullanılan numunenin kütlesi



Şekil 2.7. Pişme kaybı analiz işlemleri

2.6. Akçabat Köftelerinin Pişirilmesi

Her bir işletmeden alınan köfte örneklerine pişirme yöntemleri ayrı ayrı uygulanmış ve bu sırada problu termometre ile merkez sıcaklıkları ölçülerek TKG Et ve Et Ürünleri Tebliği'nde belirtilen pişirme işleminin tanımı gereği ürün merkez sıcaklığının 72 °C'ye ulaşması sağlanmıştır. Köftelerin pişirilme süresi merkez sıcaklığı 72 °C'ye geldikten sonra 3 dakikadır. Fırında pişirme işlemleri konveksiyonlu fırında (Bosch, HBF514B.0T) 180 °C'de, pişme derecelerinin takibi ile yapılmıştır. Kızartma işleminde teflon tava (Emsan) kullanılmış olup kızartma sırasında tavaya yağ ilavesi yapılmamıştır. Köfteler, elektrikli ızgarada (Tefal), paslanmaz çelik ızgara yüzeyinde 180 °C'de pişirilmiştir. Mangalda pişirme de ise yakıt olarak odun kömürü ve fındık kabuğu kullanılmış olup ızgara yüzeyi olarak ise demir mangal ızgarası kullanılmıştır. Izgara ile kömür arasındaki mesafe 6-8 cm'dir. Tavada, elektrikli ızgarada ve mangalda pişirme teknikleri uygulanırken, etlerin merkez sıcaklığı 72 °C'ye geldikten sonra etlerin her iki yüzeyinin de 3 dakika süre ile pişirilerek pişirme işleminin tüm pişirme yöntemlerinde homojen olması sağlanmıştır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Mangalda pişirme işlemleri

2.7. PAH Analizi

2.7.1. Alet Ekipman

- Hassas Terazi (0,1 mg hassasiyette)
- Pistonlu Pipetler (10µL-100µL, 100µL-1000µL, 1000µL- 5000µL),
- Vial (2mL'lik)
- Enjektör (10mL'lik)
- HPLC Cihazı
- HPLC Kolonu: C18 4,6mm X150 mm, 5µm
- Fluorescence Dedektör
- Enjektör Filtresi (RC 0.22 µm çaplı)
- Falkon Tüpler (50 mL'lik ve 15 mL'lik)
- Vorteks
- Santrifüj
- Su Banyosu
- Balon Joje (10 mL)
- Mezür (250 mL)

2.7.2. Kimyasallar

- Asetonitril (HPLC grade)
- Metanol
- Aseton
- Bond Elut SPE Kartuş
- Benzo(a)anthrasen Standart Çözeltisi
- Krisen Standart Çözeltisi
- Benzo(b)floranthen Standart Çözeltisi
- Benzo(a)piren Standart Çözeltisi
- Saf Su
- Çözelti 1: Asetonitril:Aseton (60:40), 150 mL asetonitril 100 mL aseton ile

karıştırılarak hazırlandı.

– Çözelti 2: Asetonitril:Aseton (80:20), 200 mL asetonitril 50 mL aseton ile karıştırılarak hazırlandı.

- Mobil Faz A: %100 Saf su olarak hazırlandı.
- Mobil Faz B: %100 ACN olarak hazırlandı.

2.8. Örneklerin hazırlanması

–Numune, yüksek devirli blender veya homojenizatör kullanılarak homojenize edildi.

2.9. Köfte Örneklerinin Ekstraksiyonu

– 2 g homojenize edilmiş numune ± 1 mg hassasiyetle tartıldı ve 50 mL’lik falkon tüpe alındı, üzerine çözelti 1’den 10 mL eklendi.

– 30 sn vortekslendi ve 10 dk 4500 rpm’de santrifüjlendi.

2.10. Örneklerin Kolon İle Temizlenmesi

Kartuşun şartlandırılması işlemi, sırasıyla 20 mL metanol ve 20 mL asetonitril ile yıkandı. Akışın kendiliğinden olmasına izin verildi.

– Kartuşun altına 15mL’lik falkon tüpü konuldu.

– Çözelti 1 ile ekstrakte edilen numunenin 5 ml’si kartuştan geçirildi.

– Akış durduktan sonra 10 mL çözelti 2 eklendi ve akış bitimine kadar beklendi.

– 15 mL’lik falkon tüpünde toplanan solvent N₂ gazı altında uzaklaştırıldı.

– Kuru falkon tüpündeki analit, 0,5 ml ACN ile tekrar çözüldü.

– 0.22 μ m çaplı filtreden süzülerek vialle alındı ve HPLC cihazında analize hazır hale getirildi.

2.11. HPLC Analizi

2.11.1. Kalibrasyon

10 mg/L Benzo(b)floranten, 10 mg/L Krisen 10 mg/L Benzo(a)antrasen ve 10 mg/L Benzo(a)piren ana stok çözeltilerinin her birinden 5 μ L çekilip ACN ile 10’ar mL’lik balon jode tamamlanarak 1000 μ g/L’lik ara stok hazırlandı. Hazırlanan 1000 μ g/L’lik ara stoktan 10 ppb’lik karışım hazırlandı. Hazırlanan PAH karışım standardından kalibrasyon amacıyla Tablo 2.1.’de belirtilen konsantrasyonlarda 5 noktalı kalibrasyon çözeltileri hazırlandı. Kalibrasyon grafiği için en az R² değeri 0.995 olacak biçimde kalibrasyonları yapıldı. Rutin analiz ve çalışmalarda mevcut kalibrasyon eğrisinin geçerliliği standart okutma takip çizelgesi ile kontrol edildi. Hazırlanan standardın konsantrasyonu kalibrasyon eğrisi ile tutarlılık göstermediği durumlarda, en az 6 farklı konsantrasyonla yeni bir kalibrasyon eğrisi oluşturuldu. PAH standartlarının kalibrasyon eğrileri Tablo 2.3.’de verilmiştir. Ayrıca analizde kullanılan HPLC cihazı şekil 2.9.’da gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Kalibrasyon noktaları

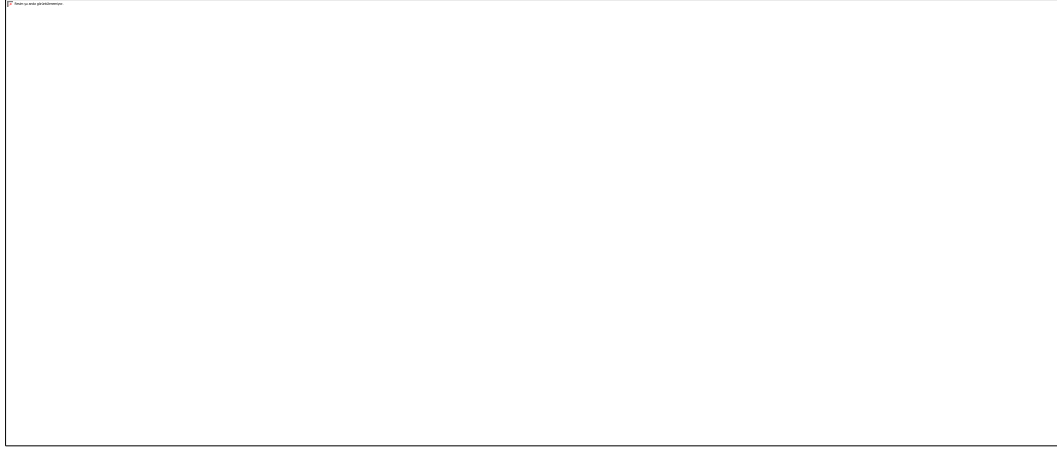
	PAH Kalibrasyon Noktaları	Hacim		
		10 ppb MIX	ACN	Toplam Hacim (μ L)
1	0.1 ppb	50 μ L (1ppb'den)	450 μ L	500
2	0.25 ppb	50 μ L(2,5 ppb'den)	450 μ L	500
3	0.5 ppb	25 μ L	475 μ L	500
4	1.0 ppb	60 μ L	540 μ L	600
5	2.5 ppb	75 μ L	225 μ L	300
6	5.0 ppb	150 μ L	150 μ L	300

2.11.2. Cihaz Şartları

- Akış Hızı : 1mL/min
- Enjeksiyon Sistemi : 40 μ L
- Kolon Sıcaklığı : 25°C
- Emission : 410 nm
- Excitation : 290 nm
- Gradient Şartları (Mobil Faz)

Tablo 2.2. Gradient şartları (Dedektör)

Zaman (Dakika)	A	B
0	50	50
2.5	50	50
6.00	0	100
14.30	0	100
15.00	50	50



Şekil 2.9. PAH analizinde kullanılan HPLC cihazı

Tablo 2.3. PAH analizleri için kalibrasyon eğrisi ve performans karakteristikleri

	Benzo(a)anthrasen	Krisen	Benzo(b)floranthen	Benzo(a)piren
a	3.1415	1.0498	0.8838	6.9270
b	0.0111	-0.0126	0.0144	-0.0580
R²	0.9999	0.9999	0.9998	1.0000
y=ax+b	3.1415x + 0.0111	1.0498x - 0.0126	0.8838x + 0.0144	6.9061x - 0.0920
LOD µg/kg	0.09	0.12	0.17	0.08
LOQ µg/kg	0.29	0.39	0.58	0.26
% Geri alma	90-110	90-110	90-110	90-110

LOD (Limit of detection): Tespit limiti; LOQ (Limit of quantification): Tayin limiti

2.11.2. Hesaplama

Kalibrasyon çözeltileri ile çizilen kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak PAH miktarı (P), µg/kg olarak bulunur, seyreltme faktörü ile çarpılarak sonuç verilir.

$$\text{Sonuç (µg/kg)} = P \times SF \quad (2.1.)$$

P: Numunenin kalibrasyon eğrisine göre miktarı (µg/kg),

SF: Seyreltme faktörü (1.5)

2.12. Doğrulama

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) [Benzo(a)Pyren, Krisen, Benzo(a)Antrasen, Benzo(b)Floranten] analizi örnek çalışmasında numunede pozitif sonuç görüldüğünde cihaz tarafından kalibrasyon eğrisine karşılık gelen pik alanlarının seçilmesi ile hesaplandı. Ancak seçtiğimiz pik alanının kalibrasyon eğrilerine tam karşılık gelip gelmediğini kesin olarak belirlemek için aşağıda belirtilen doğrulama yöntemleri yapıldı.

Ölçümü yapılan örneğin üzerine spike yapılarak tekrar bir çalışma yapıldı. HPLC de numune tekrar okutuldu ve ilk okutma da seçtiğimiz pikin RT (Alıkonma Süresi)' si ile spike yaptığımız numunenin RT' si birbiri ile aynı zamanda geliyor ise sonuçlar doğrulanmış olur. Bir diğer doğrulama yöntemi de Qualitative Analysis kromotogramlarının karşılaştırılması ile yapılmaktadır.

Qualitative Analaysis



Metot



FLD dedektör metodu seçilir (Default→FLD ye çevrilir)



File



Open Data File

(Görmek istediğimiz datalar ve standart program üzerinde seçildi ve kromotogramları karşılaştırılarak sonuçların doğrulaması sağlandı.)

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Fiziksel ve Kimyasal Analizlerin Sonuçlarına Ait Bulgular

Farklı kasap ve imalat yeri olarak seçilen yerlerden alınan 8 adet köfte örneklerine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 3.1. 'de verilmiştir. Ayrıca söz konusu bu 8 adet örneğe ait istatistiki değerlendirmelerde Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Köfte örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Numune	Kül % (m/m)	Protein % (m/m)	Yağ % (m/m)	Tuz % (m/m)	Nem % (m/m)	Kuru Madde % (m/m)	Pişirme Kaybı % (m/m)
N1	1.81 ^a ±0.09	14.68 ^{bc} ±0.75	23.23 ^{ab} ±0.44	1.26 ^d ±0.01	51.28 ^d ±0.48	48.72 ^b ±0.48	31.84 ^{abc} ±1.88
N2	1.65 ^a ±0.05	13.47 ^c ±0.46	14.26 ^f ±1.08	1.28 ^d ±0.03	58.17 ^b ±0.06	41.83 ^d ±0.06	21.45 ^e ±3.64
N3	1.72 ^a ±0.60	15.29 ^{ab} ±0.33	16.48 ^e ±0.98	0.74 ^f ±0.03	57.09 ^b ±0.09	42.91 ^d ±0.09	24.64 ^{de} ±0.14
N4	1.87 ^a ±0.00	11.91 ^d ±1.16	22.44 ^{bc} ±0.90	1.55 ^a ±0.01	53.74 ^c ±1.62	46.26 ^c ±1.62	29.00 ^{bcd} ±2.15
N5	1.64 ^a ±0.02	14.68 ^{bc} ±0.64	21.26 ^{cd} ±1.03	1.22 ^e ±0.00	54.36 ^c ±0.01	45.64 ^c ±0.01	27.61 ^{cd} ±0.82
N6	1.72 ^a ±0.01	14.67 ^{bc} ±0.43	19.54 ^d ±2.10	1.42 ^b ±0.01	53.78 ^c ±0.06	46.22 ^c ±0.06	36.99 ^a ±6.27
N7	2.03 ^a ±0.34	16.30 ^a ±0.81	12.45 ^f ±0.42	1.35 ^c ±0.01	59.39 ^a ±0.61	40.61 ^e ±0.61	28.23 ^{cd} ±1.91
N8	1.85 ^a ±0.06	14.03 ^{bc} ±0.89	24.87 ^a ±0.33	1.55 ^a ±0.01	48.35 ^e ±0.06	51.65 ^a ±0.06	34.16 ^{ab} ±0.76

n: 3 paralel çalışma yapıldı. Aynı sütundaki farklı harfler önemli farklılıkları gösterir (p<0.05)

Tablo 3.2. Köfte Örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçların istatistiksel değerlendirmesi

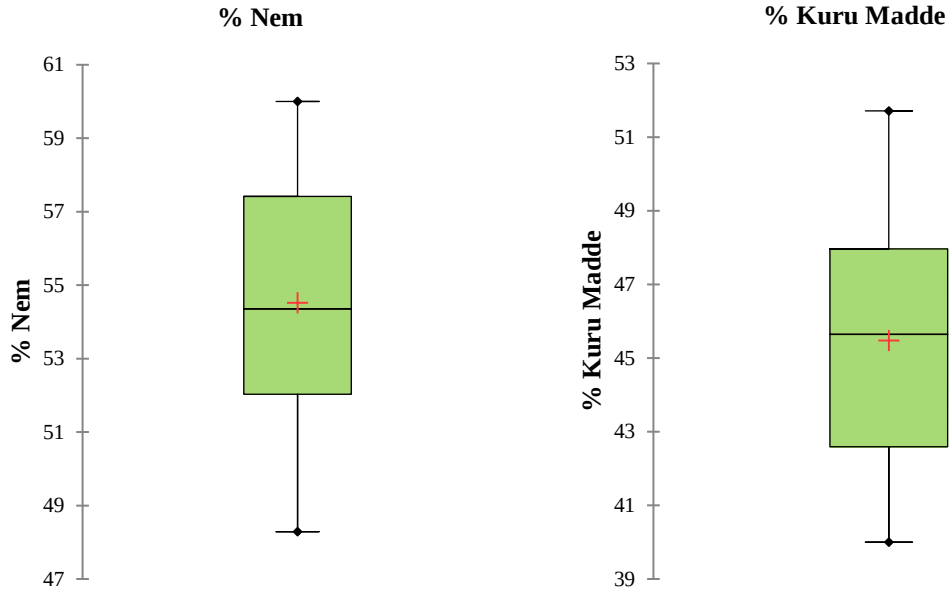
İstatistik	Kül % (m/m)	Protein % (m/m)	Yağ % (m/m)	Tuz % (m/m)	Nem % (m/m)	Kuru Madde % (m/m)	Pişirme Kaybı % (m/m)
Deney Sayısı	24	24	24	24	24	24	24
Minimum	1.12	10.74	12.03	0.72	48.28	39.99	17.82
Maksimum	2.37	17.10	25.20	1.56	60.00	51.71	43.65
1. Çeyrek	1.68	13.81	15.46	1.24	52.03	42.58	26.01
Orta	1.72	14.67	20.75	1.32	54.35	45.64	28.71
3. Çeyrek	1.87	15.29	22.90	1.45	57.41	47.96	32.23
Ortalama	1.78	14.37	19.31	1.29	54.51	45.48	29.24
SD (n-1)	0.24	1.38	4.372	0.24	3.53	3.53	5.36

Tablo 3.3. Akçaaabat köftesi numunelerinin fiziksel ve kimyasal analiz değerlerinin korelasyonları

Değişkenler	Kül % (m/m)	Protein % (m/m)	Yağ % (m/m)	Tuz % (m/m)	Nem % (m/m)	Kuru Madde % (m/m)	Piştirme Kaybı % (m/m)
Kül % (m/m)	1	0.148	0.009	0.220	0.000	0.000	0.196
Protein % (m/m)		1	-0.396	-0.423	0.265	-0.265	0.060
Yağ % (m/m)			1	0.394	-0.916	0.916	0.524
Tuz % (m/m)				1	-0.440	0.440	0.470
Nem % (m/m)					1	-1.000	-0.598
Kuru Madde% (m/m)						1	0.598
Piştirme Kaybı% (m/m)							1

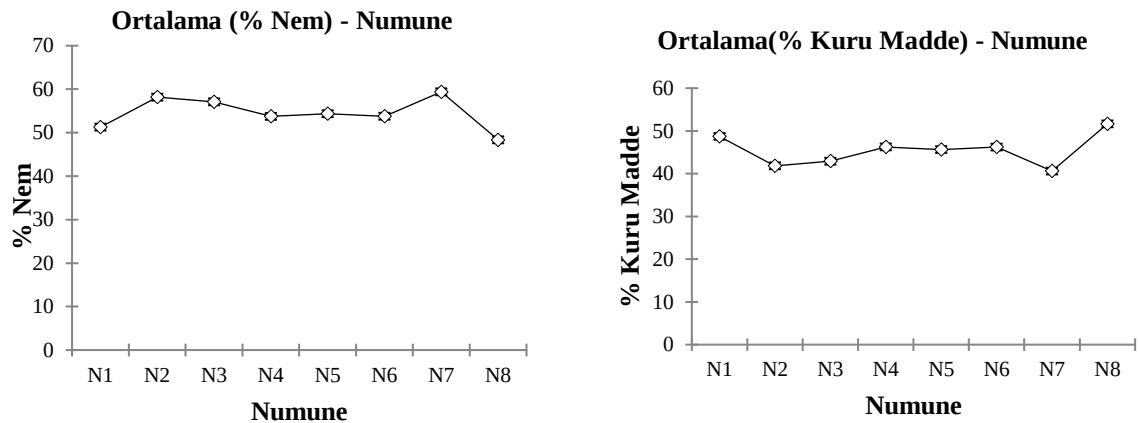
3.1.1. Nem ve Kuru Madde Miktarları

Farklı üretim yerlerinden alınan örneklerin % nem ve % kuru madde içeriklerine ait sonuçlar Tablo 3.1. ve istatistiki değerlendirmeler Tablo 3.2.' de verilmiştir. % Nem ve kuru maddeye ait örneklerin kutu ve bıyık grafiği şekil 3.1. ve 3.2' de görülmektedir. Örneklerin nem içerikleri % 48.65 ile % 60.00 aralığında ve kuru madde içeriği % 39.99 ile % 51.71 aralığında değişmiştir(p<0.05). Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliğinde (Tebliğ No: 2018/52) % nem miktarı ile alakalı bir kriter verilmemiştir. TS 10581 Pişmemiş köfte standardında nem miktarı en fazla % 65.00 olacak biçimde bir kriter verilmiştir. Nem analiz sonuçları TS-10581'e uygundur. Akçaaabat köftesinin üretim teknikleri ve özellikleri üzerine yapılan bir tez çalışmasında nem ve kuru madde içeriklerinin sırasıyla % 54.53±3.16 ve % 45.47±2.21 arasında değişim gösterdiği rapor edilmiştir (Sarıcaoğlu, 2012).



Şekil 3.1. Nem ve kurumadde analizleri kutu grafiği

Akçaaabat köftesi numunelerinin fiziksel ve kimyasal analiz değerlerinin korelasyonları Tablo 3.3'e baktığımızda % nem analizi kül analizi ile bir korelasyon göstermezken, protein analizi ile zayıf pozitif korelasyon göstermiştir. Yağ, tuz, kuru madde, pişirme kaybı değerleri ile güçlü negatif korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Ek olarak, nem ve kuru madde arasında olan çok güçlü bir negatif korelasyon (-1.000) olduğu da görülmektedir.

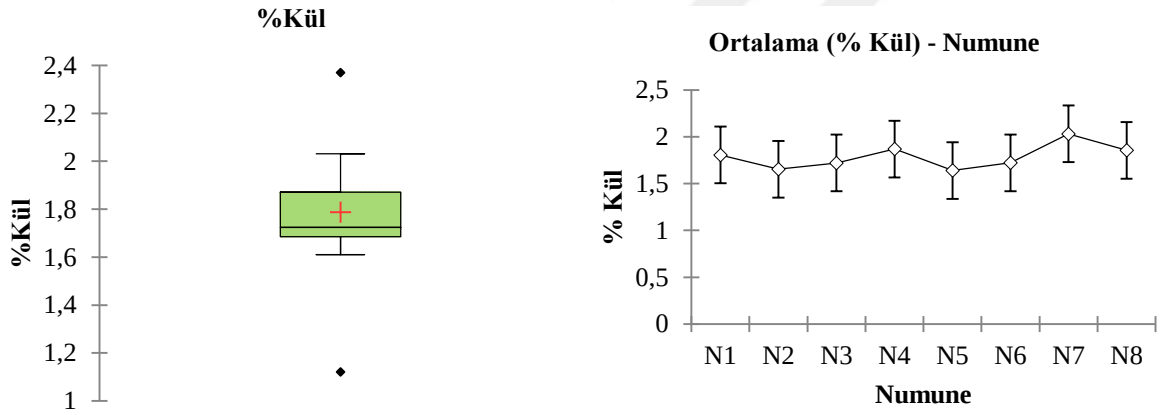


Şekil 3.2. Nem ve kurumadde analizleri bıyık grafiği

3.1.2. Kül Miktarları

Örneklerin % kül içeriklerine ait sonuçlar Tablo 3.1. ve istatistiki değerlendirmeler Tablo 3.2.' de gösterilmiştir. % Kül analizine ait örneklerin kutu ve bıyık grafiği şekil 3.3.' de gösterilmiştir. Örneklerin kül içerikleri % 1.12 ile % 2.37 arasında olduğu tespit edilmiştir.

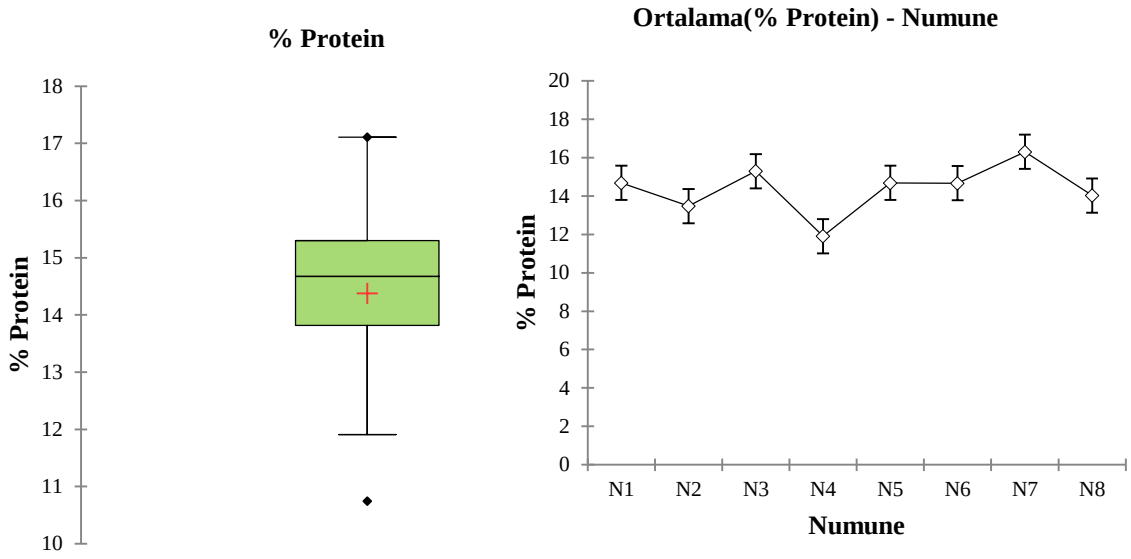
Numuneleri kül içerikleri değişim göstermiştir ($p>0.05$). Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliğinde (Tebliğ No: 2018/52) ve TS 10581 Pişmemiş köfte standardında kül miktarı ile alakalı bir kriter bulunmamaktadır. Akçaabat köftesinin üretim tekniği ve özellikleri üzerine yapılan bir tez çalışmasında kül içeriklerinin %1.64-2.60 arasında olduğu rapor edilmiştir (Sarıcaoğlu,2012).



Şekil 3.3. Kül analizleri bıyık ve kutu grafiği

3.1.3. Protein miktarları

Örneklerin % protein içeriklerine ait sonuçlar Tablo 3.1. ve istatistiki değerlendirmeler Tablo 3.2.' de verilmiştir. % protein analizine ait kutu ve bıyık grafiği şekil 3.4.' de görülmektedir. Akçaabat köftesinin üretim tekniği ve özellikleri üzerine yapılan bir tez çalışmasında köfte örneklerinin prrotein miktarları 1.91 ± 0.34 aralığında bulunmuştur (Sarıcaoğlu, 2012). Tablo 3.3 baktığımızda % kül analizi diğer tüm analizlerle zayıf pozitif korelasyon göstermektedir.



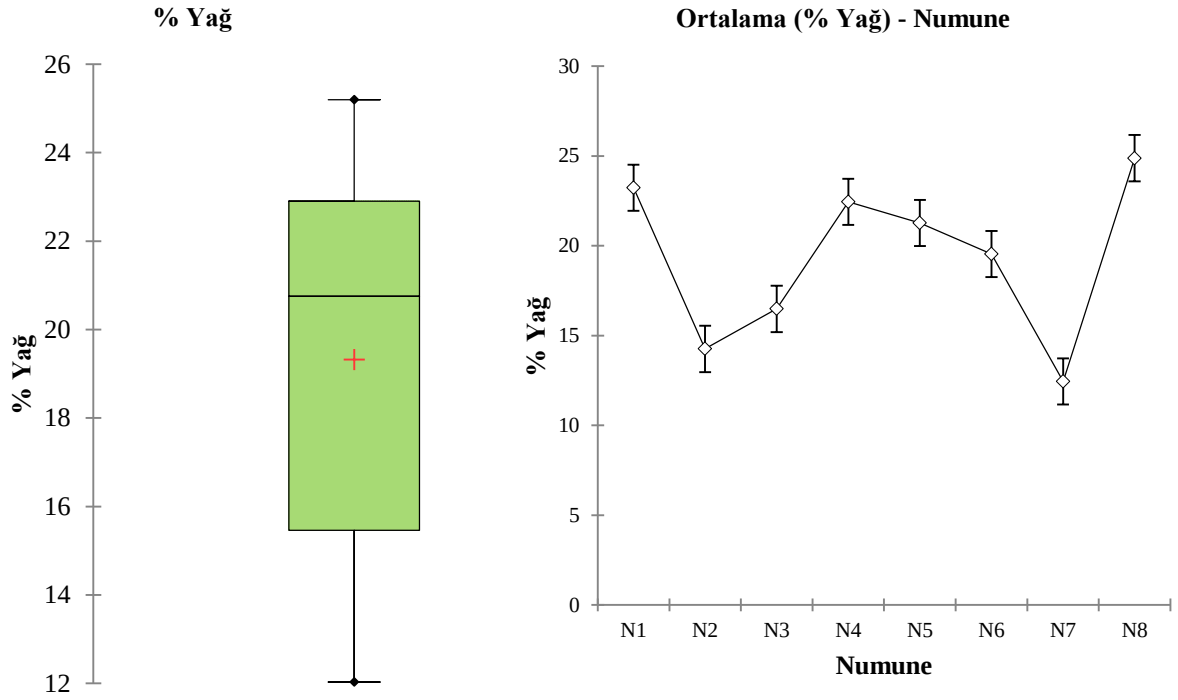
Şekil 3.4. Akçaabat köftesi numunelerinin protein analizleri kutu ve bıyık grafiği

Örneklerin protein içeriklerinin % 10.74 ile % 17.10 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Akçaabat köftesinin protein içerikleri üreticilere göre farklılık göstermiştir ($p < 0.05$). Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliğinde (Tebliğ No: 2018/52) ve TS 10581 Pişmemiş köfte standardında protein miktarlarının en az % 12.00 olacağı tanımlanmıştır. N4 numaralı örneğin protein miktarı % 11.91 olarak sınırın çok az altında olduğu belirlenmiştir. Diğer örnekler uygundur. Akçaabat köftesine ait yapılan üretim tekniği ve özellikleri üzerine bir tez çalışmasında protein içerikleri % 16.64 ± 0.65 aralığında bulunmuştur (Sarıcaoğlu, 2012). Tablo 3.3 baktığımızda % protein analizi değerleri kül, nem ve pişirme kaybı ile zayıf pozitif korelasyon göstermiştir. Tuz analizi ile güçlü negatif korelasyon göstermişken, diğer analiz değerleri ile zayıf negatif korelasyon gösterdiği belirlenmiştir.

3.1.4. Yağ Miktarları

Örneklerin % yağ içeriklerine ait sonuçlar Tablo 3.1. ve istatistiki değerlendirmeler Tablo 3.2.'de verilmiştir. % yağ analizine ait kutu ve bıyık grafiği şekil 3.5.' de görülmektedir. 8 farklı üreticiye ait köftelerin yağ içeriklerinin % 12.03 ile % 25.20 arasında olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$).



Şekil 3.5. Akçaabat köftesi numunelerinin yağ analizleri kutu ve bıyık grafiği

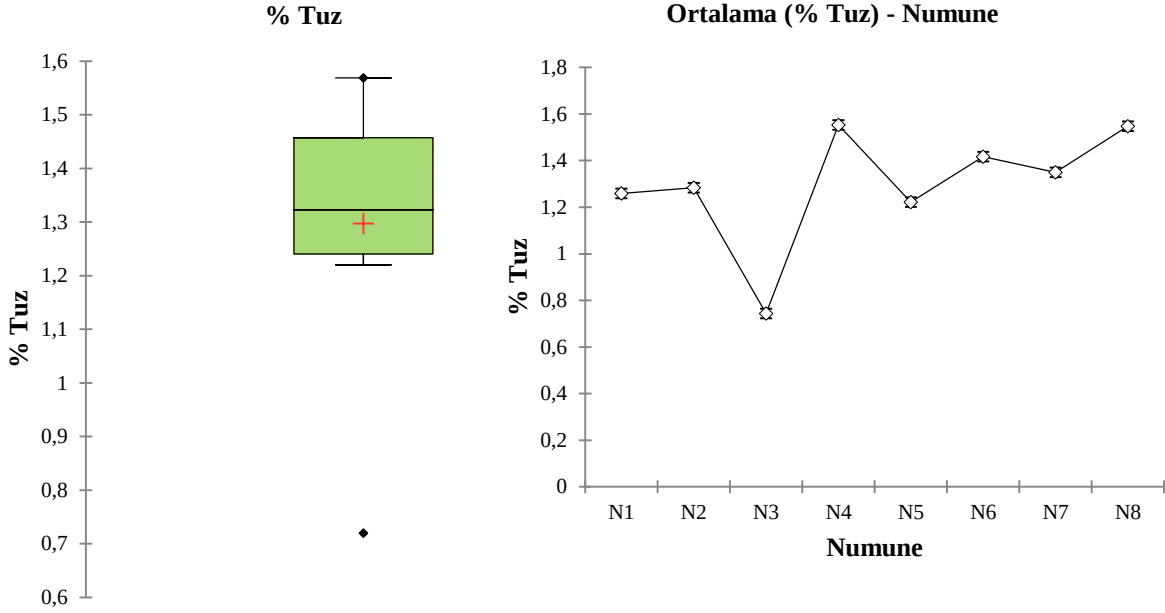
Köfte örneklerinin yağ içeriklerinin en düşük ve en yüksek değerleri arasındaki fark % 13.00 civarında olup aralarında istatistiksel olarak bir farklılık mevcuttur. Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliğinde (Tebliğ No: 2018/52) yağ ile alakalı parametre bulunmamaktadır. TS 10581 Pişmemiş köfte standartında yağ miktarlarının en çok % 25.00 olacağı tanımlanmıştır. Örneklerin ortalama % yağ miktarları standartta uygundur. Akçaabat köftesinin üretim tekniği ve özellikleri üzerine yapılan bir tez çalışmasında yağ içeriklerinin % 19.09 ± 2.28 aralığında olduğu rapor edilmiştir (Sarıcaoğlu, 2012). Tablo 3.3 baktığımızda % yağ analizi değerleri protein değerleri ile zayıf negatif korelasyon gösterirken, nem analiz ile güçlü negatif korelasyon göstermiştir. Tuz analizi ile zayıf pozitif korelasyon gösterirken kurumadde ve pişme kaybı ile güçlü pozitif korelasyon göstermektedir.

3.1.5. Tuz miktarları

Örneklerin % tuz içeriklerine ait sonuçlar Tablo 3.1. ve istatistiki değerlendirmeler Tablo 3.2.'de verilmiştir. % tuz analizine ait kutu ve bıyık grafiği şekil 3.6.'da verilmiştir. Örneklerin tuz içerikleri % 0.72 ile % 1.56 arasında olduğu tespit edilmiştir.

Tuz içeriği üreticilere göre farklılık göstermektedir ($p < 0.05$). Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliğinde (Tebliğ No: 2018/52) tuz ile alakalı bir

kriter bulunmamaktadır. TS 10581 Pişmemiş köfte standardında tuz miktarlarının en çok % 2.00 olacağı tanımlanmıştır. Örneklerin ortalama % tuz miktarları söz konusu standarda uygundur.

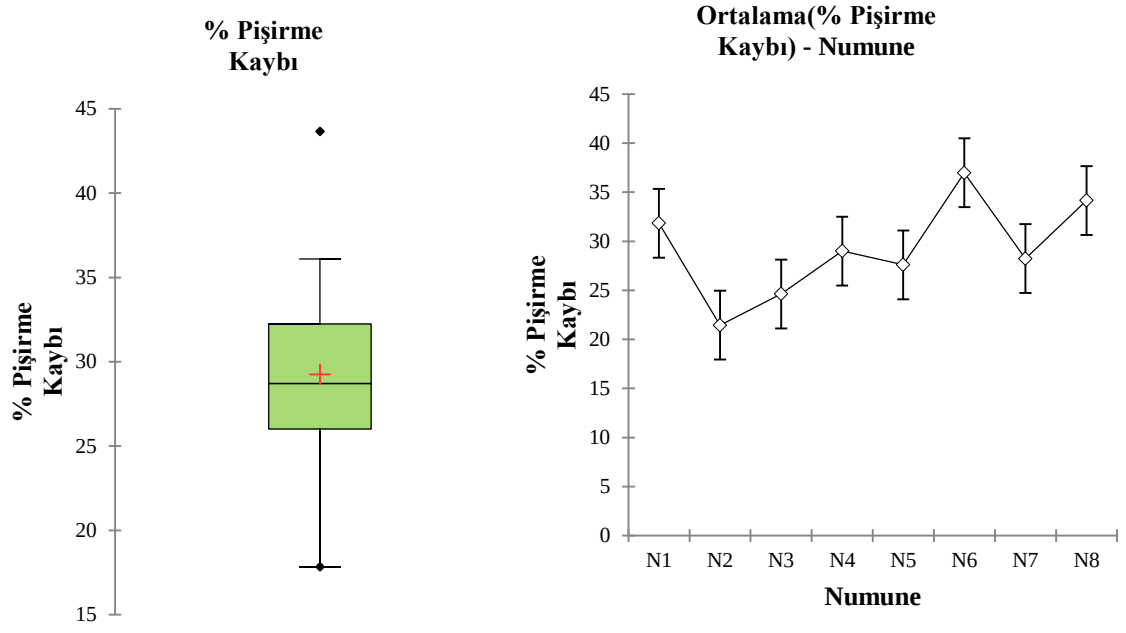


Şekil 3.6. Tuz analizleri kutu ve bıyık grafiği grafiği

Akçaabat köftesinin üretim tekniği ve özellikleri üzerine yapılan bir tez çalışmasında tuz içerikleri % 1.23 ± 0.26 aralığında olduğu rapor edilmiştir (Sarıcaoğlu, 2012). Tablo 3.3'e baktığımızda % tuz analizi pişirme kaybı, yağ ve kuru madde analizleri ile pozitif korelasyon gösterirken nem ve protein analiz ile negatif korelasyon göstermiştir.

3.1.6 Pişirme kaybı miktarları

Örneklerin % pişme kaybı içeriklerine ait sonuçlar Tablo 3.1. ve istatistiki değerlendirmeler Tablo 3.2.' de verilmiştir. % pişirme kaybı analizine ait kutu ve bıyık grafiği şekil 3.7.' de verilmiştir. 8 farklı örneğin pişirme kaybı içeriklerinin % 17.82 ile % 43.65 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 3.7. Akçaabat köftesi numunlerinin pişirme kaybı analizleri kutu ve bıyık grafiği

Pişirme kaybı sonuçları örnekler göre değişmektedir ($p < 0.05$). Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliğinde (Tebliğ No: 2018/52) ve TS 10581 Pişmemiş köfte standardında pişme kaybı ile alakalı herhangi bir değerlendirme yapılmamıştır. Akçaabat köftesine ait yapılan üretim tekniği ve özellikleri üzerine bir tez çalışmasında pişme kaybı içerikleri $\% 28.15 \pm 3.28$ aralığında bulunmuştur (Sarıcaoğlu, 2012). Tablo 3.3 baktığımızda % pişme kaybı analizi kül, protein, yağ, tuz ve kuru madde ile pozitif korelasyon gösterirken nem güçlü negatif korelasyon göstermiştir. Yağ oranı yüksek olan köftelerin daha fazla pişirme kaybı göstermektedir, pişirme sırasında yağın fazla miktarda erimesi ile tanımlanabilir. Üretimde kullanılan yağ ve bağlayıcı madde miktarlarının ve pişirme sıcaklık ve sürelerinin de pişirme kaybı analiz sonuçlarında etkili olduğu düşünülmektedir.

Bileşenler varimax rotasyonu kullanılarak döndürüldü. İlk bileşen, veri kümesinin maksimum varyasyonunu temsil etmektedir. Bir değişkenin yüklenmesi ne kadar yüksek olursa, varimax döndürülmüş ana bileşenleri hesaba katarak varyasyona daha büyük bir katkı anlamına gelir. Bu şekilde sınıflandırma analizi kullanılarak örneklerin çok benzer bir sınıflandırması elde edildi. Her bir öge için döndürülmüş yükleri ve topluluğu Tablo 3.4.' verilmiştir. Tablo 3.4.' e baktığımızda; N2, N3 ve N7 nolu örneklerin nem değerlerinin yüksek ve kuru madde içeriklerinin düşük olduğu anlaşılmaktadır. N1, N4 ve N8 nolu

örneklerin yağ içeriklerinin diğer örneklerle göre yüksek ve N2, N7 yağ içeriklerinin düşük olduğu görülmektedir. N7 nolu örneğin kül ve protein içeriği diğer örneklerle göre yüksektir. N4 ve N8 tuz içerikleri diğer örneklerle göre yüksek N3' ki düşüktür. Pişirme kaybı analiz sonucunu en fazla N6 nolu örnekte olduğu görülmektedir. Üreticilerin kullandıkları hammadde ve oranlara göre fiziksel ve kimyasal analizlerde farklılıklar tespit edilmiştir.

Tablo 3.4. İlk beş döndürülmüş (varimax rotasyonu) ana bileşenin yükleri ve puanları

Analizler (Yüklem)	F1	F2	F3	F4	F5	Numune (Dağılım)	F1	F2	F3	F4	F5
%Kül	-0.083	0.778	0.436	-0.442	0.043	N1	-1.449	0.197	-0.793	-0.388	-0.018
% Protein	0.397	0.645	-0.586	0.120	-0.253	N2	2.053	-1.175	0.930	0.091	-0.301
% Yağ	-0.924	-0.135	-0.141	-0.229	0.045	N3	2.274	-0.255	-1.349	-0.900	0.533
% Tuz	-0.630	0.105	0.610	0.379	-0.271	N4	-1.293	-0.828	1.635	-0.266	0.293
% Nem	0.954	0.039	0.225	0.118	0.111	N5	0.023	-0.519	-0.622	-0.073	-0.177
% KM*	-0.954	-0.039	-0.225	-0.118	-0.111	N6	-0.880	0.563	-0.236	1.127	0.475
% PK*	-0.701	0.462	-0.134	0.403	0.337	N7	2.406	1.762	0.627	0.542	-0.377
*KM: Kuru madde. *PK: Pişirme kaybı						N8	-3.134	0.255	-0.192	-0.134	-0.428

3.2. PAH Analiz Sonuçları

3.2.1 Tava ile kızartma işlemi sonucu oluşan PAH değerleri

PAH analizleri için kalibrasyon eğrisi ve performans karakteristikleri Tablo 2.3.'de verilmiştir. Köftelerin tava ile pişirmeye ait PAH analiz sonuçları Tablo 3.1.'de verilmiştir. Tüm örneklerde PAH sonuçları farklılık göstermiştir ($p < 0.05$). Fizikokimyasal analiz sonuçları ile PAH analizlerinin ait veriler Temel Bileşenler Analizinde (PCA) PC5 kadar % 88.29 oranında açıklanmıştır (Şekil 3.8). Örneklere ait pikler Ek şekil 6.1, Ek Şekil 6.44'de verilmiştir.

Tablo 3.6. her bir öge için döndürülmüş yükleri ve topluluğu vermektedir. Tava için pişirme yönteminde PCA analizine ait tablo 3.6.'daki yükleri incelediğimizde N5, N6, N7 ve N8 örnekleri için; benzo(a)anthrasen, krisen ve toplam PAH miktarlarının yüksek çıktığı, N2 numaralı örnekte en düşük tespit edilmiştir. N1, N3 ve N4 numaralı örneklere ait değerler N5, N6, N7 ve N8 örneklerine göre nispeten düşük değerlerde olmuştur.

Tablo 3.5. Akçaabat köftesi numunelerinin tava ile kızartma işlemi sonucunda ölçülen PAH değerleri

Örnekler	Benzo(a)anthrasen µg/kg	Krisen µg/kg	Benzo(b)floranthen µg/kg	Benzo(a)piren µg/kg	Toplam PAH (Benzo(a)anthrasen + Krisen + Benzo(b)floranthen + Benzo(a)piren µg/kg
1	< LOQ	< LOQ	17.58 ±0.31	< LOQ	17.63 ±0.29
2	4.47 ±0.17	4.58 ±0.22	< LOQ	< LOQ	9.06 ±0.35
3	9.77 ±0.11	10.70 ±0.32	< LOQ	< LOQ	20.48 ±0.29
4	7.81 ±0.23	9.13 ±0.09	< LOQ	< LOQ	16.95 ±0.18
5	12.00 ±0.21	13.38 ±0.29	19.42 ±0.67	< LOQ	44.83 ±0.64
6	16.05 ±0.15	16.00 ±0.08	2.21 ±0.18	< LOQ	34.27 ±0.34
7	27.46 ±0.05	13.93 ±1.57	< LOQ	< LOQ	41.40 ±1.60
8	19.07 ±0.23	10.19 ±0.14	< LOQ	< LOQ	29.27 ±0.14

Toplam PAH değeri en yüksek N6 numaralı örnekte ve en düşük ise N2 numaralı örnekte çıkmıştır. N1 ve N5 örneklerinde benzo(b)floranthen miktarı yüksek çıkmıştır. 8 adet örnekte de tava ile pişirme yönteminde Benzo(a)piren tespit edilmemiştir. Benzo(a)anthrasen ve krisen N1 numaralı örnekte tespit edilmemiştir.

Tablo 3.6. Tavada kızartmanın ilk beş döndürülmüş ana bileşenin yükleri ve puanları

Analizler	F1	F2	F3	F4	F5	Ör.	F1	F2	F3	F4	F5
Benzo(a)anthrasen	0.278	0.896	-0.199	-0.024	-0.076	N1	-2.233	-1.806	1.425	1.027	0.682
Krisen	0.278	0.813	-0.052	-0.283	-0.238	N2	1.845	-2.669	-0.966	-0.306	0.157
Benzo(b)floranthen	-0.359	-0.104	0.819	0.001	0.263	N3	2.327	-1.093	0.700	0.454	-0.909
Benzo(a)piren	-0.360	0.378	0.046	-0.318	0.695	N4	-1.298	-0.849	-1.815	-0.525	0.412
Toplam PAH	0.066	0.878	0.386	-0.132	0.024	N5	-0.259	0.828	2.087	-0.877	0.278
%Kül	-0.016	0.345	-0.346	0.749	0.366	N6	-0.500	1.790	-0.201	-0.487	-0.684
% Protein	0.430	0.465	0.542	0.394	-0.066	N7	2.875	2.521	-0.368	0.482	0.784
% Yağ	-0.944	-0.018	0.098	0.027	-0.106	N8	-2.756	1.278	-0.863	0.232	-0.720
% Tuz	-0.559	0.324	-0.544	-0.154	0.181						
% Nem	0.951	-0.070	-0.057	-0.073	0.169						
% Kuru Madde	-0.951	0.070	0.057	0.073	-0.169						
% Pişirme Kaybı	-0.612	0.540	-0.024	0.161	-0.234						

Tablo 3.6.'da ana bileşen yükleri ve puanlarına değerlendirildiğinde N5, N6, N7 ve N8 numaralı örnekleri için; yukarıda da ifade edildiği üzere benzo(a)anthrasen, krisen ve toplam PAH oranları yüksek olarak ölçülmüştür.

Söz konusu bu örneklerin kimyasal ve fiziksel analiz sonuçları değerlendirildiğinde % pişirme kaybı ve % protein oranlarının kısmen yüksek çıktığı görülmektedir. Yağ analizleri sonuçları değerlendirildiğinde ise N1, N4, N5, N6 ve N8 nolu örneklerin yağ içerikleri diğer örneklere göre daha yüksek olarak ölçülmüştür.

3.2.2. Elektirkli ızgara ile pişirme sonucu oluşan PAH değerleri

Elektrikli ızgara ile pişirmeye ait PAH analiz sonuçları Tablo 3.7.'de verilmiştir. Örnekler için PAH sonuçları her bir örnek için farklıdır ($p<0.05$). Tavada pişirme yönteminde PCA analiz sonuçlarının verildiği tablo 3.4.'deki yükleri incelediğimizde N8 ve N6 örnekleri için; benzo(a)anthrasen, krisen ve toplam PAH miktarlarının yüksek çıktığı, N1, N2, N3 ve N4 örneklerinde ise en düşük tespit edilmiştir.

Toplam PAH değeri en fazla N8 numaralı örnekte ölçülmüşken ve en düşük değerler ise N3 numaralı örnekte tespit edilmiştir. N1 ve N3 örneklerinde benzo(a)piren tespit edilmişken; benzo(b)floranthen N2, N4 ve N8 numaralı örneklerde tespit edilmemiştir. Elektrikli ızgara ile yapılan pişirmede ölçülmüş PAH miktarları, tava ile pişirmeye göre daha düşük miktarlarda olduğu belirlenmiştir.

Söz konusu bu örneklerin kimyasal ve fiziksel analizleri için Tablo 3.8.'deki yükleri incelediğimizde N2, N3 ve N7 numaralı örneklerin nem miktarları yüksek ve % kurumadde oranları düşük çıktığı görülmektedir. Yağ analizleri bakımından ise N1, N4, N5, N6 ve N8 numaralı örneklerin yağ içerikleri diğer örneklere göre daha yüksektir. Fındık kabuğu kullanılarak yapılan ızgara ile pişirme işlemlerini konu alan çalışmalarda da genel olarak yağ miktarı yüksek örneklerde kısmen yüksek çıktığını söyleyebiliriz.

Tablo 3.7. Akçaabat köftesi numunelerinin elektrikli ızgara ile kızartma işlemi sonucunda ölçülen PAH değerleri

Piştirme Yöntem	Benzo(a)anthrasen $\mu\text{g/kg}$	Krisen $\mu\text{g/kg}$	Benzo(b)floranthen $\mu\text{g/kg}$	Benzo(a)piren $\mu\text{g/kg}$	Toplam PAH (Benzo(a)anthrasen + Krisen + Benzo(b)floranthen + Benzo(a)piren $\mu\text{g/kg}$)
1	0.85 ± 0.06	0.99 ± 0.04	6.02 ± 0.21	0.80 ± 0.03	8.66 ± 0.27
2	4.05 ± 0.17	4.84 ± 0.48	< LOQ	< LOQ	8.89 0.46
3	1.29 ± 0.08	2.20 ± 0.39	3.71 ± 0.17	0.50 ± 0.02	7.70 ± 0.56
4	4.95 ± 0.09	5.19 ± 0.23	< LOQ	< LOQ	10.16 0.32
5	4.50 ± 0.08	4.53 ± 0.10	15.43 ± 0.11	< LOQ	24.48 ± 0.25
6	6.01 ± 0.24	6.05 ± 0.56	20.75 ± 0.69	< LOQ	32.82 ± 0.44
7	10.11 ± 0.18	10.59 ± 0.24	8.81 ± 0.23	< LOQ	29.52 ± 0.30
8	20.45 ± 0.24	20.44 ± 0.39	< LOQ	< LOQ	40.91 ± 0.59

Tablo 3.8. Elektrikli ızgarada kızartmanın ilk beş döndürülmüş ana bileşenin yükleri ve puanları

Analizler	F1	F2	F3	F4	F5	Ör.	F1	F2	F3	F4	F5
Benzo(a)anthrasen	-0.822	-0.431	-0.181	0.209	-0.240	N1	0.343	2.866	1.051	0.805	0.319
Krisen	-0.794	-0.453	-0.205	0.244	-0.240	N2	2.129	-0.667	-1.908	-0.439	-0.224
Benzo(b)floranthen	-0.007	-0.221	0.813	-0.481	0.153	N3	3.042	0.574	0.408	1.054	-0.888
Benzo(a)piren	0.345	0.695	0.336	0.462	-0.074	N4	-0.528	1.111	-1.963	-0.655	1.188
Toplam PAH	-0.764	-0.535	0.305	-0.058	-0.139	N5	0.174	-0.048	0.842	-1.114	-0.329
%Kül	-0.205	-0.231	0.003	0.628	0.692	N6	-1.122	-0.571	1.884	-1.460	0.537
% Protein	0.202	-0.408	0.710	0.416	-0.224	N7	0.735	-3.090	0.392	0.888	0.411
% Yağ	-0.682	0.668	0.048	-0.051	0.034	N8	-4.773	-0.175	-0.706	0.921	-1.015
% Tuz	-0.748	-0.134	-0.283	-0.270	0.362						
% Nem	0.800	-0.561	-0.093	-0.056	0.120						
% Kuru Madde	-0.800	0.561	0.093	0.056	-0.120						
% Piştirme Kaybı	-0.700	0.106	0.516	-0.078	0.253						

3.2.3. Fındık kabuğu kömürü ile mangalda pişirme sonucu oluşan PAH değerleri

Izgara fındık kabuğu kömürü kullanılarak pişirilen Akçaabat köftesine ait PAH analiz sonuçları Tablo 3.9.'de verilmiştir. PAH sonuçları her bir örnek için farklılık göstermiştir ($p<0.05$).

Fındık kabuğu kömüründe pişirme yönteminde PCA analizine ait Tablo 3.6.'daki yükleri incelediğimizde N2, N3, N4, ve N5 örneklerinde; benzo(a)anthrasen, krisen ve toplam PAH miktarlarının yüksek çıktığı, bununla birlikte N1, N6, N7 ve N8 örneklerinde isedeğerler nispeten düşük ölçülmüştür.

Tablo 3.9. Akçaabat köftesi numunelerinin fındık kabuğu kömürü ile mangalda pişirme işlemi sonucu ölçülen PAH değerleri

Pişirme Yöntem	Benzo(a)anthrasen $\mu\text{g/kg}$	Krisen $\mu\text{g/kg}$	Benzo(b)floranthen $\mu\text{g/kg}$	Benzo(a)piren $\mu\text{g/kg}$	Toplam PAH (Benzo(a)anthrasen + Krisen + Benzo(b)floranthen + Benzo(a)piren $\mu\text{g/kg}$)
1	27.50 ± 0.05	13.11 ± 0.08	6.35 ± 0.20	< LOQ	46.98 ± 0.15
2	31.85 ± 0.06	32.13 ± 0.55	< LOQ	< LOQ	63.99 ± 0.52
3	21.78 ± 0.26	23.30 ± 0.10	37.00 ± 0.12	< LOQ	82.09 ± 0.19
4	34.73 ± 0.14	35.16 ± 0.32	4.23 ± 0.28	< LOQ	74.13 ± 0.47
5	21.84 ± 0.23	23.38 ± 0.39	18.96 ± 0.94	< LOQ	64.20 ± 0.77
6	21.89 ± 0.11	22.03 ± 0.62	2.11 ± 0.12	< LOQ	46.04 ± 0.63
7	20.63 ± 0.06	22.09 ± 0.32	< LOQ	< LOQ	42.73 ± 0.33
8	21.80 ± 0.58	21.74 ± 0.04	< LOQ	< LOQ	43.55 ± 0.58

Toplam PAH değeri en yüksek N3 ve N4 numaralı örneklerde ve en düşük olarak da N7 numaralı örnekte tespit edilmiştir. Benzo(b)floranthen N2, N4 ve N8 numaralı örneklerde tespit edilmemişken benzo(a)piren hiçbir örnekte çıkmamıştır. Fındık kabuğu kömüründen ızgara ile yapılan pişirmede PAH miktarları, tava ve elektrikli ızgara ile pişirmeye göre daha fazla çıkmıştır.

Söz konusu bu örneklerin kimyasal ve fiziksel analizleri için Tablo 3.10.'daki yükleri incelediğimizde N2, N3 ve N7 numaralı örneklerin nem miktarları yüksek ve % kurumadde oranları düşük çıktığı görülmektedir. Yağ analizlerine baktığımızda da N1, N4, N5, N6 ve N8 numaralı örneklerin yağ içerikleri diğer örneklerle göre daha yüksektir.

Et ürünlerinde PAH düzeylerini belirlemek bir çok sayıda araştırma yapılmıştır. Chung vd. (2011) odun kömürü ızgarası ile pişirilmiş farklı domuz et örneklerinde PAH analizini gerçekleştirmişlerdir ve maksimum PAH miktarını 10 ng/g olarak rapor etmişlerdir. Alomirah vd. (2011) ızgara ve tütsülenmiş et örneklerin toplam 8 tanesinde PAH tespit etmişler ve analiz edilen örneklerde maksimum PAH değerlerini 11.7 ng/g olarak ölçmüşlerdir.

Kendirci vd., (2014) tütsülenmiş sığır eti örneklerinde toplam PAH seviyelerinin 4.47 ile 64.0 µg/kg arasında değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir. Duedahl-Olsen vd., (2015) ızgara ile pişirilmiş et örneklerinde PAH düzeylerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada maksimum PAH değerinin 12 ng/g olarak rapor etmişlerdir.

Farklı etler için PAH konsantrasyonu sıcaklık ve ızgara ile pişirmenin şekli ile değişim göstermektedir. Çalışmamızda köfte numunelerinden elde edilen değerler literatürdeki diğer benzer çalışmalarda PAH değerleri ile uyum göstermektedir .

Tablo 3.10. Fındık kabuğu kömürü ile mangalda pişirme işlemine ait ilk beş döndürülmüş ana bileşenin yükleri ve puanları

Analizler	F1	F2	F3	F4	F5	Ör.	F1	F2	F3	F4	F5
Benzo(a)anthrasen	0.025	-0.874	-0.009	0.209	0.127	N1	-1.825	1.013	0.657	0.353	0.095
Krisen	0.346	-0.835	-0.132	0.036	0.084	N2	2.097	-1.931	-1.030	1.037	-0.352
Benzo(b)floranthen	0.554	0.285	0.734	-0.209	0.133	N3	3.265	1.232	2.065	-0.554	0.415
Benzo(a)piren	0.107	0.436	0.097	0.813	0.311	N4	-0.538	-3.588	0.225	-0.326	0.648
Toplam PAH	0.640	-0.439	0.570	-0.089	0.198	N5	0.440	0.558	1.132	0.103	-0.244
%Kül	-0.175	0.115	-0.426	-0.297	0.825	N6	-1.401	0.595	-0.679	-0.899	-0.964
% Protein	0.226	0.901	-0.193	0.002	0.015	N7	1.323	1.706	-2.762	-0.076	0.209
% Yağ	-0.797	-0.156	0.527	-0.073	0.111	N8	-3.361	0.416	0.392	0.362	0.193
% Tuz	-0.727	-0.413	-0.487	0.092	-0.037						
% Nem	0.886	-0.003	-0.424	-0.087	-0.055						
% Kuru Madde	-0.886	0.003	0.424	0.087	0.055						
% Pişirme Kaybı	-0.783	0.276	-0.065	-0.227	-0.043						

Ayrıca, gıdanın direkt alevle teması, yüksek sıcaklık ve kömürün gıdaya yakın olması gibi faktörler de gıdada oluşan PAH bileşiklerinin miktarlarının yükselmesi arasında

gösterilebilir. Pişirme işlemlerinde kullanılan Akçaabat köftesinin içeriği, yağ miktarı ve pişirme yöntemine bağlı olarak mutajenik ve kanserojenik PAH bileşikleri oluşmaktadır. PAH seviyeleri üzerindeki etkisinin sadece belirli ızgara durumuna değil, aynı zamanda gıda maddesinin de içeriğine bağlı olduğu anlaşılmaktadır.

3.2.4 Odun kömürü ile mangalda pişirme işlemi sonucu oluşan PAH değerleri

Odun kömürü ile mangalda pişirilen Akçaabat köftesine ait PAH analiz değerleri Tablo 3.11.'de verilmiştir. Elde edilen PAH sonuçları her bir örnek için farklıdır ($p < 0.05$). Odun kömüründe pişirme yönteminde PCA analizine ait Tablo 3.12.'deki yükleri incelediğimizde N2 ve N8 örneklerinde; benzo(a)anthrasen, krisen ve toplam PAH miktarlarının yüksek çıktığı, N1, N3, N4, N5, N6 ve N7 örneklerinde ise bu miktarların düşük çıktığı tespit edilmiştir. Ancak bu değerler tava ve elektrikli ızgara yöntemlerinde tespit edilen değerlere göre daha yüksektir. Bu çalışmada N1, N2, N3 ve N8 numraları örneklerde benzo(a)piren tespit edilmiştir.

Tablo 3.11. Akçaabat köftesi numunelerinin odun kömürü ile mangalda pişirme işlemi sonucunda ölçülen PAH değerleri

Piştirme Yöntem	Benzo(a)anthrasen $\mu\text{g/kg}$	Krisen $\mu\text{g/kg}$	Benzo(b)floranthen $\mu\text{g/kg}$	Benzo(a)piren $\mu\text{g/kg}$	Toplam PAH (Benzo(a)anthrasen + Krisen + Benzo(b)floranthen + Benzo(a)piren $\mu\text{g/kg}$)
1	16.31 ± 0.12	17.00 ± 0.17	22.76 ± 0.81	2.97 ± 0.11	59.03 ± 0.97
2	47.63 ± 0.06	56.77 ± 0.23	7.05 ± 0.29	0.93 ± 0.04	112.38 ± 0.57
3	27.35 ± 0.29	13.70 ± 0.40	4.71 ± 0.21	0.63 ± 0.03	46.39 ± 0.71
4	25.11 ± 0.44	25.14 ± 0.39	10.37 ± 0.29	< LOQ	60.64 ± 0.31
5	23.33 ± 0.22	24.47 ± 0.26	7.58 ± 0.48	< LOQ	55.39 ± 0.89
6	20.26 ± 0.03	20.28 ± 0.09	5.33 ± 0.26	< LOQ	45.89 ± 0.32
7	18.55 ± 0.08	19.02 ± 0.30	10.32 ± 0.28	< LOQ	47.90 ± 0.13
8	37.97 ± 0.29	38.71 ± 1.42	11.43 ± 4.90	1.50 ± 0.63	89.61 ± 5.20

Söz konusu bu örneklerin kimyasal ve fiziksel analizleri için tablo 3.12.'deki yüklere baktığımızda N2, N3 ve N7 numaralı örneklerin nem miktarlarının yüksek ve % kurumadde oranlarının düşük çıktığı daha önceki kısımda ifade edilmişti. Yağ analizleri açısından bir değerlendirme yaptığımızda N1, N4, N5, N6 ve N8 numaralı örneklerin yağ içerikleri diğer örneklerle göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Odun kömürü ızgarası ile alakalı yapılan çalışmalarda genel olarak yağ miktarı yüksek örneklerde PAH değerlerinin yüksek çıktığını söyleyebiliriz.

Muhtemelen odun kömürü ile ızgara yapımı sırasında 250 °C' de köftede oluşan PAH'lar, yağ pirolizinden kaynaklanmakta olduğu ve bu da PAH'ların et yüzeyine yapışmasına neden olduğu düşünülmektedir. Buna ek olarak, aşırı ısı koşullarında, ette yağ varlığı lipid oksidasyonuna (lipofilik doğası nedeniyle) yol açmakta ve böylece PAH'ların seviyesini arttırmaktadır (Chen ve Chen, 2001).

Tablo 3.12. Odun kömürü mangalı ızgarada kızartmanın ilk beş döndürülmüş ana bileşenin yükleri ve puanları

Analizler	F1	F2	F3	F4	F5	Ör.	F1	F2	F3	F4	F5
Benzo(a)anthrasen	0.117	0.944	0.009	-0.028	0.246	N1	-2.742	-1.366	2.257	0.360	-0.466
Krisen	0.011	0.968	-0.049	0.143	0.125	N2	1.995	4.005	0.642	0.402	-0.012
Benzo(b)floranthen	-0.642	-0.161	0.569	0.319	-0.302	N3	2.371	-1.145	1.021	-1.114	0.412
Benzo(a)piren	-0.589	0.099	0.774	0.113	0.032	N4	-0.926	0.338	-1.457	0.027	-1.596
Toplam PAH	-0.127	0.959	0.150	0.157	0.111	N5	0.351	-0.470	-0.378	-0.977	-0.004
%Kül	-0.093	-0.250	-0.176	0.836	0.073	N6	-0.284	-1.299	-1.553	-0.515	0.493
% Protein	0.338	-0.552	0.284	0.161	0.626	N7	2.375	-1.674	-0.137	1.697	0.028
% Yağ	-0.905	-0.040	-0.109	-0.244	-0.045	N8	-3.140	1.610	-0.394	0.120	1.144
% Tuz	-0.556	0.256	-0.548	0.371	-0.160						
% Nem	0.952	-0.020	0.040	0.177	-0.181						
% Kuru Madde	-0.952	0.020	-0.040	-0.177	0.181						
% Pişirme Kaybı	-0.641	-0.412	-0.387	0.054	0.281						

Reinik vd., (2007) tarafından yapılan bir çalışmada PAH'ların toplam miktarı ızgara ile pişirilen domuz etinde, yine ızgara ile pişirilmiş tavuk eti veya sosislerden daha yüksek olarak bulunmuştur. Bu fark muhtemelen etlerin yağ içeriğindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Yağlı et ızgarada kızartıldığında, kömürlerin üzerine daha fazla yağ düşmekte ve buna bağlı olarak sıcaklık artmakta bu da PAH oluşumunu artırmaktadır. Sonuç olarak oluşan duman, PAH'ları et ürünlerinin yüzeyine bildirmişlerdir.

Akçaabat köftesinin fırında yapılan Akçaabat köftesi ızgarasına ait PAH analiz sonuçları tablo 3.13.'de verilmiştir. Örnekler için PAH sonuçları her bir örnek için farklıdır ($p<0.05$). Odun kömüründe pişirme yönteminde PCA analizine ait tablo 3.14.'deki yükleri incelediğimizde N4 ve N5 örnekleri için; Benzo(a)anthrasen, Krisen ve toplam PAH miktarlarının yüksek çıktığı, N1, N2, N3, N6, N7 ve N8 örneklerin diğerlerine göre kısmen düşük çıktığı tespit edilmiştir. Ancak bu değerler önceki tartışmış olduğumuz tava ve elektrikli ızgara yöntemine göre yüksektir. Bu çalışmada N2, N4, N5 ve N8 nolu örneklerde Benzo(a)piren tespit edilmiştir.

3.2.5 Fırında pişirme işlemi sonucu oluşan PAH değerleri

Fırında ızgara ile diğer yöntemleri karşılaştırdığımızda; odun kömürü ve findık kabuğu ile yapılan kızartma işleminine göre kısmen daha az olduğu görülmektedir. Dumanlama, kurutma ve pişirme gibi gıda işleme prosedürlerinin genellikle gıdaların PAH kontaminasyonunun ana kaynakları olduğu düşünülmektedir.

Tablo 3.13. Fırın ile kızartma işlemine ait PAH sonuçları

Piştirme Yöntem	Benzo(a)anthrasen $\mu\text{g/kg}$	Krisen $\mu\text{g/kg}$	Benzo(b)floranthen $\mu\text{g/kg}$	Benzo(a)piren $\mu\text{g/kg}$	Toplam PAH (Benzo(a)anthrasen + Krisen + Benzo(b)floranthen + Benzo(a)piren $\mu\text{g/kg}$)
1	13.63 ± 0.22	14.67 ± 0.32	< LOQ	< LOQ	28.32 ± 0.11
2	1.00 ± 0.03	10.56 ± 0.06	17.41 ± 0.54	2.29 ± 0.09	31.26 ± 0.65
3	14.18 ± 0.21	14.74 ± 0.34	< LOQ	< LOQ	29.14 ± 0.53
4	11.30 ± 0.20	13.47 ± 0.62	15.79 ± 0.72	0.32 ± 0.05	40.89 ± 1.48
5	14.04 ± 0.06	13.29 ± 0.24	7.09 ± 0.20	0.80 ± 0.09	35.22 ± 0.14
6	15.52 ± 0.15	16.47 ± 0.62	1.92 ± 0.09	< LOQ	34.20 ± 0.59
7	15.59 ± 0.11	14.72 ± 0.33	1.94 ± 0.10	< LOQ	32.53 ± 0.42
8	8.90 ± 0.20	10.92 ± 0.66	7.35 ± 0.78	0.97 ± 0.10	28.14 ± 1.25

Fırında yapılan Akçaabat köftesi ızgarasına ait PAH analiz sonuçları tablo 3.9.'de verilmiştir. Örnekler için PAH sonuçları her bir örnek için farklıdır ($p<0.05$). Fırında pişirme yönteminde PCA analizine ait tablo 3.6.'deki yükleri incelediğimizde N4 ve N5 örnekleri için; benzo(a)anthrasen, krisen ve toplam PAH miktarlarının yüksek çıktığı, N1, N2, N3, N6, N7 ve N8 örneklerin diğerlerine göre kısmen düşük çıktığı tespit edilmiştir. Ancak bu değerler önceki tartışmış olduğumuz tava ve elektrikli ızgara yöntemine göre yüksektir. Bu çalışmada N2, N4, N5 ve N8 nolu örneklerde Benzo(a)piren tespit edilmiştir.

Et ürünlerinde PAH oluşumu çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Et ürünlerinin pişirilmesinde kullanılan yöntemlerde (ızgara, kızartma vb.) uygulanan sıcaklık ve pişirme süresi ve ısı kaynağından uzaklık ve yağ drenajı gibi faktörler PAH oluşumunu önemli derecede etkilemektedir (Kazerouni vd., 2001).

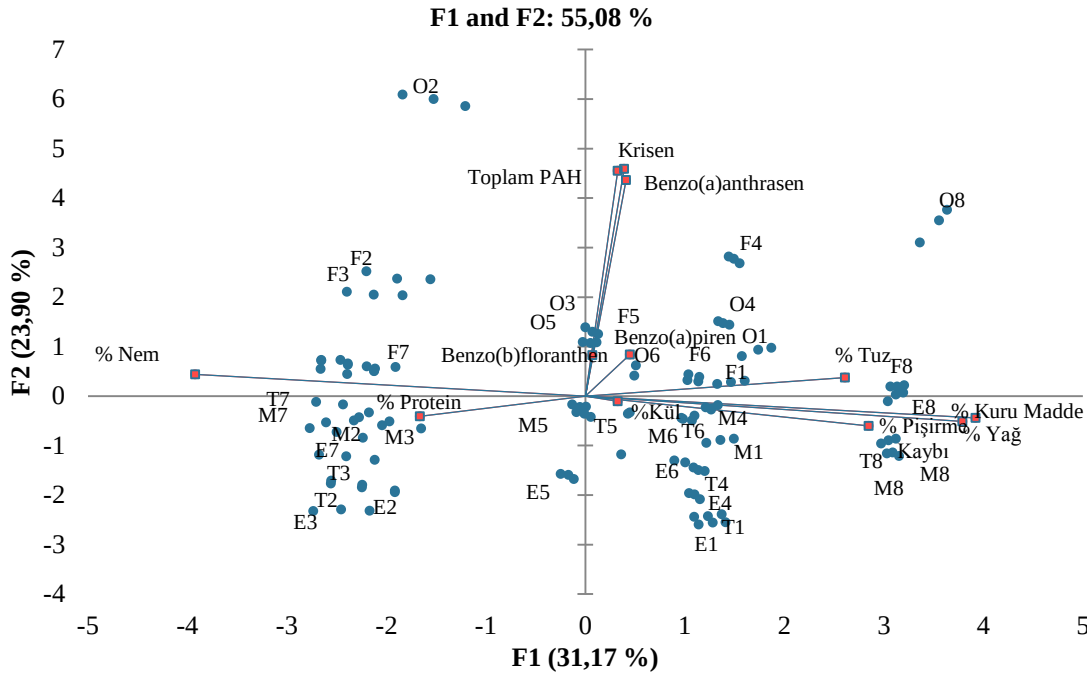
Tablo 3.14. Fırında kızartmanın ilk beş döndürülmüş ana bileşenin yükleri ve puanları

Analizler	F1	F2	F3	F4	F5	Ör.	F1	F2	F3	F4	F5
Benzo(a)anthrasen	-0.916	0.180	0.250	-0.119	-0.041	N1	-1.943	-0.947	-1.090	-0.135	-0.357
Krisen	-0.805	0.330	0.353	-0.170	0.072	N2	4.643	1.018	-0.615	0.252	0.367
Benzo(b)floranthen	0.884	-0.301	0.332	-0.006	-0.028	N3	-0.955	2.633	-1.085	-0.817	-0.986
Benzo(a)piren	0.905	-0.015	-0.255	0.121	0.214	N4	0.995	-1.829	2.591	-0.447	-0.718
Toplam PAH	0.144	-0.122	0.931	-0.203	-0.017	N5	0.048	-0.017	0.165	-0.821	-0.075
%Kül	-0.225	-0.033	0.241	0.859	-0.382	N6	-2.005	-0.335	0.831	-0.277	1.103
% Protein	-0.518	0.572	-0.349	0.277	0.240	N7	-0.940	2.701	0.839	1.431	0.494
% Yağ	-0.268	-0.887	-0.100	-0.169	-0.235	N8	0.156	-3.225	-1.636	0.812	0.171
% Tuz	0.136	-0.701	0.409	0.337	0.374						
% Nem	0.291	0.900	0.279	0.057	0.053						
% Kuru Madde	-0.291	-0.900	-0.279	-0.057	-0.053						
% Pişirme Kaybı	-0.639	-0.546	0.087	0.171	0.395						

Fırında ızgara ile diğer yöntemleri karşılaştırdığımızda; odun kömürü ve fındık kabuğu ile yapılan kızartma işlemine göre kısmen daha az olduğu görülmektedir. Dumanlama, kurutma ve pişirme gibi gıda işleme prosedürlerinin genellikle gıdaların PAH kontaminasyonunun ana kaynakları olduğu düşünülmektedir.

Yapmış olduğumuz bu çalışmada tüm pişirme teknikleri kullanılarak temel bileşenler analizi (PCA) gerçekleştirildi. Elde edilen verilerle yapılan temel bileşen analizleri "F" ile ifade edilmiştir. F1, F2, F3, F4 ve F5 bileşenlerinin varyans açıklama yüzdeleri sırasıyla % 31.18, % 55.08 ve % 68.14, % 78.35 ve % 86.10 olarak tespit edilmiştir. PCA grafiği ilk 5 özdeğer verilerinin % 86.10'unu açıklamaktadır. PCA sonuçları (yükleme ve skor grafiği)

Şekil 3.14'de gösterilmiştir. Akçaabat köfte örneklerinin PCA grafiği, 5 tane farklı pişirme tekniğinin aralarındaki benzerlikleri ve farklılıkları tespit etmek amacıyla on iki adet analiz parametresi ve 5 adet pişirme tekniği değerleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.8. Tüm pişirme tekniklerinin analiz sonuçlarına ait PCA grafiği

İlk iki PC'nin korelasyon yükleri, incelenen tüm parametrelerin yüksek korelasyonlarını göstermiştir. Skor grafiği (Şekil 3.8.), ilk iki PC'nin çok değişkenli alanındaki kızarma tekniklerine ait örneklerinin konumunu göstermektedir. Puanlar dört alanda yayılım göstermiştir. Pişirme teknikleri arasındaki net ayrım, bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerdeki farklılıklara ve PAH sonuçlarına işaret ederek konumlanmıştır. Skor grafiği ayrıca, araştırılan her pişirme tekniğine ait örnekleri arasında net bir ayrım olduğunu göstermiştir.

Grafiğin üst kısmında ortaya çıkan odun kömüründe ızgara ve fındık kabuğundaki ızgara numuneleri en yüksek PAH miktarına sahipti, bu nedenle numuneler PC1 eksenı boyunca yerleştirilirken, PC2 eksenı boyunca tava ile pişirme, fırında pişirme ve elektrikli ızgara ile pişirme örnekleri dağılım göstermiştir. PCA'nın sonuçları, elde edilen t-test sonuçlarına uygun olarak, % 95.0 güven seviyesinde pişirme tekniklerine ait PAH analizleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir.

Yükler, birinci bileşen üzerinde % yağ, % tuz, % pişirme kaybı ve % kuru madde, ikinci bileşen üzerinde benzo(a)anthrasen, krisen ve toplam PAH, üçüncü bileşen üzerinde benzo(b)floranthen ve benzo(a)piren, dördüncü bileşen üzerinde % protein beşinci bileşen üzerinde % kül için 0.5 üzerinde bir değere sahiptir. Tablo 3.15. ayrıca her pişirme tekniği için her ana bileşenlerin puan değerlerini vermektedir.

Tablo 3.15.'de ilk ana bileşen üzerindeki puanlara bakılarak, ilk ana bileşen yüklerindeki % yağ, % tuz, % pişirme kaybı ve % kuru madde konsantrasyonlarının 1, 4, 6 ve 8 numaralı örnekler için diğer köfte numunelerinden daha yüksek olduğu, T2, T3 ve T7 ise nispeten daha düşük değerlerin olduğu şeklinde açıklanabilir.

İkinci ana bileşen yorumlandığında, benzo(a)anthrasen, krisen ve toplam PAH konsantrasyonları T7, F2, F3, F4, F5, F6, F7, O1, O2, O3, O4, O5, O7 ve O8 pişirme tekniğinde kullanılan köftelerde daha yüksektir. Dolayısıyla odun mangalı ve fındık kabuğu kullanılarak mangalda yapılan pişirmede PAH miktarı yüksek çıkmıştır. Tava ile pişirme, elektrikli ızgara ile pişirme ve fırında pişirmede diğerlerine göre bu değerler daha düşüktür.

Üçüncü ana bileşende, benzo(b)floranthen ve benzo(a)piren konsantrasyonları tava (T1, T5), elektrikli ızgara (E1, E3, E5, E6), fındık kabuğu ızgarası (F3 ve F5), fırın ızgarası (M2, M5, M8), odun kömürü ızgarası (O1, O3 ve O8) pişirme teknikleri için daha yüksektir. Diğer 5 pişirme tekniğinde örneklerde belirtilen kimyasal özelliklere ait değerler daha düşüktür. Genel olarak numunelerde benzo(b)floranthen ve benzo(a)piren konsantrasyonu benzo(a)anthrasen ve krisen konsantrasyonlarına göre daha düşük çıkmıştır. Benzo(a)piren tüm numunelerde en az çıkan PAH bileşiğidir.

Dördüncü ana bileşendeki % protein konsantrasyonları N1 ve N7 numaralı örneklerde daha yüksektir. Son olarak, beşinci ana bileşen üzerindeki % kül konsantrasyonları N2, N4 ve N7 numaralı örneklerde nispeten daha yüksek olmuştur.

Son yıllarda, gıda maddelerinde çevresel kirleticilerin varlığının ve pişirme sürecinde oluşumlarının toplum sağlığı risklerinin değerlendirilmesi bakımından önemli olduğu kanıtlanmıştır. Bu bileşiklerin riski, beslenme alışkanlıklarına ve pişirme yöntemlerine bağlıdır. Geleneksel yöntemlerle pişirilen et ürünlerinin sık tüketilmesi (yiyeceklerin doğrudan teması ve yanma sonucu oluşan duman) gibi anormal diyetler, mide kanseri ve kardiyovasküler hastalıkların en önemli nedenlerinden birisi olarak gösterilmektedir. Yüksek proteinli gıdaların yüksek ısıyla işlenmesi, yüksek konsantrasyonlarda kanserojen PAH'ların oluşumuna neden olabilir (Lee vd., 2019). Epidemiyolojik çalışmalar, malign (kötü huylu)

Tablo 3.15. Beş farklı pişirme tekniğinin ilk beş döndürülmüş ana bileşenin yükleri ve puanları

Analiz	F1	F2	F3	F4	F5	Ör.	F1	F2	F3	F4	F5
Benzo(a)anthrasen	0.099	0.927	-0.237	0.037	-0.162	T1	1.233	-2.418	1.055	0.656	-0.271
Krisen	0.079	0.967	-0.124	-0.053	-0.031	T2	-2.237	-1.821	-0.431	-1.748	0.429
Benzo(b)floranthen	0.017	0.175	0.754	0.287	0.130	T3	-2.398	-1.231	0.089	-0.047	-1.110
Benzo(a)piren	0.109	0.179	0.638	0.117	0.475	T4	1.142	-1.486	-0.946	-1.668	0.974
Toplam PAH	0.095	0.975	0.127	0.102	-0.030	T5	-0.059	-0.200	1.207	0.104	-0.555
%Kül	0.079	-0.023	-0.475	0.543	0.573	T6	0.821	-0.430	-0.912	0.286	-0.615
% Protein	-0.403	-0.087	-0.030	0.779	-0.340	T7	-2.389	0.516	-1.884	1.102	0.296
% Yağ	0.919	-0.108	0.163	-0.045	-0.091	T8	3.048	-0.907	-0.908	-0.011	-0.483
% Tuz	0.634	0.079	-0.411	-0.169	0.381	E1	1.277	-2.566	0.783	0.390	0.139
% Nem	-0.952	0.094	-0.122	-0.053	0.148	E2	-2.238	-1.833	-0.427	-1.751	0.435
% Kuru Madde	0.952	-0.094	0.122	0.053	-0.148	E3	-2.452	-2.309	0.905	0.106	-0.507
% Pişirme Kaybı	0.691	-0.128	-0.227	0.423	-0.132	E4	1.098	-2.011	-0.893	-1.687	1.039
						E5	-0.177	-1.614	1.042	-0.086	-0.449
						E6	0.753	-1.274	0.678	0.865	-0.129
						E7	-2.501	-0.738	-0.971	1.286	0.734
						E8	3.119	-0.002	-0.974	-0.006	-0.551
						F1	1.465	0.278	-0.222	0.455	-0.959
						F2	-1.883	2.417	-0.918	-1.563	-0.154
						F3	-2.121	2.064	2.691	1.324	-0.823
						F4	1.496	2.758	-1.099	-1.339	0.468
						F5	0.067	1.313	0.996	0.154	-0.772
						F6	0.897	0.482	-1.025	0.321	-0.742
						F7	-2.388	0.630	-1.832	1.050	0.377
						F8	3.136	0.202	-0.998	0.004	-0.579
						M1	1.357	-0.899	-0.529	0.135	-0.823
						M2	-1.964	-0.532	2.731	-0.784	2.463
						M3	-2.325	-0.540	0.178	0.018	-1.043
						M4	1.270	-0.228	0.430	-1.043	1.359
						M5	-0.015	-0.368	0.865	-0.180	-0.172
						M6	0.843	-0.396	-0.725	0.315	-0.416
						M7	-2.438	-0.208	-1.385	1.127	0.714
						M8	3.091	-1.169	0.541	0.332	0.523
						O1	1.729	0.906	3.516	1.445	1.717
						O2	-1.523	5.981	0.028	-1.060	0.277
						O3	-2.188	0.640	0.690	0.344	-0.884
						O4	1.390	1.474	-0.458	-1.189	0.764
						O5	0.047	1.082	0.104	-0.233	-0.969
						O6	0.886	0.343	-0.750	0.423	-0.659
						O7	-2.387	0.621	-1.006	1.396	0.577
						O8	3.519	3.472	0.766	0.761	0.378

hastalıkların yaklaşık % 30'unun yetersiz beslenmeden kaynaklandığını ve sağlıklı bir diyetin kullanılmasının riski azaltılabileceğini göstermektedir (Dybing vd., 2008 PAH'lar, piroliz veya odun, petrol veya yağlı et gibi diğer organik maddelerin eksik yanması ile üretilen karbon ve hidrojen atomlarından oluşan iki veya daha fazla aromatik halkaya sahip bir kimyasal grubudur. Başka bir deyişle, yağlı etin ısıtılmasıyla, lipitler dumanda PAH'lar üreten ve PAH'ın gıda yüzeyine yapışmasına neden olan hidroperoksit veya sikloheksen bileşiklerine ayrılmaktadır (Zhang vd.,2018).

Yüksek sıcaklık nedeniyle ızgara etinden eriyip ısıyla piroliz olan yağlar PAH oluşumna sebebiyet vermektedir (Lijinsky 1991). PAH oluşumu etlerin yüzeyinde veya yakınında meydana geldiğinden, dumana maruz kalarak pişirilen yiyeceklerde yüksek miktarlarda PAH oluşabilmektedir. Fume gıdalardaki PAH konsantrasyonları, dumanlama sürecinde kullanılan duman jeneratörü, odun tipi, yanma sıcaklığı ve dumanlama derecesi de dahil olmak üzere çeşitli değişkenlere bağlıdır. (Moret vd., 1997).

Yapılan bir çalışmada filtre kullanımı ile birlikte duman oluşum sıcaklığının 300-400 °C'ye düşürülmesi, PAH içeriğini yaklaşık % 90 oranında azaltabildiği ifade edilmiştir (Sikorski 2005).

Ette, bildirilen en yüksek PAH konsantrasyonları açık ateşte pişirilen yiyeceklerde olmuştur. Örneğin, mangalda pişirilen ette, toplam PAH'ların 164 mg kg⁻¹'e kadar olan seviyelerde mevcut olduğu tespit edilmiştir, BaP, 30 mg kg⁻¹'e kadar olan seviyelerde bulunmuştur (Panalaks, 1976). Analiz edilen gıdaların içeriklerindeki farklılıklar nedeniyle çalışmalar arasında toplam PAH'ların sonuçlarının karşılaştırılması zordur.

Yapılan bazı epidemiyolojik çalışmalarda mangalda pişirilmiş ve dumanlanmış/tütsülenmiş gıda ürünlerinin fazlaca tüketimi ile kanser gelişimi arasında bir ilişki olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, gıdanın mangalda pişirme yerine haşlama ve buharda pişirme gibi indirekt yöntemlerle pişirilmesi ve üretimde direkt dumanlama yerine indirekt dumanlama yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir. Ayrıca gıda üretim alanlarının da çevresel olarak kirlenmemesine özen gösterilmesi gerekmektedir (Perello vd., 2009).

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

PAH' ların ortamdaki yaygın dağılımı nedeniyle, gıdaların çoğu, genellikle milyar başına parça veya kilogram başına mikrogram aralığında ölçülebilir PAH'lar içerir. Füme veya mangalda et ve balık gibi yiyecekler nispeten yüksek seviyelerde PAH'ları içerebiliyor olsalar da beslenmede bu tür yiyeceklerin çok sık tüketilmiyor olması bunlara bağlı sorunların ortaya çıkmasında engelleyici bir faktördür. Ancak, insan diyetinde yüksek miktarda PAH içeren yiyecekler mevcutsa bu bileşikler bazı ciddi sorunların ortaya çıkmasına önemli derecede katkı sağlar.

Bu çalışma, aynı üretim yöntemleri ile üretilmiş Akçaabat köftelerinin beş farklı pişirme tekniğinde PAH'ların oluşumunu belirlemeye yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. Tüm pişirme teknikleri arasında, odun kömürü ızgara ve fındık kabuğu ızgara işlemlerinde en yüksek toplam PAH4 seviyeleri ölçülmüştür.

Köfte örneklerinin toplam PAH4 içerikleri tüm teknikler için 7.06-112.77 µg/kg arasında tespit edilmiştir. PAH değerleri tavayla pişirmede 8.79-45.48 µg/kg, elektrikli ızgara ile pişirmede 7.06 – 47.11 µg/kg, fındık kabuğu kömürü ızgarasında 42.45 – 82.22 µg/kg arasında, fırında pişirmede 26.79 – 42.59 µg/kg ve odun kömürü mangalı ile pişirmede 45.57 – 112.77 µg/kg aralıklarında bulunmuştur.

Köfte örneklerinin içeriğin farklı olmasının PAH oluşumu üzerindeki etkisi düşünülmekte ve özellikle içerdiği yağ miktarının önemli olduğu bilinmektedir. Mangalda pişirme işlemi neticesinde diğer ısıtma işlem metodlarından daha yüksek düzeyde PAH tespit edilmiş olması gıdadaki yağın ısı kaynağına ve dumana direk temas etmesi ile ilgili olması ile açıklanabilir.

Epidemiyolojik çalışmalar, insan kanserlerinin büyük bir kısmının en azından kısmen diyet faktörlerine atfedilebileceğini göstermiştir. PAH olarak çevresel karsinojenlere, maruz kalma başlıca besin kaynaklarından olduğu söylenebilir.

Beş adet farklı pişirme tekniği ile ızgara yapılan Akçaabat köftelerinde elde edilen sonuçlar literatürde yapılan etlerle alakalı PAH çalışmalarına benzer olarak çıkmıştır. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar yönetmeliğinde PAH' ların maksimum residü limitleri ile alakalı sonuçlar dumanlanmış et ürünlerini kapsamakta olup köftelerle ilgili bir değerlendirme kriteri yapılmamıştır. Özellikle yapılan bu çalışma ile elde edilen PAH sonuçları köfteler üzerinde gelecekte hazırlanması düşünülen veya hazırlanacak mevzuat için bir kaynak oluşturacaktır.

Yapmış olduğumuz bu çalışmanın, ızgara et ürünlerinde kanserojen PAH ile kontaminasyonun fiili durumu hakkında daha fazla çalışmayı teşvik etmesi beklenmektedir.

Pişirme esnasında özellikle korların üzerine damlayan yağ parçacıklarının PAH oluşturma oranı yüksektir. Bu nedenle mangalda pişirme esnasında yağın kor üzerine damlamamsına dikkat edilmelidir.



5. KAYNAKLAR

- Akbaba, A. 2014. Bitkisel Yağlardaki Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Miktarı Üzerine Rafinasyon Kademelerinin Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 54s.
- Akyuz, M. ve Cabuk, H. G., 2010. Gas-particle partitioning and seasonal variation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the atmosphere of Zonguldak, Turkey, Sci Total Environ, 408, 5550–5558
- Alomirah, H., Al-Zenki, S., Al-Hooti, S., Zaghloul, S., Sawaya, Ahmed, W. N., ve Kannan, K., 2011. Concentrations and Dietary Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) from Grilled and Smoked Foods, Food Control, 22, 12, 2028–235.
- Alver, E., Demirci A. ve Özcimder M. 2012., Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve Sağlığa Etkileri, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3, 1, 45-52.
- AOAC, Method 2007.0, 2007. Pesticide Residues in Foods by Acetonitrile Extraction and Partitioning with Magnesium Sulfate Gas Chromatography/Mass Spectrometry and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry, AOAC International, 9s.
- Armstrong, B.G., Hutchinson, E. ve Fletcher, T., 2002. Cancer risk following exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): a meta-analysis. Rep No 068. Sudbury, UK: this health and safety executive. <http://www.hse.gov.uk/research/rrhtm/rr068.htm>.
- Armstrong, B.G., Hutchinson, E., Unwin, J. ve Fletcher, T., 2004. Lung cancer risk after exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: a review and meta-analysis. Environ Health Perspect, 112, 9, 970–978.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances, Disease Registry), 1995. Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons. US Department of Health and Human Services 1995.US Government Printing Office, 639-298.
- Ayaz, A., ve Yurttagül, M. 2012. Besinlerdeki Toksik Öğeler - II, Sağlık Bakanlığı No:727, ISBN : 978-975-590-243-2, Ankara.
- Aydın, Ö.Ş. ve Şahan Y., 2018. Bazı Et Türlerinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Oluşumuna Farklı Pişirme Yöntemlerinin Etkisi, Akademik Gıda 16, 4, 387-394.
- Aygün, S.F. ve Özcimder, M., 1996. A comparison of normal (-CN) and reversed (C–18)phase chromatographic behaviour of polycyclic aromatic hydrocarbons, Turkish Journal of Chemistry, 20, 269–275.
- Babaoğlu, A.S., 2015. Dana Ve Kuzu Kokoreçlerinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların (PAH) Oluşum Düzeyi Üzerine Farklı Hayvansal Yağların Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 68 s.

- Bach, P.B., Kelley, M.J., Tate, R.C. ve Mc Crory, D.C., 2003. Screening for lung cancer: a review of the current literature, Chest, 123,72–82.
- Barranco, A., Alonso-Salces, R. M., Corta, E., Berrueta, L. A., Gallo, B., Vicente, F. ve Sarobe, M., 2004. Comparison of donor–acceptor and alumina columns for the clean-up of polycyclic aromatic hydrocarbons from edible oils, Food Chem., 86, 465–474.
- Bilaloğlu, K., 2018. Ekmeklerde Pişirilme Aşamasında Yakıt ve Fırın Türlerinden Kaynaklanan PAH Kontaminasyon Seviyelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet BAYSAL Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu, 66 s.
- Boers, D., Zeegers, M.P., Swaen, G.M., Kant, I. ve Van den Brandt, P.A., 2005. The influence of occupational exposure to pesticides, polycyclic aromatic hydrocarbons, diesel exhaust, metal dust, metal fumes, and mineral oil on prostate cancer: a prospective cohort study, Occup Environ Med. 62, 8, 531–537.
- Boffetta, P., Jourenkova, N. ve Gustavsson, P., 1997. Cancer risk from occupational and environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons, Cancer Causes Control, 8, 3, 444–472.
- Butterfield, D.M., Brown, R.J.C. 2012. Polycyclic aromatic hydrocarbons in Northern Ireland. NPL Report AS 66, NPL, Teddington.
- Ceylan, Z. ve Şengör, F., 2015. Dumanlanmış su ürünleri ve polisiklik aromatik Hidrokarbonlar (PAH’S), Gıda ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi, 15, 27-33
- Chen, B. H. ve Chen, Y. C., 2001. Formation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Smoke from Heated Model Lipids and Food Lipids, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49, 11, 5238–5243.
- Cho, H. K. ve Shin, H. S., 2012. Evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbon contents and risk assessment for infant formula in Korea, Food Sci. Biotechnol. 21, 1329–1334.
- Chung, S., Yettella, R. R., Kim, J. Kwon, K.M. ve Kim Min, D. B., 2011. Effects of Grilling and Roasting on the Levels of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Beef and Pork, Food Chemistry, 129, 1420–1426.
- Chung, S., Yettella, R. R., Kim, J., Kwon, K. Kim, M. ve Min, D. B., 2011. Effects of Grilling and Roasting on the Levels of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Beef and Pork, Food Chemistry, 129, 4, 1420–1426.
- Crosby, N. T., Hunt, D. C., Philp, L. A. ve Patel, I., 1981. Determination of polynuclear aromatic hydrocarbons in food, water and smoke using high-performance, Analysis, 106, 135–145.
- Dost, K. ve Ideli, C., 2012. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in edible oils and barbecued food by HPLC/UV–Vis detection, Food Chem., 133, 293–199.
- Duedahl-Olesen, L., Aaslyng, M., Meinert, L., Christensen, T. Jensen, A. ve Binderup, M.L., 2015. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in Danish Barbecued Meat, Food Control, 57, 169–76.

- Duedahl-Olesen, L., Christensen, J.H., Højgaard, A., Granby, K. ve Timm Heinrich, M., 2010. Influence of smoking parameters on the concentration of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Danish smoked fish, Food Addit. Contam., 27, 1294–1305.
- Dybing, E., O'Brien, J., Renwick, A. ve Sanner, T., 2008. Risk Assessment of Dietary Exposures to Compounds That Are Genotoxic and Carcinogenic—an Overview, Toxicology Letters, 180, 2, 2008, 110–117.
- Edwards, S.C., Jedrychowski, W., Butscher, M., Camann, D., Agnieszka Kieltyka, A., Mroz, E., et al., 2010. Prenatal exposure to airborne polycyclic aromatic hydrocarbons and children's intelligence at 5 years of age in a prospective cohort study in Poland, Environ Health Perspect, 118, 9, 1326–1331.
- Esrafil, A., Yamini, Y., Ghambarian, M. ve Moradi M., 2011. Dynamic three-phase hollow fiber microextraction based on two immiscible organic solvents with automated movement of the acceptor phase, Journal of Separation Science, 3498–3506.
- Farhadian, A., Jinap, S., Faridah, A. ve Zaidul, I. S. M., 2012. Effects of marinating on the formation of polycyclic aromatic hydrocarbons (benzo [a] pyrene, benzo [b] fluoranthene and fluoranthene) in grilled beef meat, Food Contam. 28, 420–425.
- Fukal, L., 1999. Determination of PAHs in various smoked meat products and different samples by enzyme immunoassay, J. Sci. Food Agric., 791, 58–62.
- Gosetti, F., Chiuminatto, U., Mazzucco, E., Robotti, E., Calabrese, G., Gennaro, M.C. ve Marengo, E., 2011. Simultaneous determination of thirteen polycyclic aromatic hydrocarbons and twelve aldehydes in cooked food by an automated on-line solid phase extraction ultra high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry, J. Chromatogr. A., 1218, 6308–6318.
- Hasbioğlu, M.M. ve Ertaş, A.H., 1997. Hamburgerlerin bazı kalite özelliklerine mercimek püresi ilavesinin etkisi, Gıda, 3, 88-93.
- Hecht, S.S., 2002. Human urinary carcinogen metabolites: biomarkers for investigating tobacco and cancer, Carcinogenesis, 23, 6, 907–922.
- Houessou, J. K., Maloug, S., Leveque, A. S., Delteil, C., Heyd, B. ve Camel, V., 2007. Effect of roasting conditions on the polycyclic aromatic hydrocarbon content in ground Arabica coffee and coffee brew, J. Agric. Food Chem., 55, 9719–9726.
- IARC (International Agency for Research on Cancer). 2010. Some non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons and some related exposures. Monogr Eval Carcinog Risks Hum, 92, 765–771.
- Ishizaki, A., Saito, K., Hanioka, N., Narimatsu, S. ve Kataoka, H., 2010. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in food samples by automated on-line in-tube solid-phase microextraction coupled with high-performance liquid chromatography-fluorescence detection, J. Chromatogr. A, 1217, 5555–5563.

- İdeli, C., 2007. Bazı Gıda Maddeleri Ve Bitkisel Yağlarda Oliaromatik Hidrokarbonların (PAH) Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, 65s.
- Janoszka, B., 2011. HPLC-fluorescence analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in pork meat and its gravy fried without additives and in the presence of onion and garlic, Food Chem., 126,1344–1353.
- John. K., Ragavan, N., Pratt, M.M., Singh, P.B., Al-Buheissi, S. ve Matanhelia. S.S, vd. 2009. Quantification of phase I/II metabolizing enzyme gene expression and polycyclic aromatic hydrocarbon-DNA adduct levels in human prostate, Prostate, 69, 505–519.
- Jong, W.H., Kroese, E.D., Vos, J.G. ve Loveren, H.V., 1999.Detection of immunotoxicity of benzo[a]pyrene in a subacute toxicity study after oral exposure in rats, Toxicol Sci., 50, 2, 214–220.
- Jung, K.H., Kim, J.K., Noh, J.H., Eun, J.W., Bae, H.J., Kim, M.G., et al., 2013, Characteristic molecular signature for the early detection and prediction of polycyclic aromatic hydrocarbons in rat liver, Toxicol Lett., 216, 1, 1–8.
- Kamangar, F., Schantz, M.M., Abnet, C.C., Fagundes, R.B. ve Dawsey, S.M., 2008. High levels of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in mate drinks, Cancer Epidemiol Biomarkers Prev., 17, 5, 1262–1268.
- Kameda, T., 2011. Atmospheric chemistry of polycyclic aromatic hydrocarbons and related compounds, J. Health Sci., 57, 6, 504–511.
- Kazerouni, N., Sinha, R., Hsu, C. H., Greenberg, A. ve Rothman, N., 2001. Analysis of 200 food items for benzo [a] pyrene and estimation of its intake in an epidemiologic study, Food Chem. Toxicol., 39,423–436.
- Kendirci, P., F. Icier, P., Kor, G. ve Onogur, T. A., 2014. Influence of Infrared Final Cooking on Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Formation in Ohmically Pre-Cooked Beef Meatballs, Meat Science, 97, 2, 2014 123–9.
- Kennaway, E. 1995. The identification of a carcinogenic compound in coal-tar, Br. Med. J., 2, 749–752.
- Kim, K. H. , Jahan, S.A., Kabir, E. , Brown, R.J.C. 2013. A review of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their human health effects. Environment International, 60, 71–80.
- Kılıç, B., Şimşek A., Claus, J. R. ve Atılğan E., 2016a. Melting release point of encapsulated phosphates and heating rate effects on control of lipid oxidation in cooked ground meat, LWT-Food Science and Technology, 66, 398-405.

- Kishikawa, N., Wada, M., Kuroda, N., Akiyama, S. ve Nakashima, K., 2003. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in milk samples by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection, J. Chromatogr. B. 789, 257–264.
- Kolarovic, L. ve Traitler, H., 1982. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in vegetable oils by caffeine complexation and glass capillary gas chromatograph, J. Chromatogr. A. 237, 263–272.
- Kristensen, P., Eilertsen, E., Einarsdóttir, E., Haugen, A., Skaug, V. ve Ovrebo, S., 1995. Fertility in mice after prenatal exposure to benzo[a]pyrene and inorganic lead. Environ Health Perspect. 103, 588–590.
- Kumari, R., Patel, D. K., Chaturvedi, P., Ansari, N. G. ve Murthy, R. C., 2013. Solid phase micro extraction combined with gas chromatography-mass spectrometry for the trace analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in chocolate, Anal. Methods. 5, 1946–1954.
- Kuo C.Y., Hsu, Y.W. ve Lee, H.S., 2003. Study of human exposure to particulate PAHs using personal air samplers, Arch. Environ Contam Toxicol. 44, 454–459.
- Lai, I.C., Lee, C.L., Zeng, K.Y. ve Huang, H.C., 2011. Seasonal variation of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons along the Kaohsiung coast, Journal of Environmental Management. 92, 8, 2029–2037.
- Lannerö, E., Wickman, M. ve Van Hage M., 2008. Exposure to environmental tobacco smoke and sensitisation in children, Thorax. 63, 172–176.
- Latif, I.K., Karim, A.J., Zuki, A.B.Z., Zamri-Saad, M., Niu, J.P. ve Noordin, M.M. 2010. Pulmonary modulation of benzo[a]pyrene-induced hemato- and hepatotoxicity in broilers, Poult Sci. 89, 7, 1379–1388.
- Lee, T., Puligundla, P. ve Mok, C., 2019. Degradation of Benzo [a] Pyrene on Glass Slides and in Food Samples by Low-Pressure Cold Plasma, Food Chemistry. 286, 624–628.
- Lijinsky, W., 1991. The Formation And Occurrence Of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons Associated With Food, Mutation Research. 259, 252–261.
- Lupo, P.J., Langlois, P.H., Reefhuis, J., Lawson, C.C., Symanski, E., Desrosiers, T.A., et al., 2012. Maternal occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons, Environ Health Perspect. 120, 6, 910–915.
- Masih, J., Masih, A., Kulshrestha, A., Singhvi, R. ve Taneja, A. 2010. Characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons in indoor and outdoor atmosphere in the north central part of India, J. Hazard Mater. 177, 190–198.
- Melwanki, M.B. ve Huang, S-D., 2006. Extraction of hydroxyaromatic compounds in river water by liquid–liquid–liquid microextraction with automated movement of the acceptor and the donor phase, Journal of Separation Science. 29, 2078–2084.

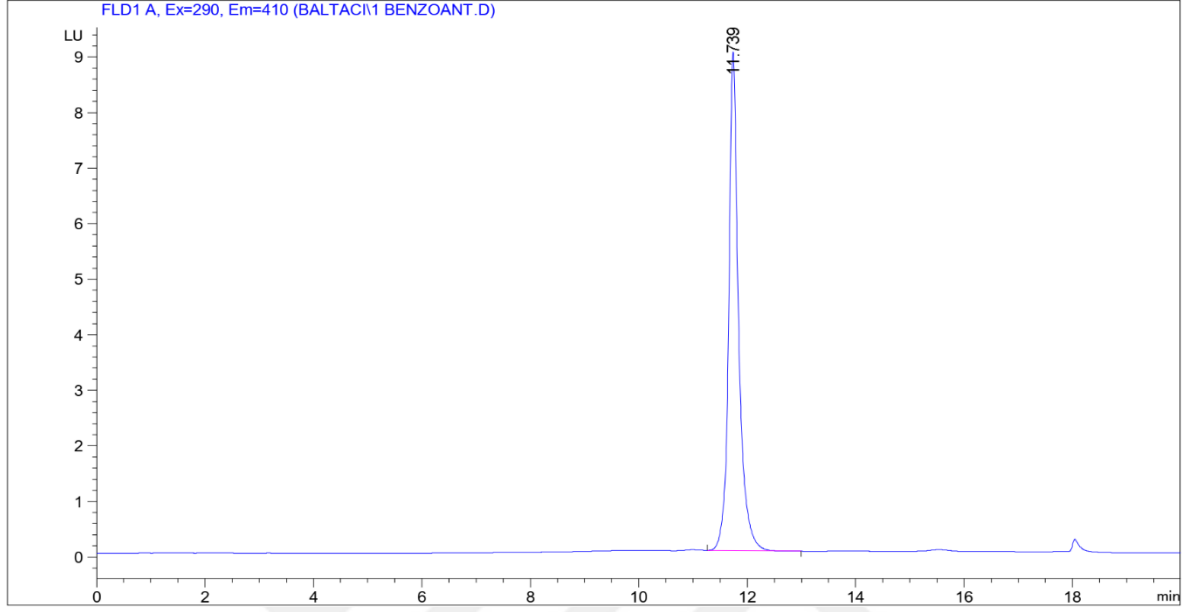
- Mersch-Sundermann, V., Mochayedi, S. ve Kevekordes, S., 1992. Genotoxicity of polycyclic aromatic hydrocarbons in *Escherichia coli* PQ37, Mutat Res Genet Toxicol 278, 1, 1–9.
- Moolgavkar, S.H., Luebeck, E.G. ve Anderson, E.L., 1998. Estimation of unit risk for coke oven emissions, Risk Anal., 18, 813–825.
- Moret, S., Piani, B., Bortolomeazzi, R. ve Conte, L.S., 1997. HPLC determination of polyaromatic hydrocarbons in olive oils, Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung A 205, 116–120
- Naccari, C., Cristani, M., Giofre, F., Ferrante, M., Siracusa, L. ve Trombetta, D., 2011. PAHs concentration in heat-treated milk samples, Food Res. Int., 44, 716–724.
- Nasr, I. N., El-Enaen, N. A. ve Yosef, T. A., 2012. Study of Some Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Residues in Fish at Sharkia Governorate Markets in Relation to Public Health, Global Vet., 8, 670–675.
- Nylund, L., Hakala, E. ve Sorsa, M., 1992. Application of a semi-automated SOS chromotest for measuring genotoxicities of complex environmental mixtures containing polycyclic aromatic hydrocarbons, Mutat Res., 276, 1–2, 125–132.
- Olsson, A.C., Fevotte, J., Fletcher, T., Cassidy, A., Mannetje, A. ve Brennan, P., 2010. Occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and lung cancer risk: a multicenter study in Europe, Occup Environ Med. 67, 98–103.
- Panalaks, T., 1976. Determination and identification of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked and charcoal-broiled food products by high pressure liquid chromatography, Journal of Environment Science and Health B, 11, 299–315.
- Park, J.S., Wade, T.L. ve Sweet, S. 2001. Atmospheric distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons and deposition to Galveston Bay, Texas, USA, Atmos Environ, 35, 3241–3249.
- Perello, G., Marti-Cid, R., Castell, V. Llobet, J. M. ve 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.
- Perera, F. ve Herbstman, J., 2011. Prenatal environmental exposures, epigenetics, and disease, Reprod Toxicol. 31, 3, 363–373.
- Perera, F., Wang, S., Vishnevetsky, J., Zhang, B., Cole, K. J., Tang, D., et al., 2011. Polycyclic aromatic hydrocarbons — aromatic DNA adducts in cord blood and behavior scores in New York City children, Environ Health Perspect. 119, 8, 1176–1181.
- Plaza-Bolanos, P., Frenich, A. G. ve Vidal, J. L. M. 2010. Polycyclic aromatic hydrocarbons in food and beverages. Analytical methods and trends, J. Chromatograph. A. 1217, 6303–6326.

- Rahman, U., Sahar, A., Khan, M.I. ve Nadeem, M., 2014. Production of heterocyclic aromatic amines in meat: Chemistry, health risks and inhibition. A review, LWT - Food Science and Technology, 59 1 229–233.
- Ramalhosa, M. J., Paiga, P., Morais, S., DelerueMatos, C. ve Oliveira, M. B. P. P., 2009. Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in fish: evaluation of a quick, easy, cheap, effective, rugged, and safe extraction method, J. Separ. Sci., 32, 3529–3538.
- Ramalhosa, M. J., Paiga, P., Morais, S., Sousa, A. M., Goncalves, M. P., Del-erue-Matos, C. ve Oliveira, M. B. P. P., 2012. Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in fish: Optimisation and validation of microwave-assisted extraction, Food Chem., 135,234–242.
- Ratola, N., Alvesa, A., Kalogerakisb, N. ve Psillakis, E., 2008. Hollow-fibre liquid-phase microextraction: A simple and fast cleanup step used for PAHs determination in pine needles, Analytica Chimica Acta, 618 70–78.
- Ravindra, K., Sokhi, R. ve Grieken, R.V., 2008. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: source attribution, emission factors and regulation, Atmos Environ, 42, 2895–2921.
- Reinik, M., Tamme, T., Roasto, M., Juhkam, K. Tenno, T. ve Kõis, A., 2007. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in meat products and estimated PAH intake by children and the general population in Estonia, Food Additives and Contaminants, 24, 4, 429–437
- Ren, A., Qiu, X., Jin, L., Ma, J., Li, Z., Zhang, L., et al., 2011. Association of selected persistent organic pollutants in the placenta with the risk of neural tube defects, Proc. Natl. Acad. Sci. U S A, 108, 31, 12770–12775.
- Rice, H.R. ve Baker, B.A., 2007. Workplace hazards to women's reproductive health, Minn Med 90, 9, 44–47.
- Ridgway, K., Lalljie, S. P. ve Smith, R. M., 2007. Sample preparation techniques for the determination of trace residues and contaminants in foods, J. Chromatogr. A, 1153, 36–53.
- Saleh, A., Yamini, Y., Faraji, M., Rezaee, M. ve Ghambarian, M., 2009. Ultrasoundassisted emulsification microextraction method based on applying low density organic solvents followed by gas chromatography analysis for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in water samples, Journal of Chromatography A, 1216, 6673–6679.
- Samanta, S.K., Singh, O.V. ve Jain, R.K., 2002. Polycyclic aromatic hydrocarbons: environmental pollution and bioremediation, Trends Biotechnol, 20, 6, 243–238.
- Sarıcaoğlu, F.T. 2012. Akçaabat Köftesinin Üretim Tekniği ve Özellikleri Yüksek Lisans Tezi, 19 Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 83s.
- Seifert, B. 1986. Luftferunreinigung Durch Kraftfahrzeuge, Fisher, Stuttgart, 255s.

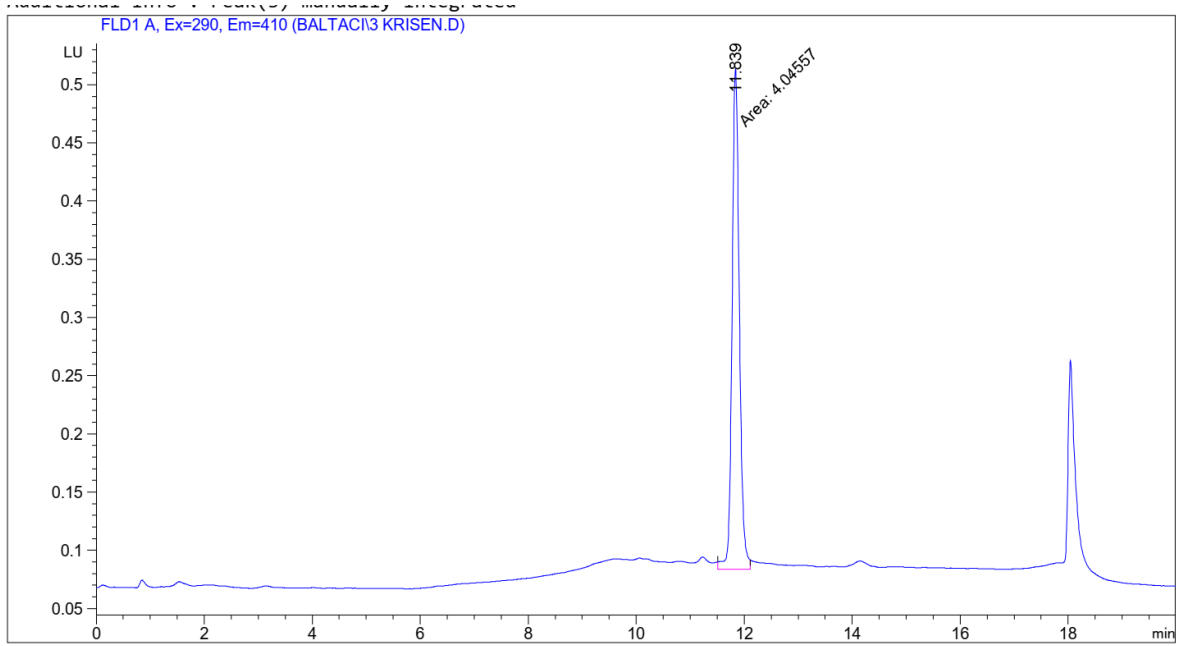
- Serpe, F. P., Esposito, M., Gallo, P. ve Serpe, L., 2010. Optimization and validation of an HPLC method for determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in mussels, Food Chem., 122, 920–925.
- Sikorski, E., 2005. The effect of processing on the nutritional value and toxicity of foods. In: Dabrowski M, Sikorski ZE, editors. Toxins in food. Boca Raton, FL: CRC Press. p 285.
- Srogi, K., 2007. Monitoring of environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: a review, Environ Chem. Lett. 5, 4, 169–195.
- Stołyhwo, A. ve Sikorski, Z.E., 2005. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish – a critical review, Food Chemistry, 91 303–311.
- Suess, M. J., 1976. The environmental load and cycle of polycyclic aromatic hydrocarbons, Sci. Total Environ. 6, 3, 239-250.
- Tayar, M., 2010. Gıda Güvenliği, T.C. Marmara Belediyeler Birliği Yayını, İstanbul, 360 s.
- Toptancı, İ., 2013. Çiçek Ve Salgı Ballarında Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH), Pestisit ve Antibiyotik Kalıntılarının GC/MS VE LC/MS/MS İle Belirlenmesi, Doktora Tezi, Ankara üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 130s.
- TS 1743 ISO 1442, 2001. Et ve et ürünleri- Rutubet muhtevası tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 7s.
- TS 1744, 1974. Et ve et mamulleri toplam yağ miktarı tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 7s.
- TS 1747-1 ISO 1841-1, 1999. Et ve et mamulleri-Klorür muhtevası tayini-Bölüm 1-Volhard metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 9s.
- TS 1748 ISO 937, 2001. Et ve Et mamulleri Azot muhtevasının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 7s.
- TS 545, 1967. Ayarlı Çözeltilerin Hazırlanması, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 30s.
- TS EN ISO 2171, 2010. Tahıllar, baklagiller ve yan ürünleri- Yakılarak kül veriminin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 10s.
- Unwin, J., Cocker, J., Scobbie, E., ve Chambers, H., 2006. An assessment of occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in the UK, Ann. Occup Hyg. 50, 4, 395–403.
- USEPA (Environmental Protection Agency)., 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) — EPA fact sheet. Washington, DC: National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development; 2008 [2008].

- Wassenberg, D.M. ve Di Giulio, R.T., 2004. Synergistic embryotoxicity of polycyclic aromatic hydrocarbon aryl hydrocarbon receptor agonists with cytochrome P4501A inhibitors in *Fundulus heteroclitus*, Environ Health Perspect, 112, 17, 1658–1664
- Wells, P.G., McCallum, G.P., Lam, K.C., Henderson, J.T. ve Ondovcik, S.L., 2010. Oxidative DNA damage and repair in teratogenesis and neurodevelopmental deficits, Birth Defects Res C Embryo Today, 90, 2, 103–109.
- White, P.A., 2002. The genotoxicity of priority polycyclic aromatic hydrocarbons in complex mixtures, Mutat Res., 515, 1–2, 85–98.
- WHO (World Health Organization). Polynuclear aromatic hydrocarbons in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality; 2003 [WHO/SDE/WSH/03.04/59]
- Yuan, Y., Jin, L., Wang, L., Li, Z., Zhang, L., Zhu, H., et al., 2013. Levels of PAH-DNA adducts in placental tissue and the risk of fetal neural tube defects in a Chinese population, Reprod Toxicol, 37, 70–75.
- Zhang, H., Xue, M. ve Dai, Z., 2010. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in aquatic products by HPLC-fluorescence, J. Food Compos. Anal., 23, 469–474.
- Zhang, H., Xue, M. ve Dai, Z., 2010. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in aquatic products by HPLC-fluorescence, Journal of Food Composition and Analysis, 23, 469–474.
- Zhang, Q., Wan, C., Wang, C. Chen, H., Liu, Y., Li, S., Lin, D. Wu, D. ve Qin, W., 2018. Evaluation of the NonAldehyde Volatile Compounds Formed during Deep-Fat Frying Process, Food Chemistry, 243, 151–61.
- Zhang, Y., Tao, S., 2009. Global atmospheric emission inventory of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) for 2004, Atmos Environ, 43, 812–819.

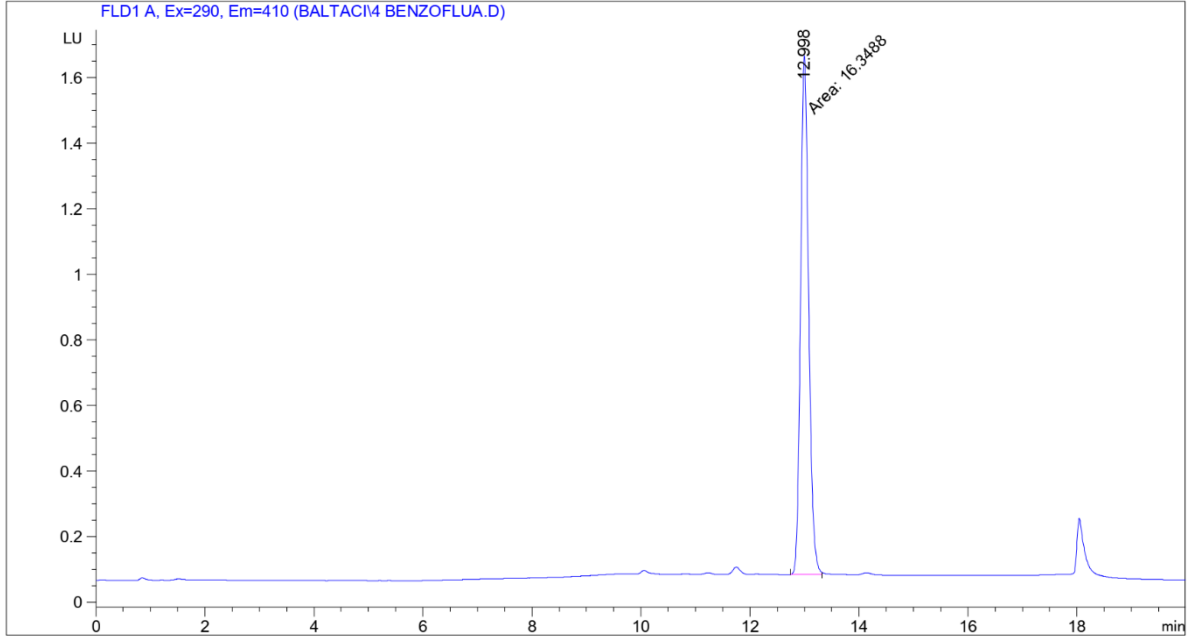
6. EKLER



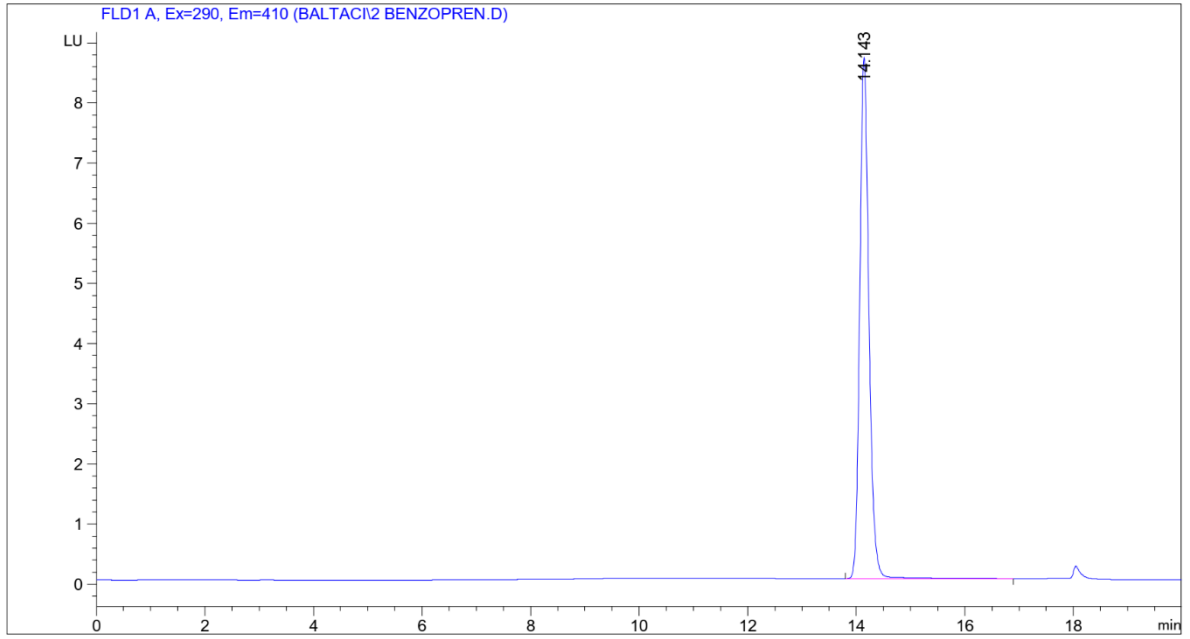
Şekil 6.1. Benzo(a)anthrasen HPLC-FLD cihazında piki



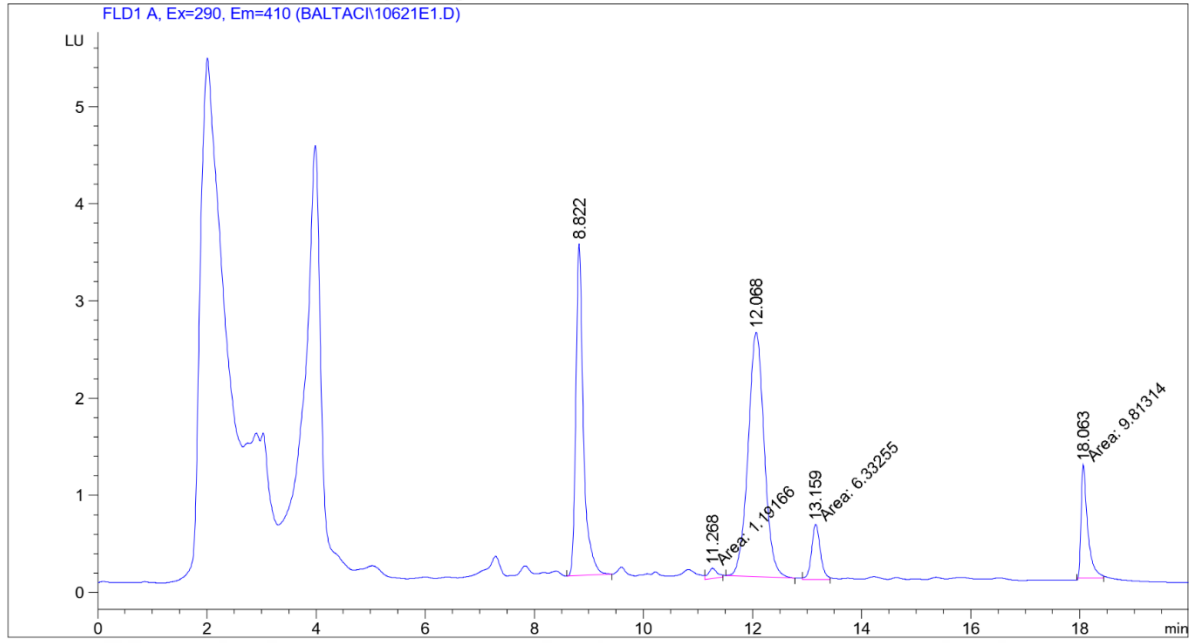
Şekil 6.2. Krisen HPLC-FLD cihazında piki



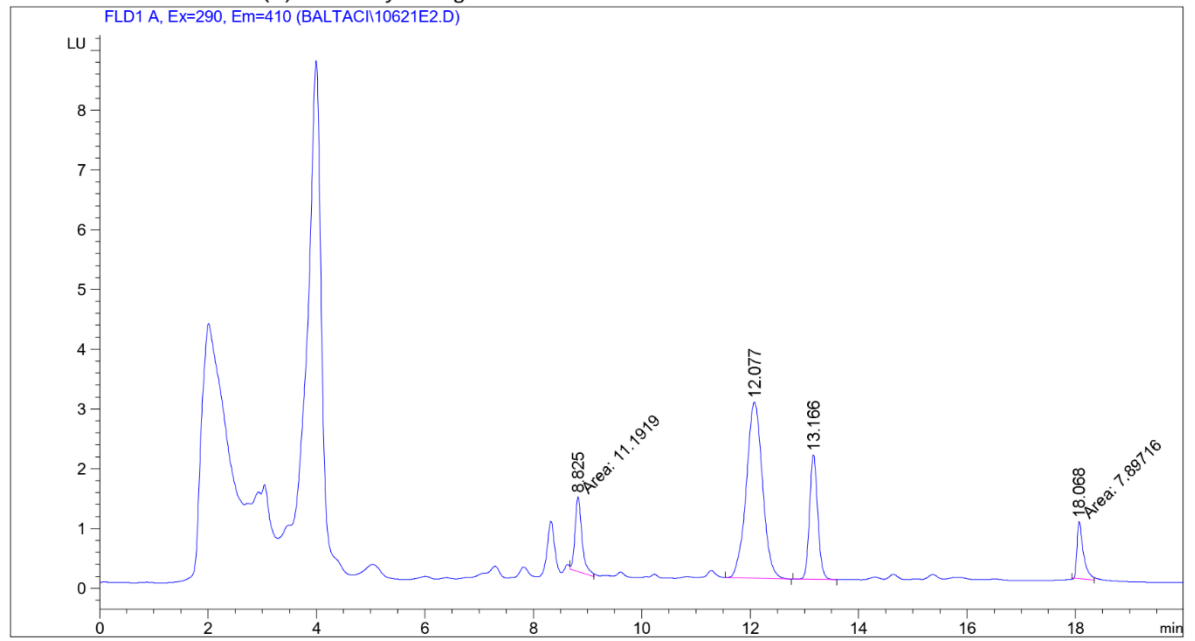
Şekil 6.3. Benzo(b)floranthen HPLC-FLD cihazında piki



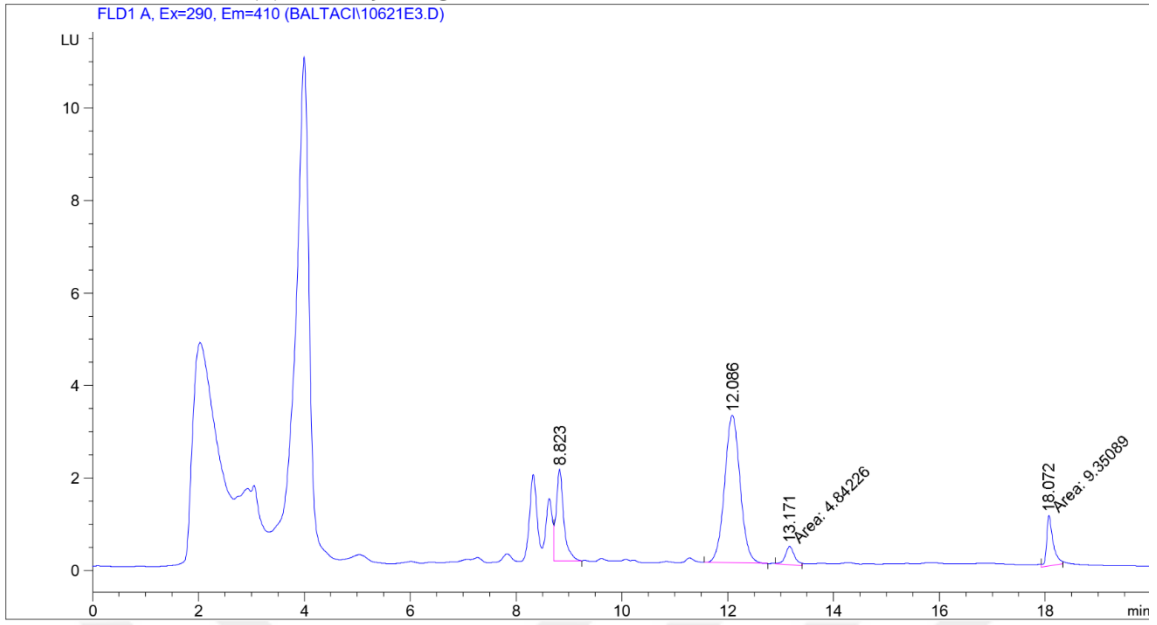
Şekil 6.4. Benzo(a)piren HPLC-FLD cihazında piki



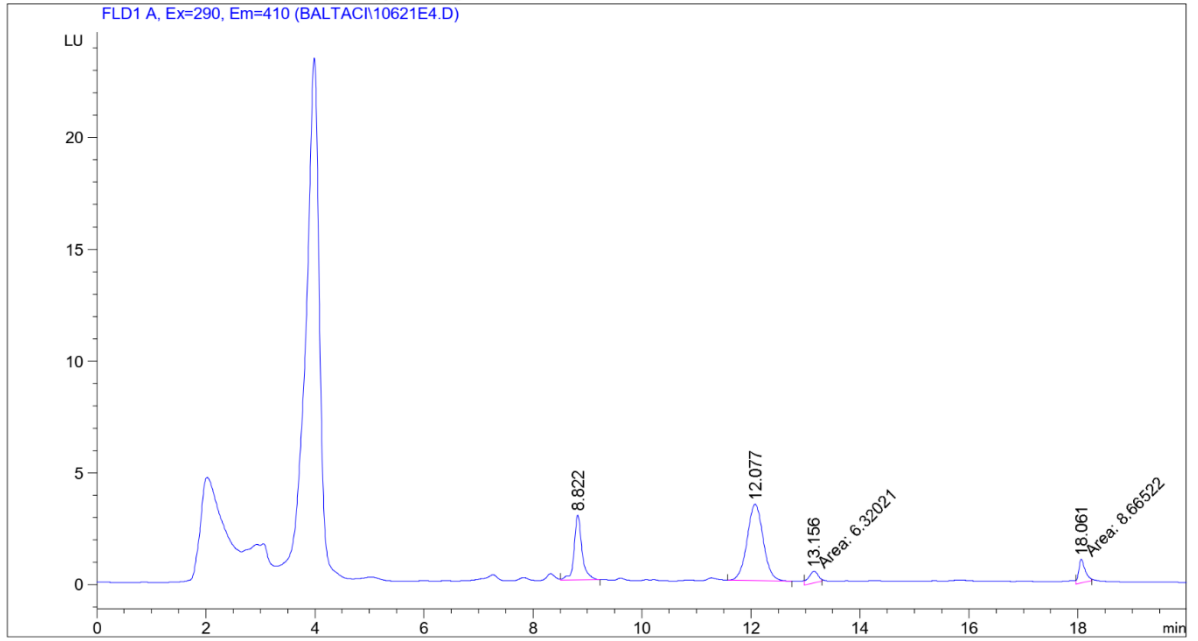
Şekil 6.5. Elektrikli ızgara 1 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



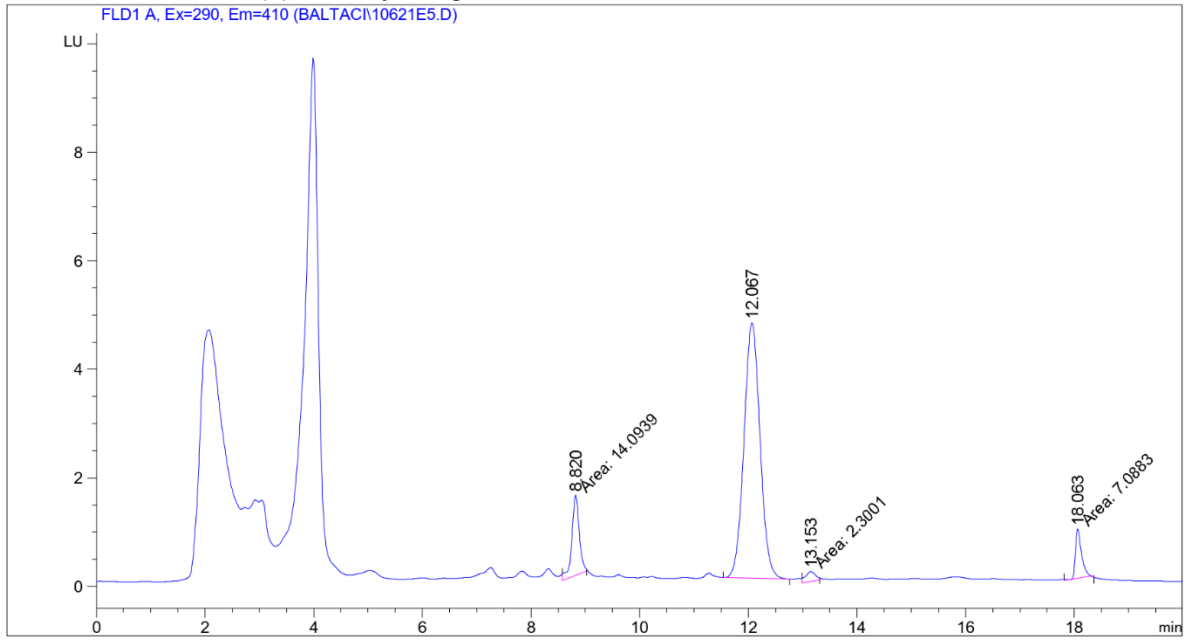
Şekil 6.6. Elektrikli ızgara 2 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



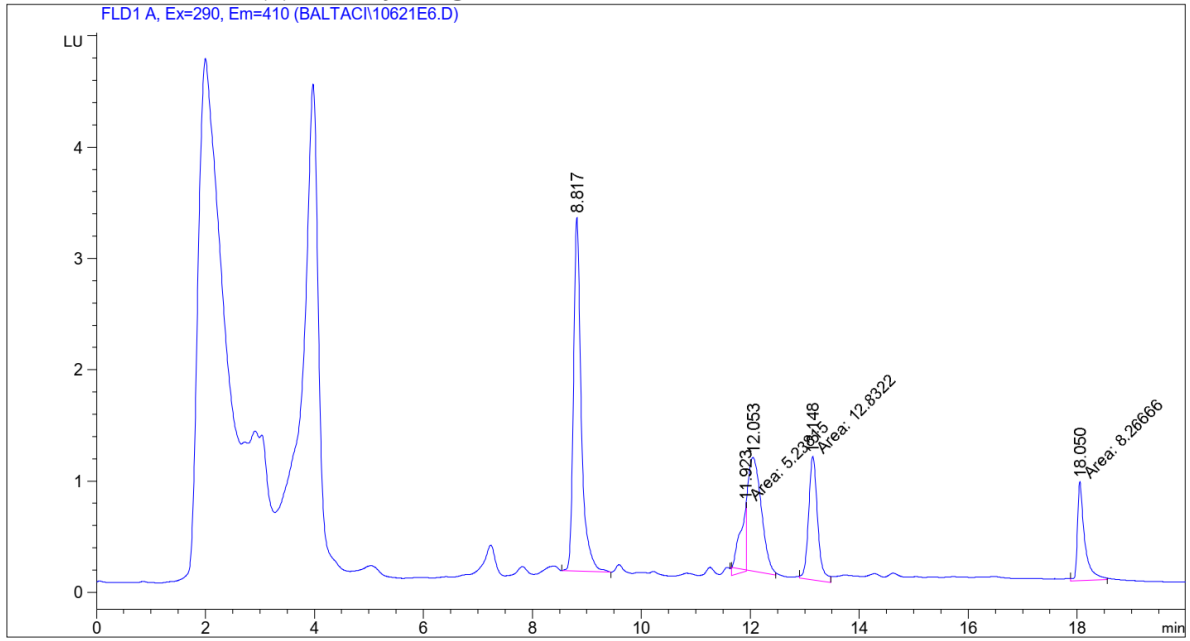
Şekil 6.7. Elektrikli ızgara 3 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



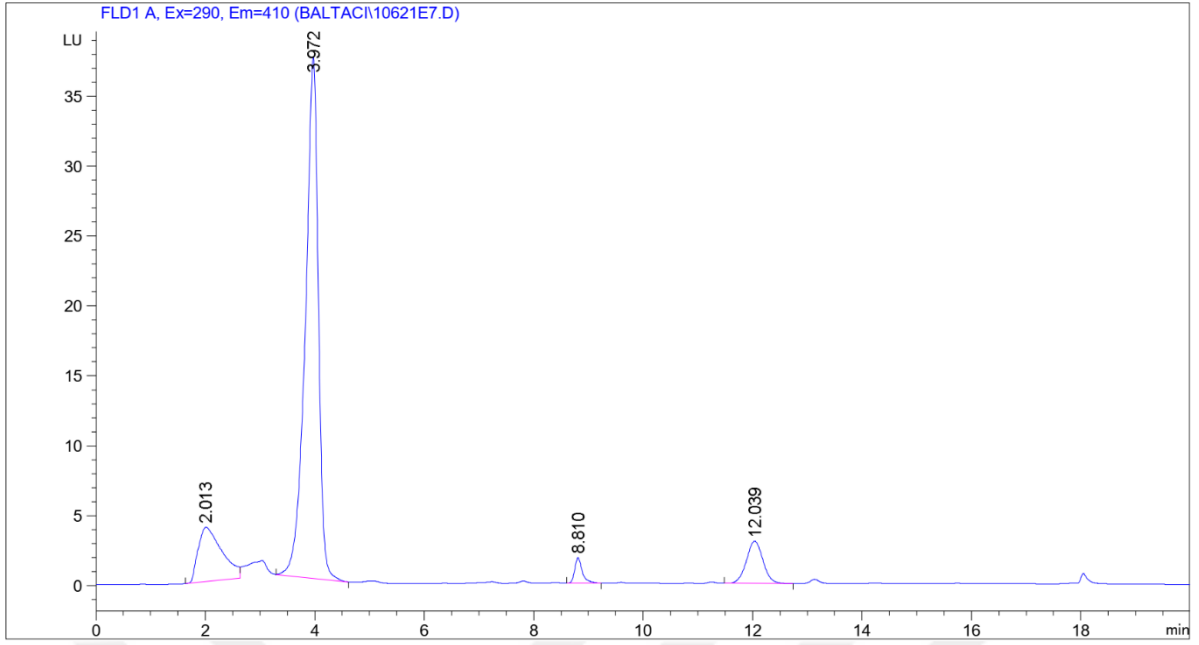
Şekil 6.8. Elektrikli ızgara 4 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



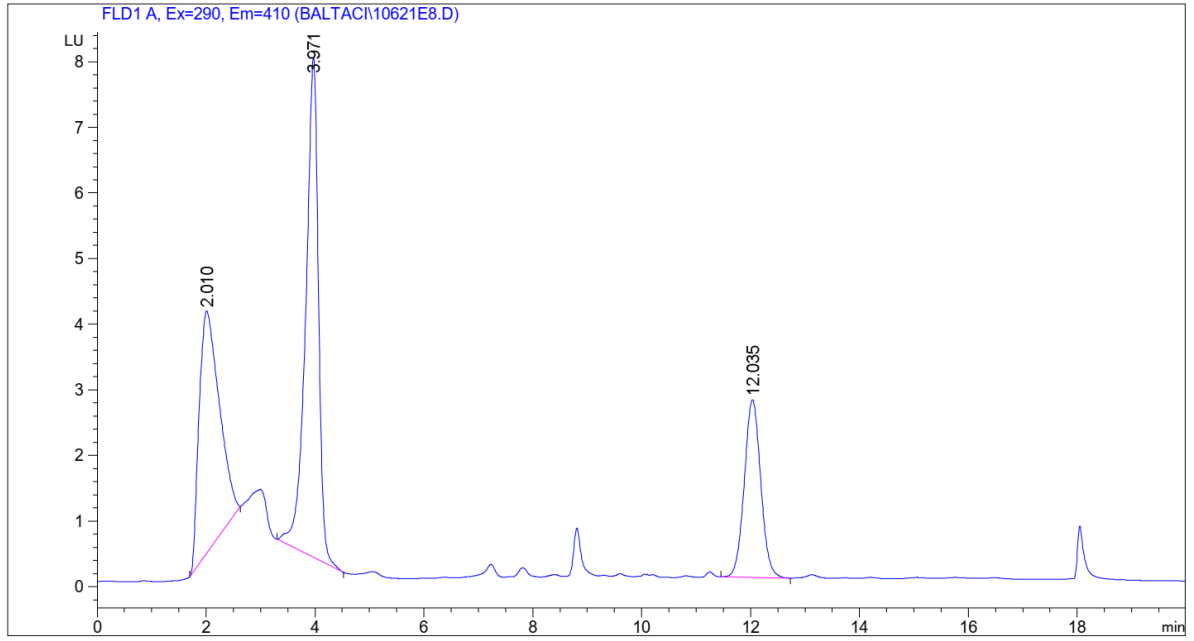
Şekil 6.9. Elektrikli ızgara 5 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



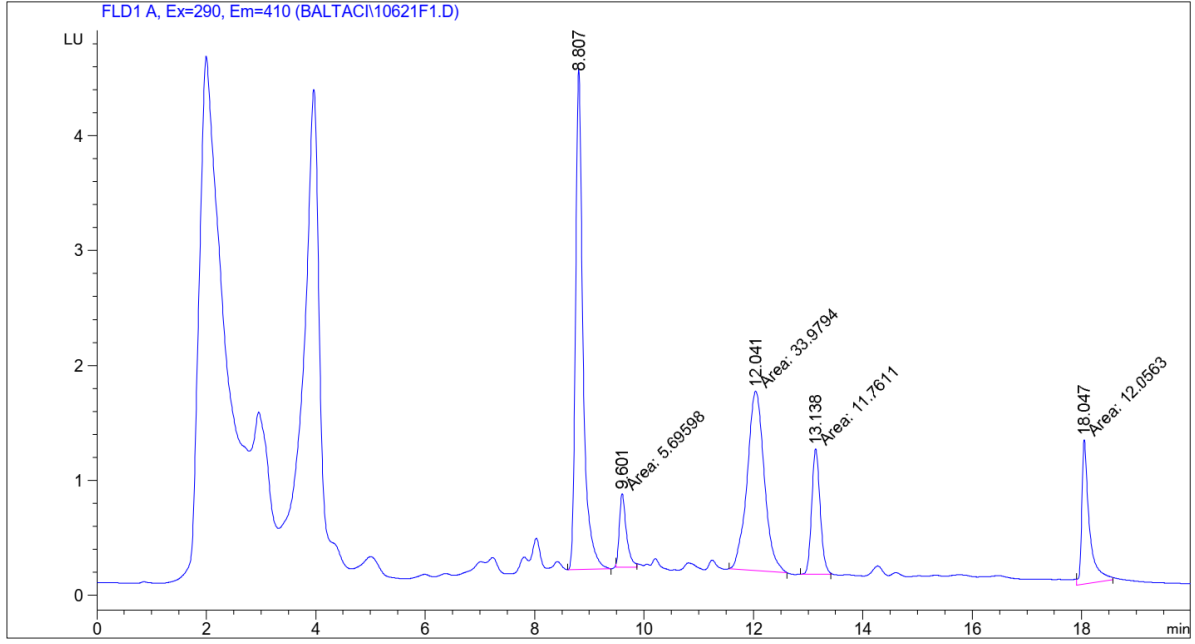
Şekil 6.10. Elektrikli ızgara 6 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



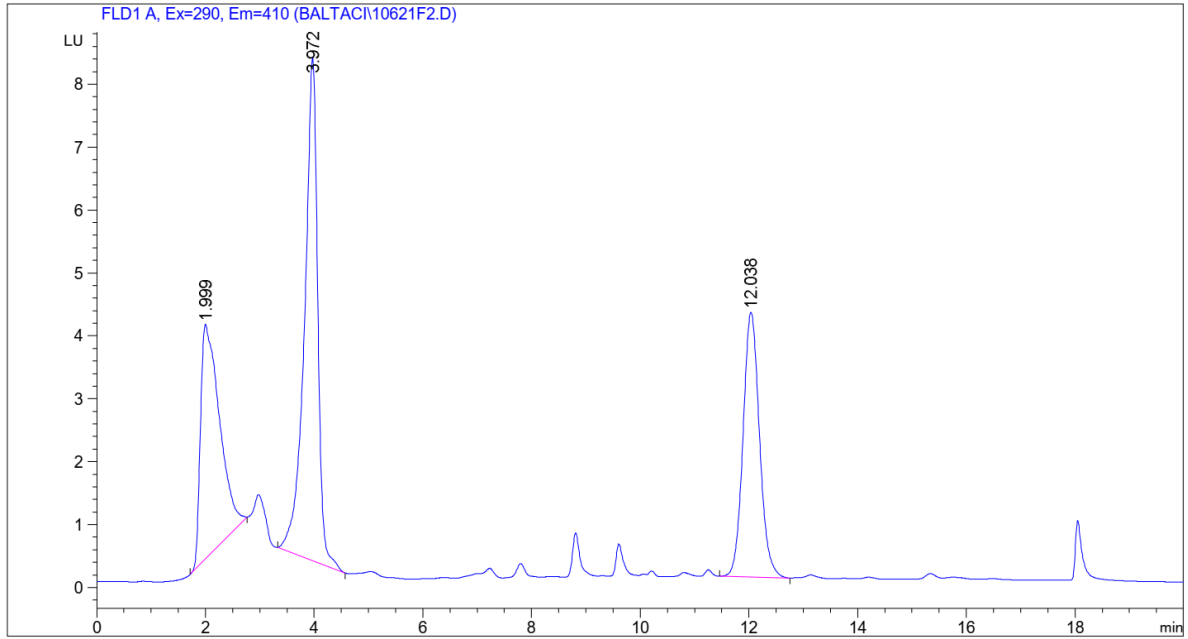
Şekil 6.11. Elektrikli ızgara 7 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



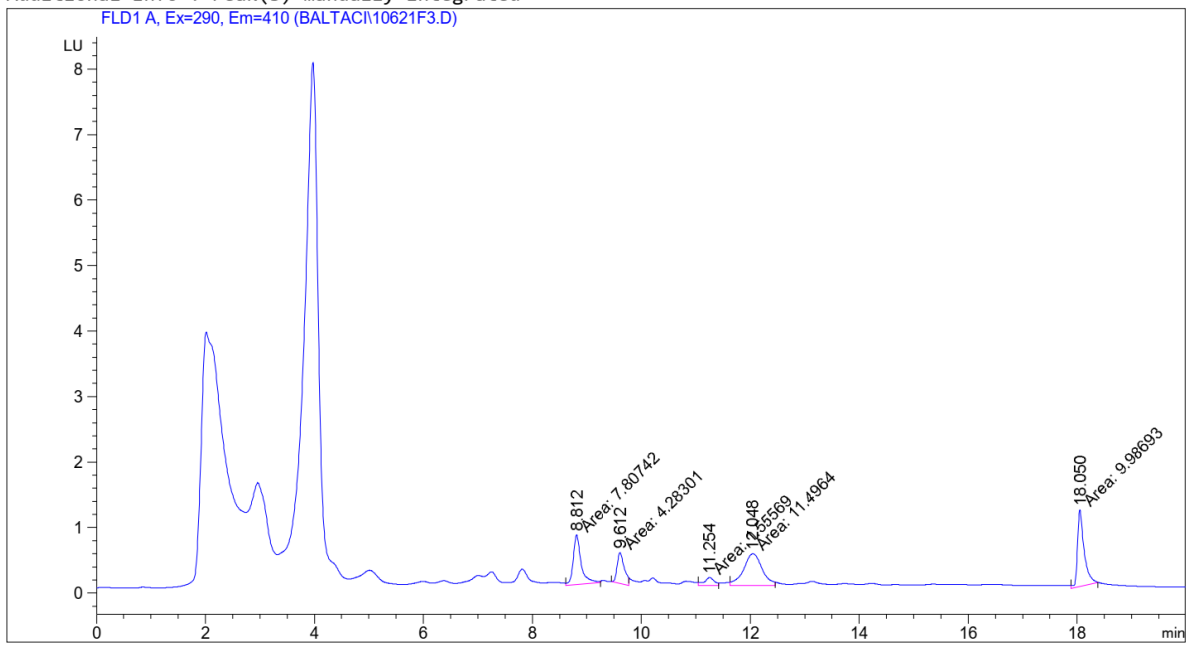
Şekil 6.12. Elektrikli ızgara 8 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



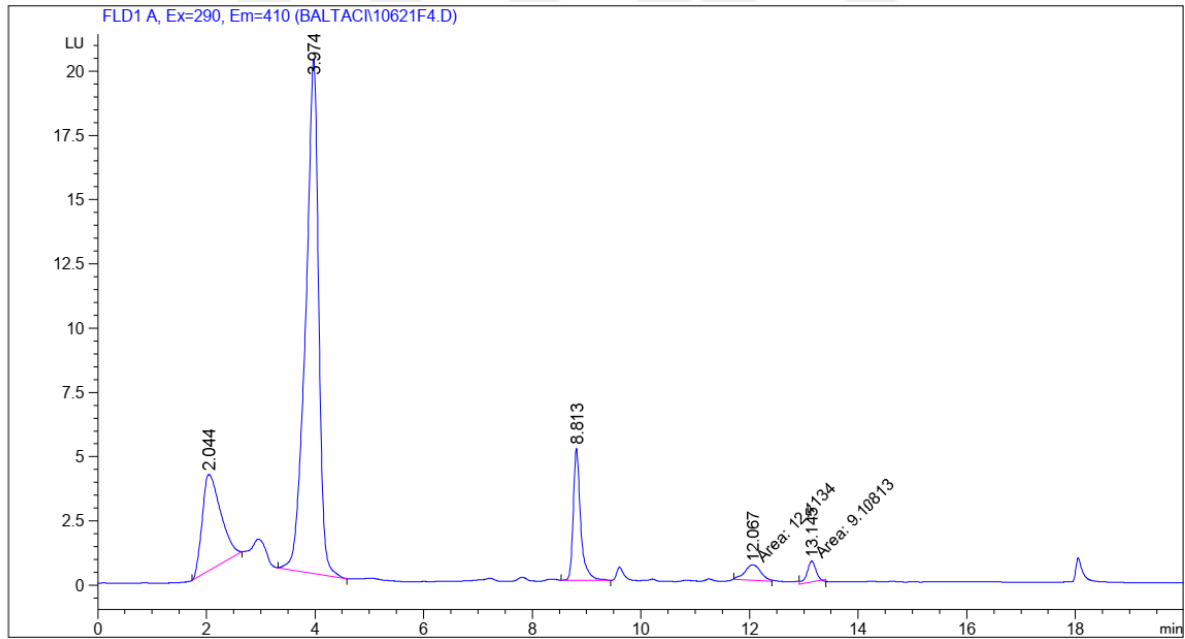
Şekil 6.13. Fındık kabuğu kömürü ızgara 1 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



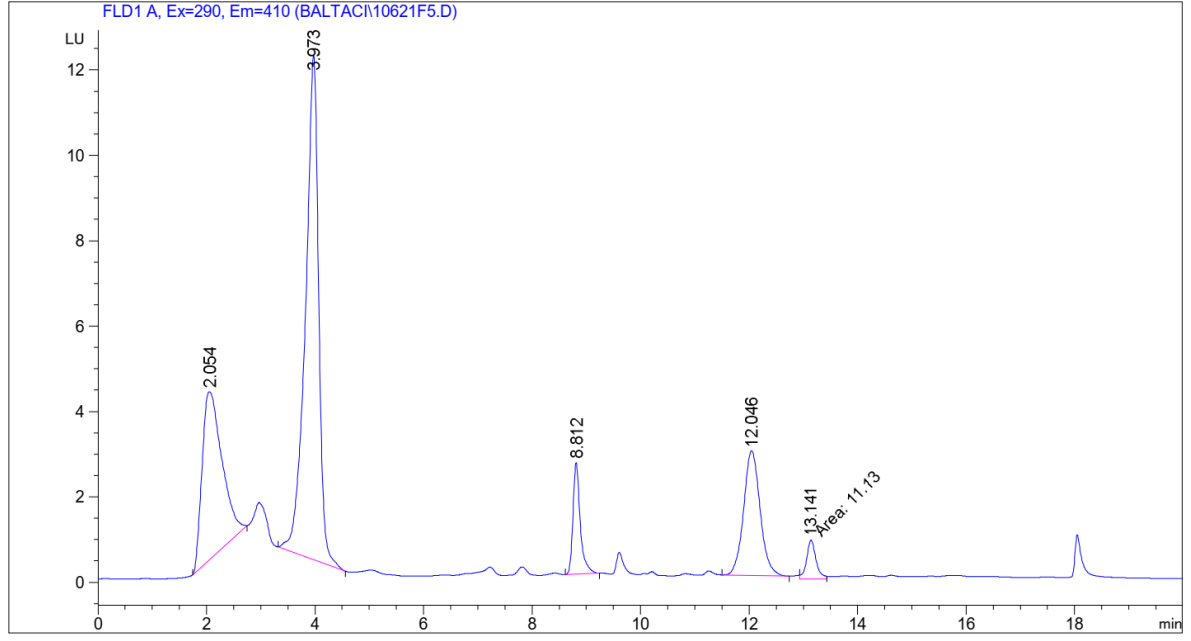
Şekil 6.14. Fındık kabuğu kömürü ızgara 2 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



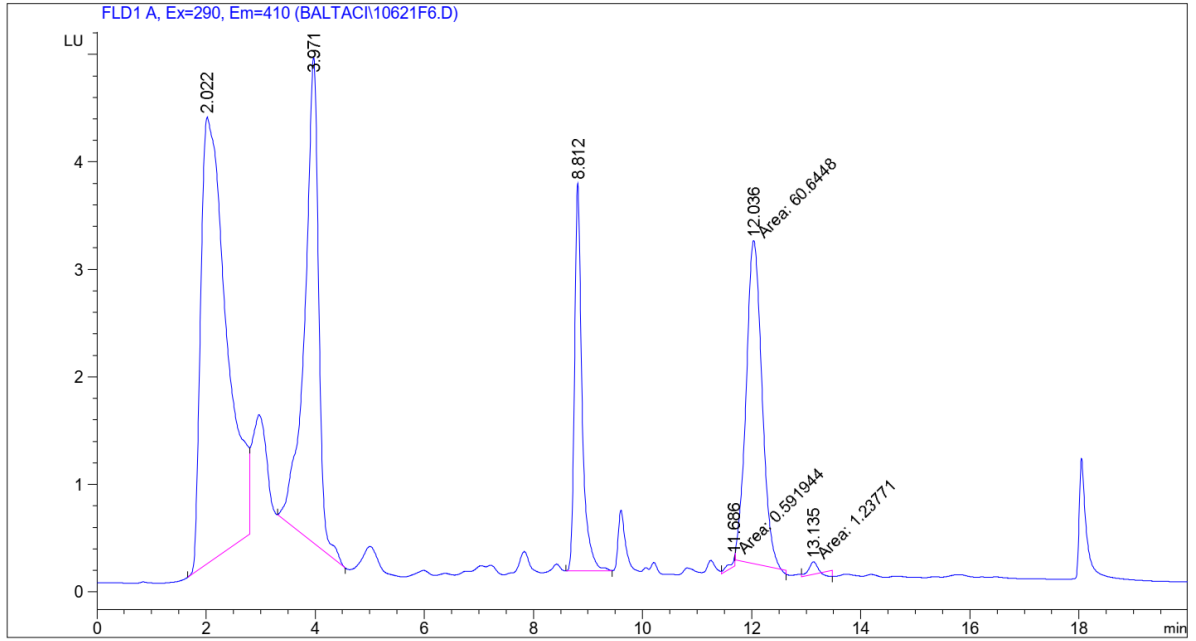
Şekil 6.15. Fındık kabuğu kömürü ızgara 3 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



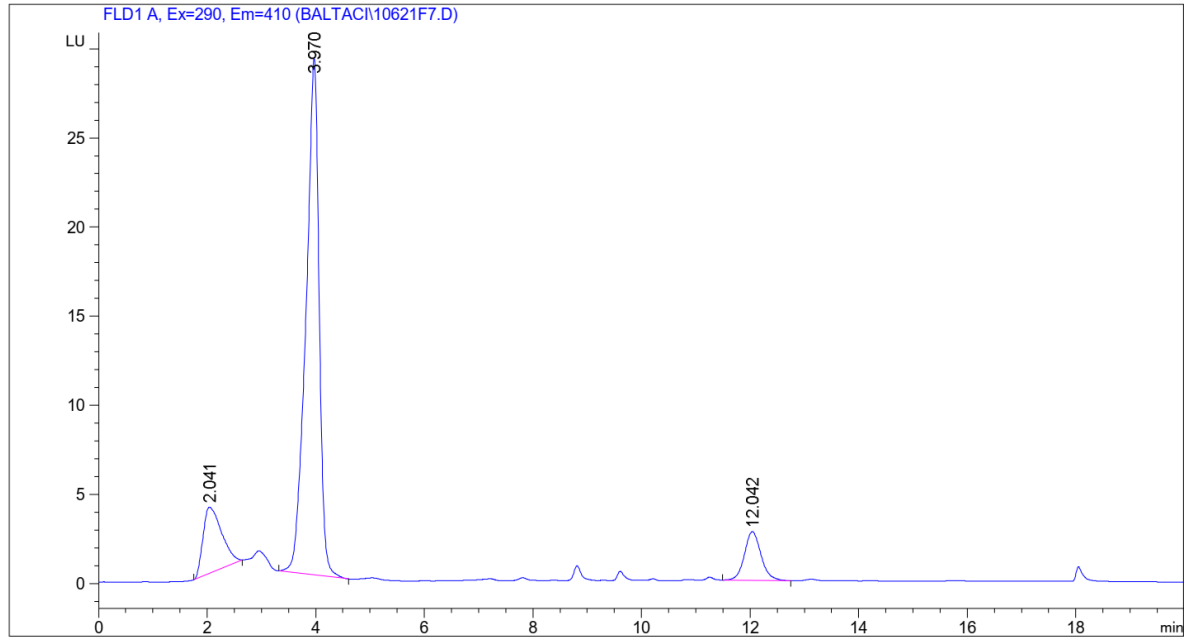
Şekil 6.16. Fındık kabuğu kömürü ızgara 4 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



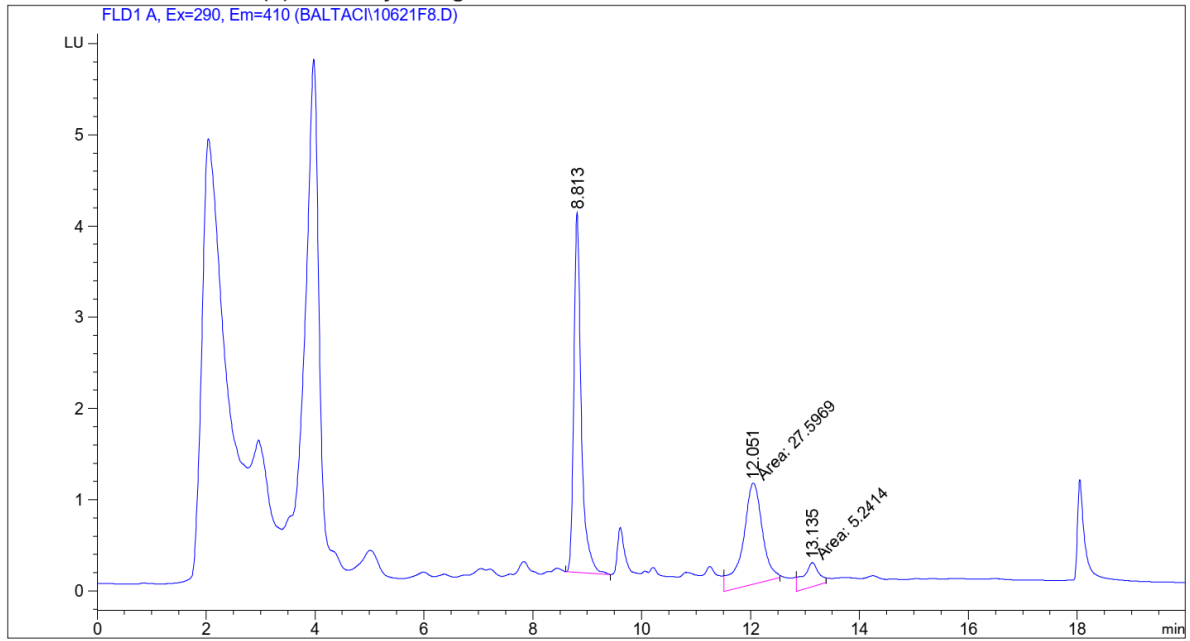
Şekil 6.17. Fındık kabuğu kömürü ızgara 5 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



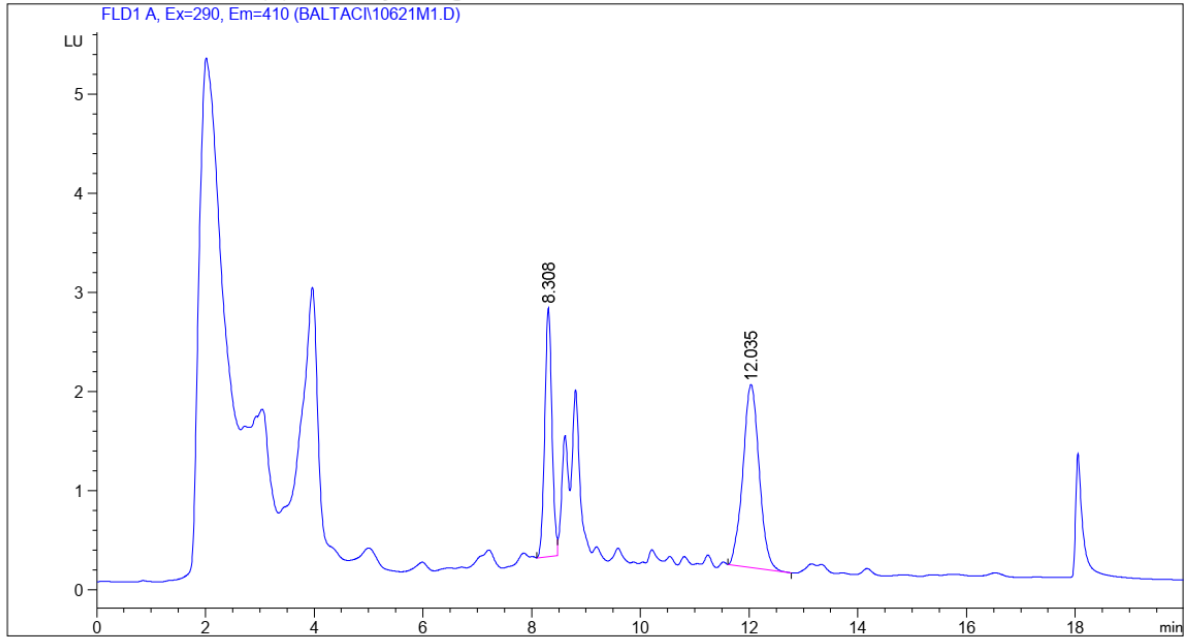
Şekil 6.18. Fındık kabuğu kömürü ızgara 6 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



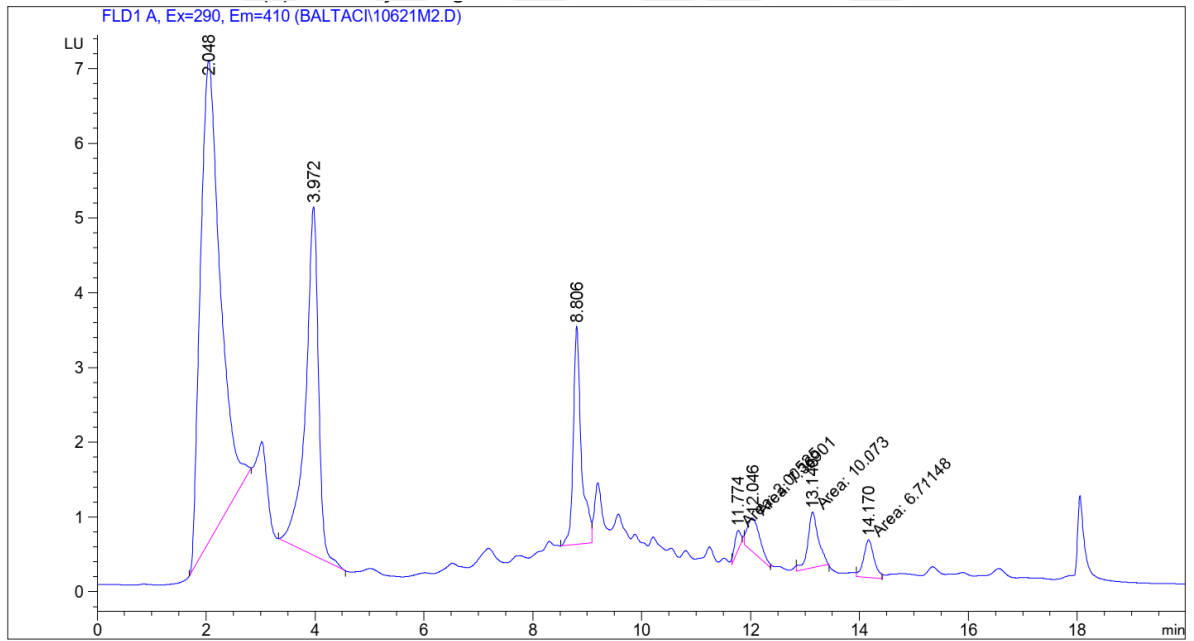
Şekil 6.19. Fındık kabuğu kömürü ızgara 7 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



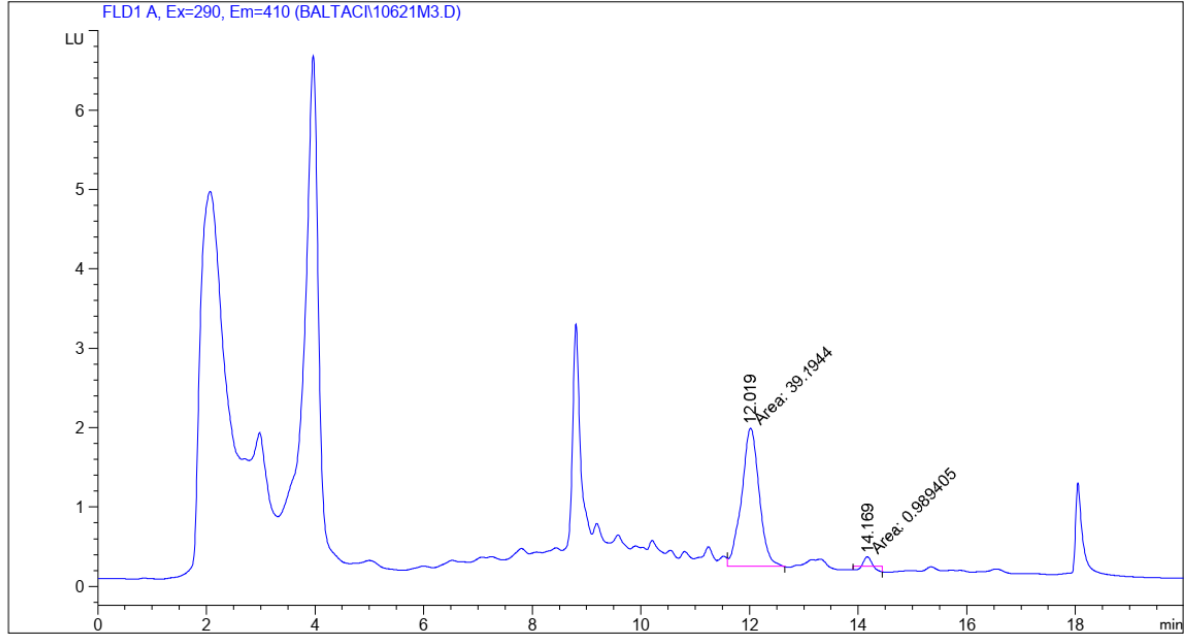
Şekil 6.20. Fındık kabuğu kömürü ızgara 8 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



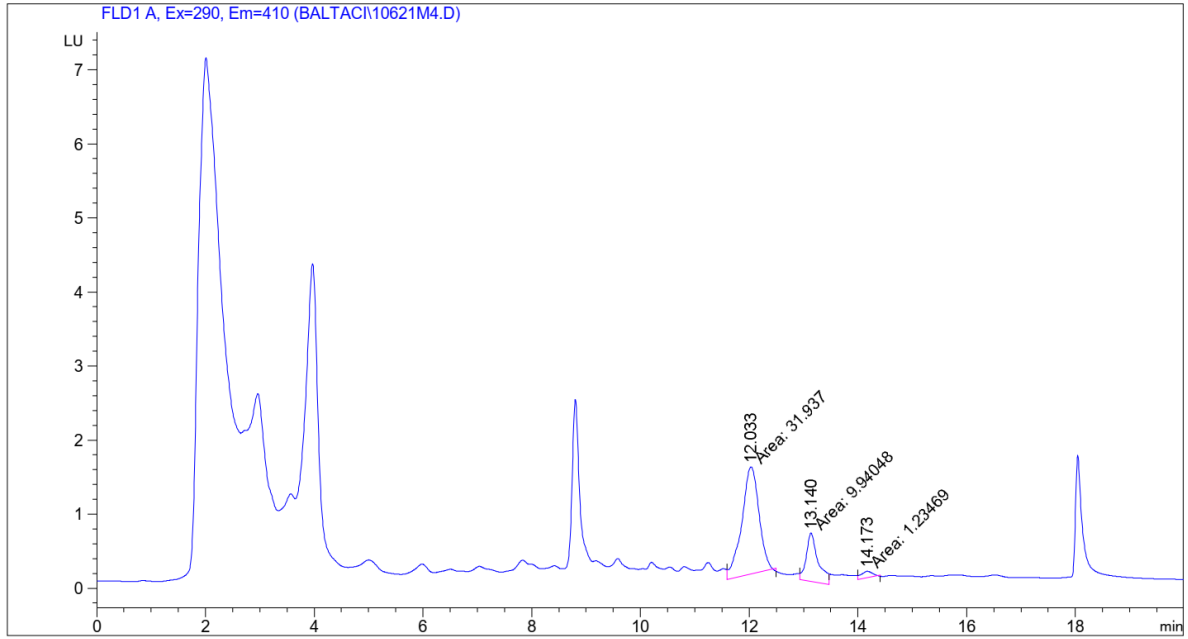
Şekil 6.21. Fırın ızgara 1 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



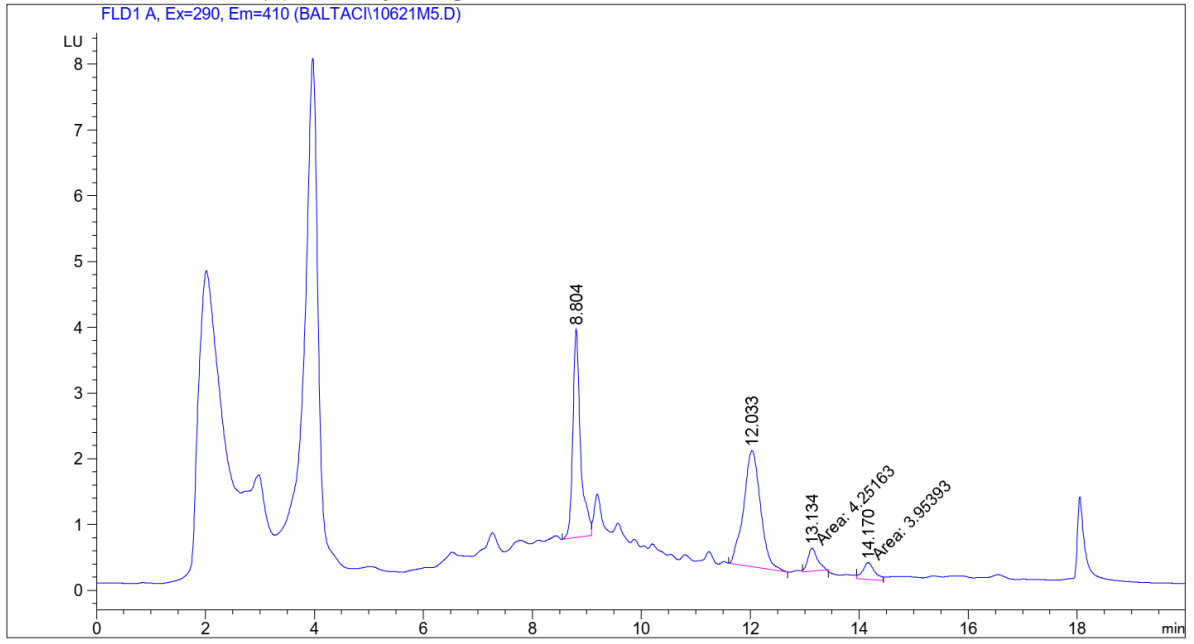
Şekil 6.22. Fırın ızgara 2 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



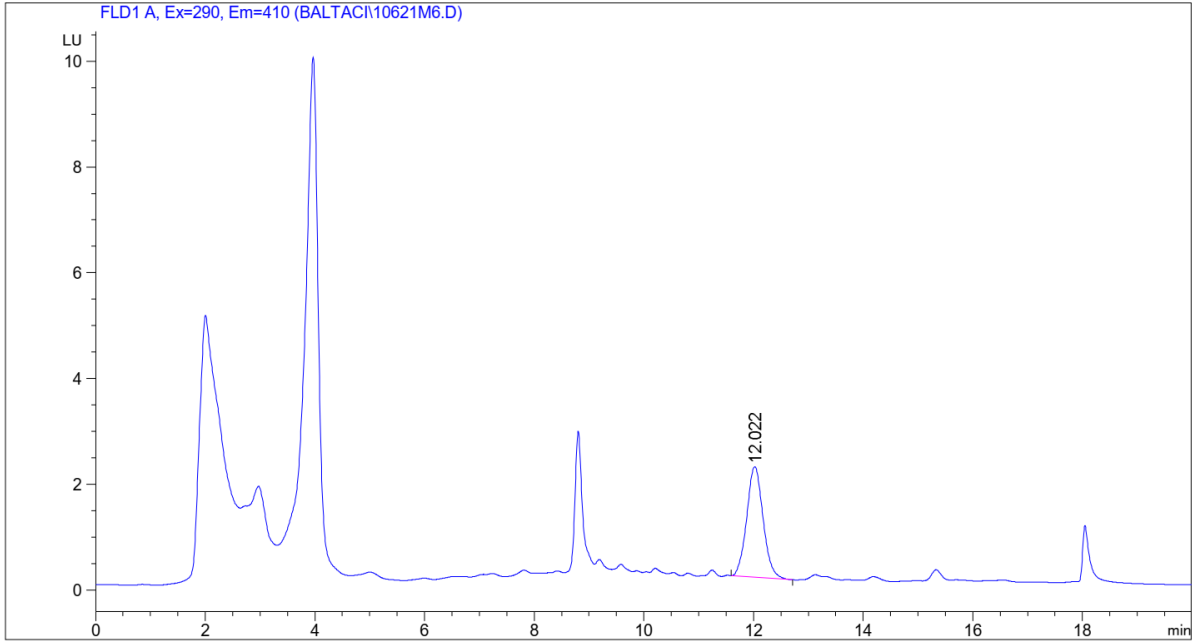
Şekil 6.23. Fırın ızgara 3 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



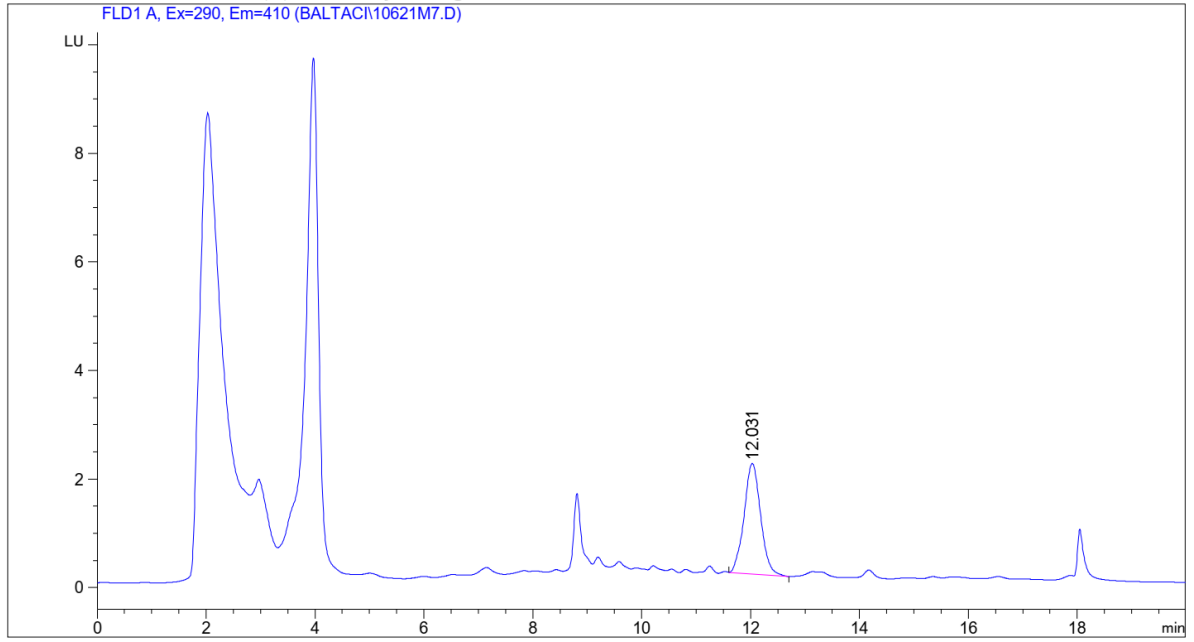
Şekil 6.24. Fırın ızgara 4 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



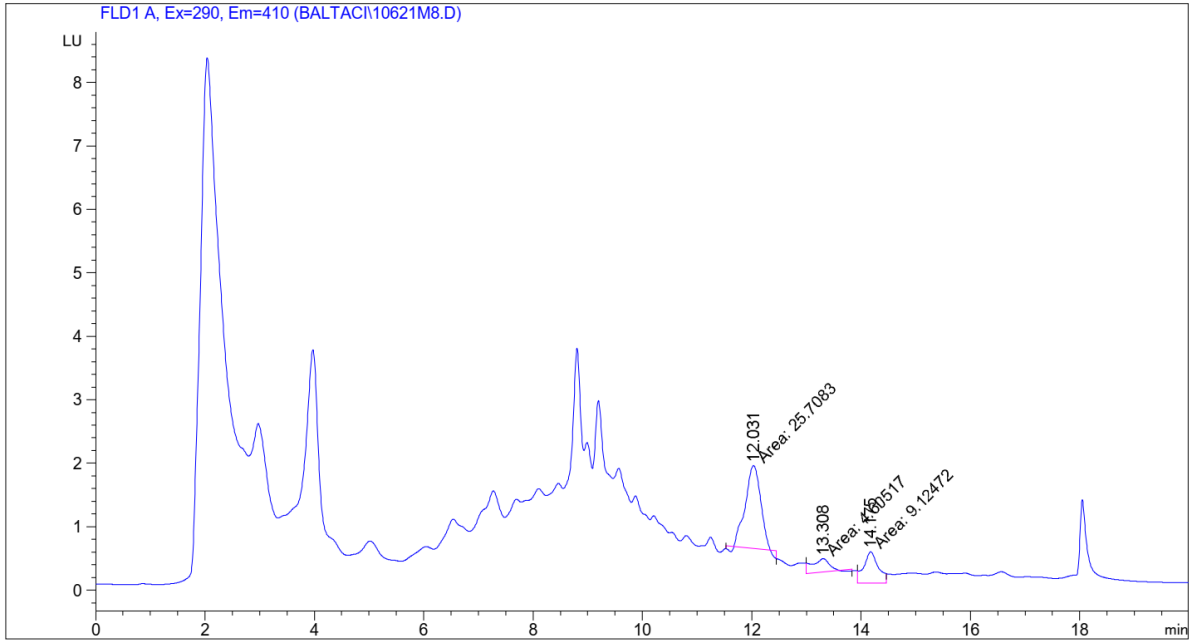
Şekil 6.25. Fırın ızgara 5 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



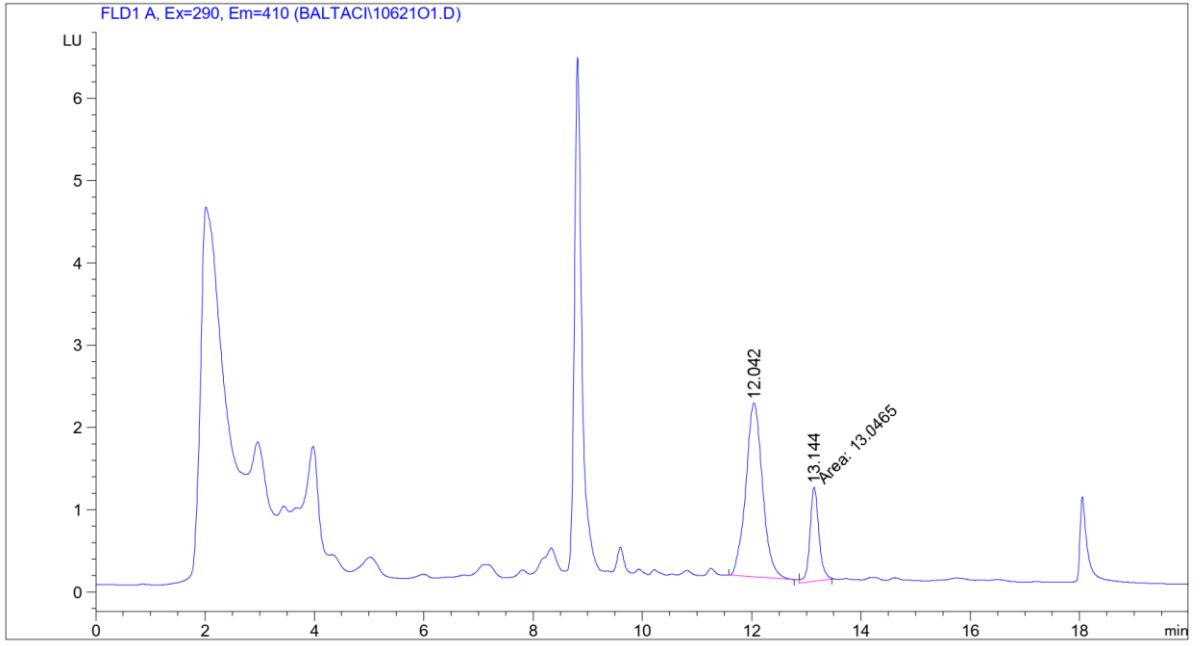
Şekil 6.26. Fırın ızgara 6 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



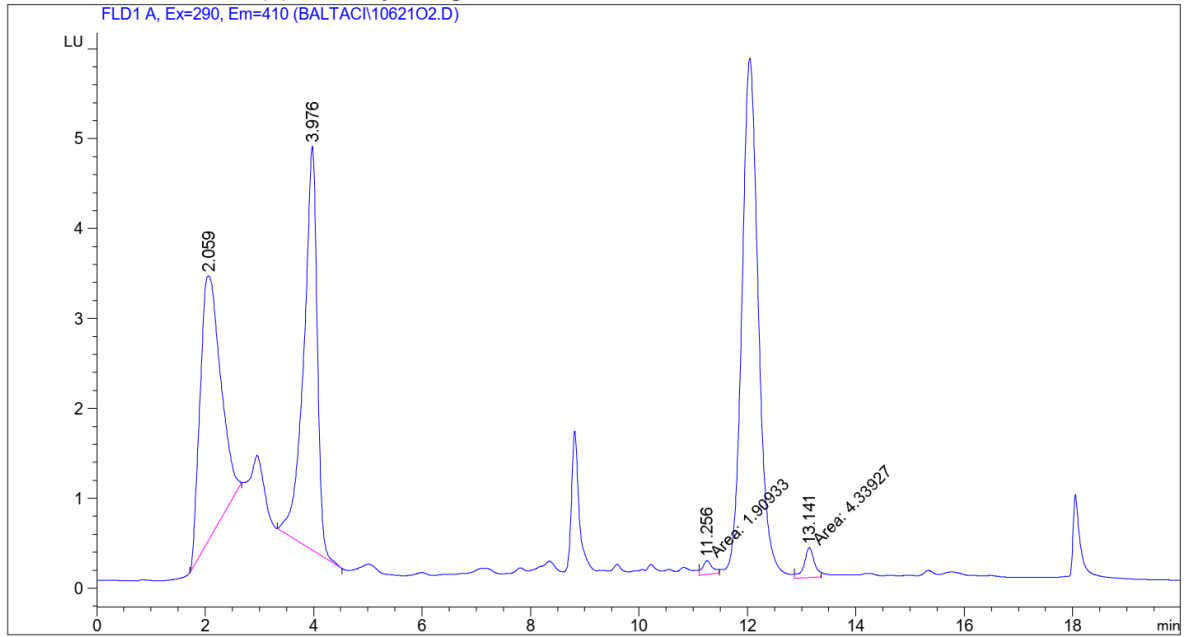
Şekil 6.27. Fırın ızgara 7 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



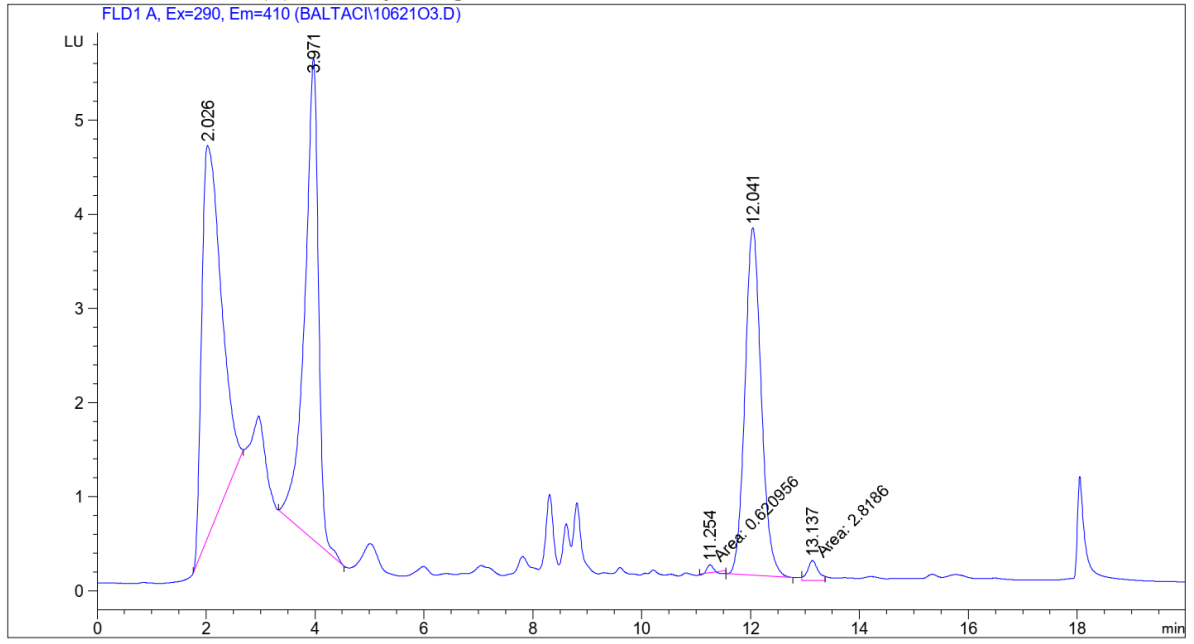
Şekil 6.28. Fırın ızgara 8 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



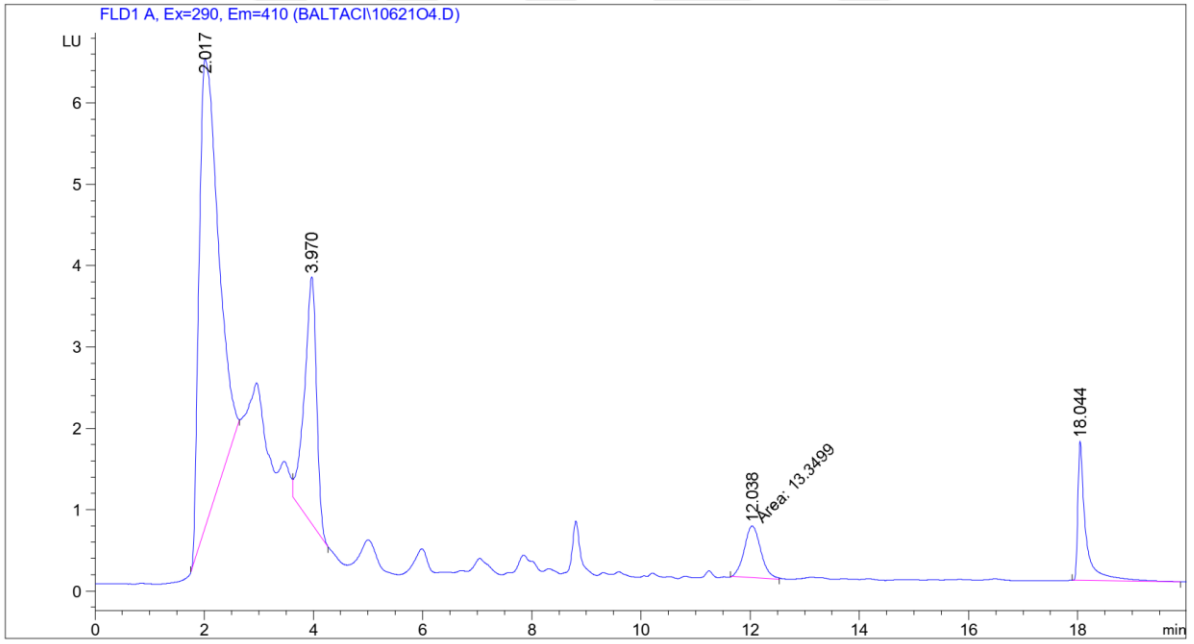
Şekil 6.29. Odun kömürü ızgara 1 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



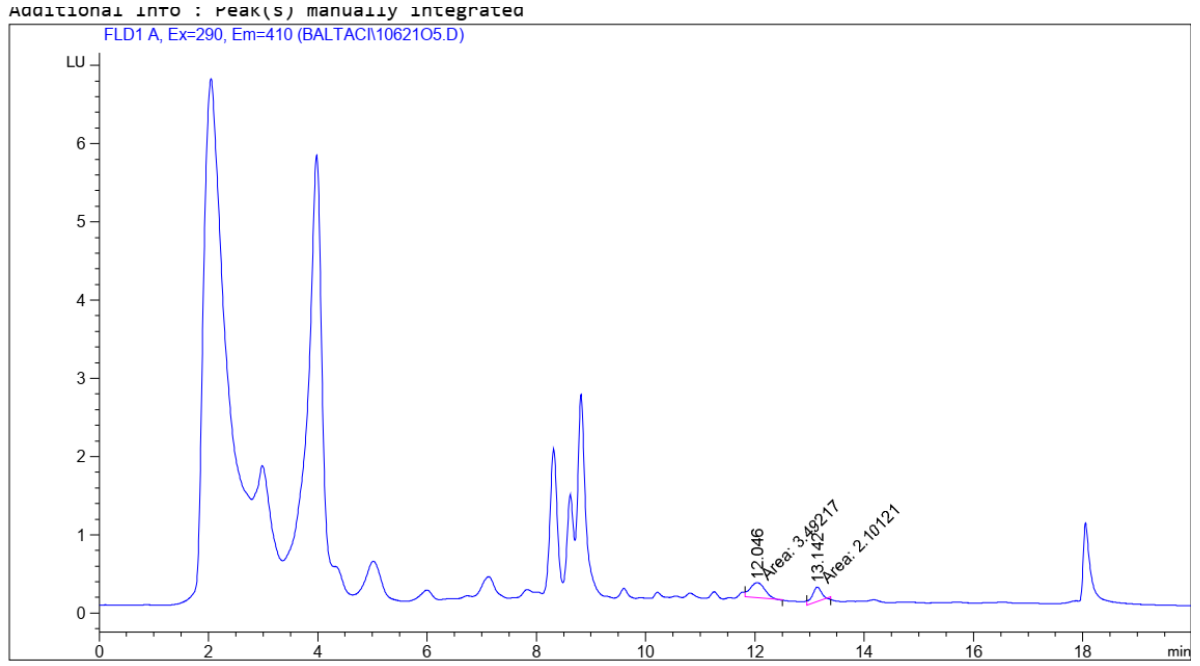
Şekil 6.30. Odun kömürü ızgara 2 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



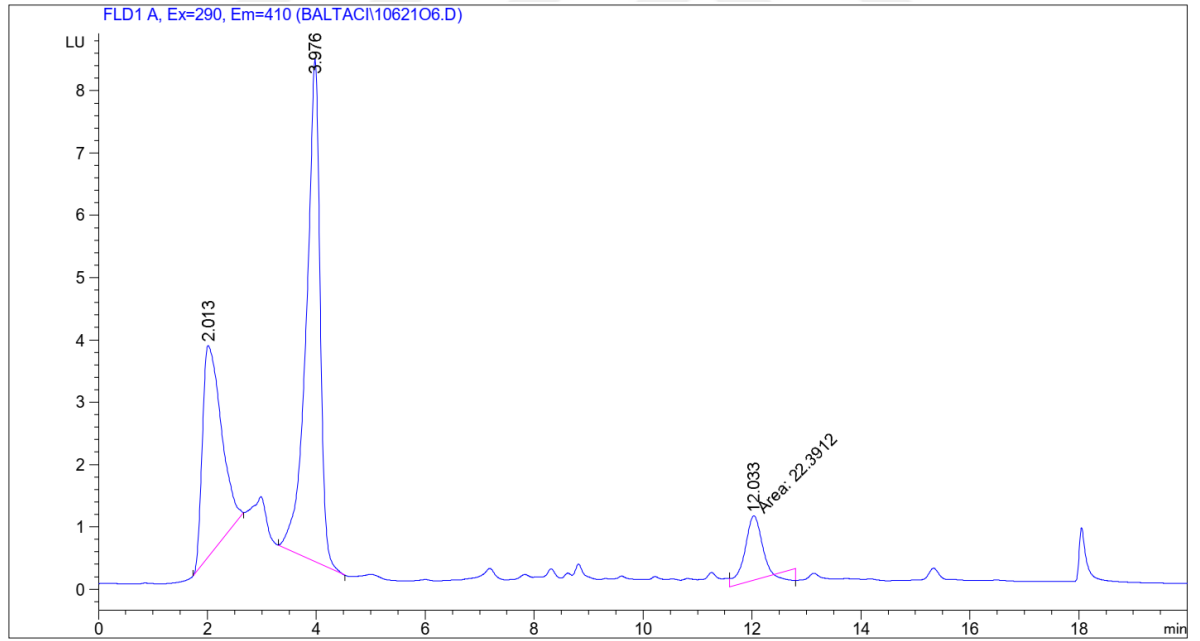
Şekil 6.31. Odun kömürü ızgara 3 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



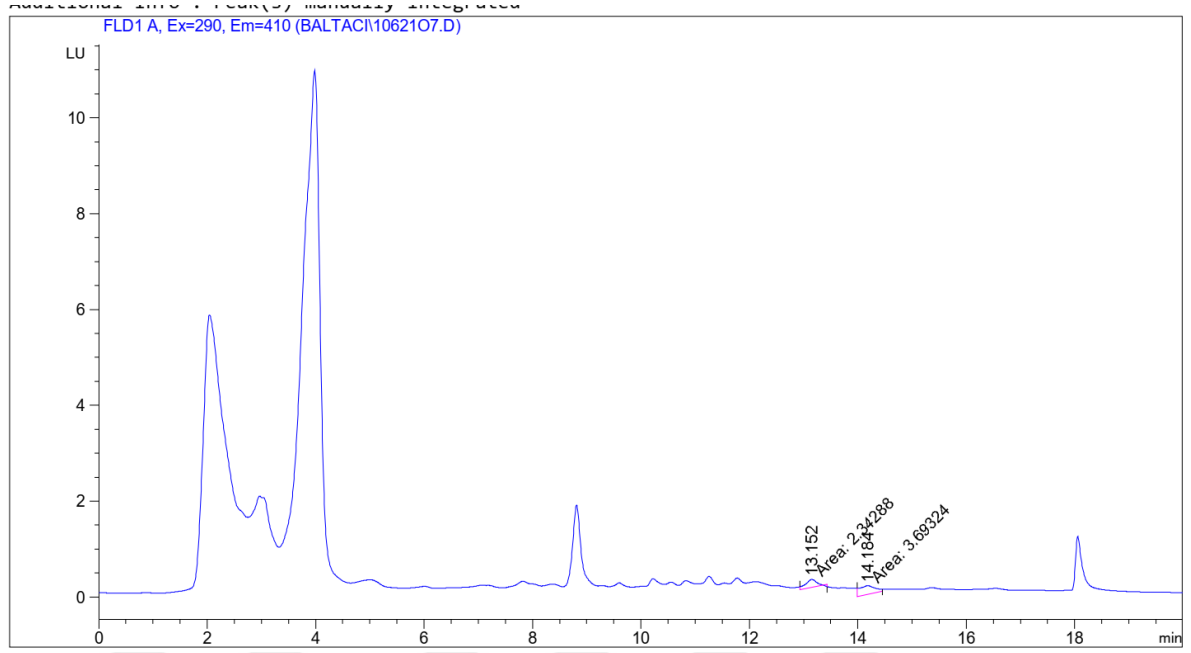
Şekil 6.32. Odun kömürü ızgara 4 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



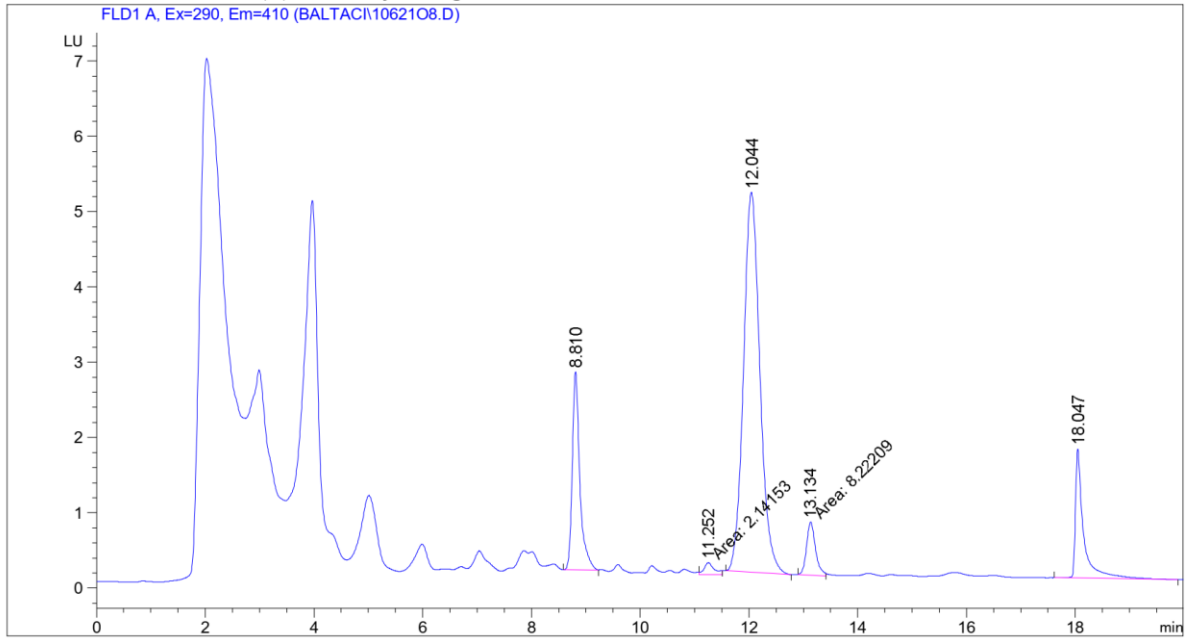
Şekil 6.33. Odun kömürü ızgara 5 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



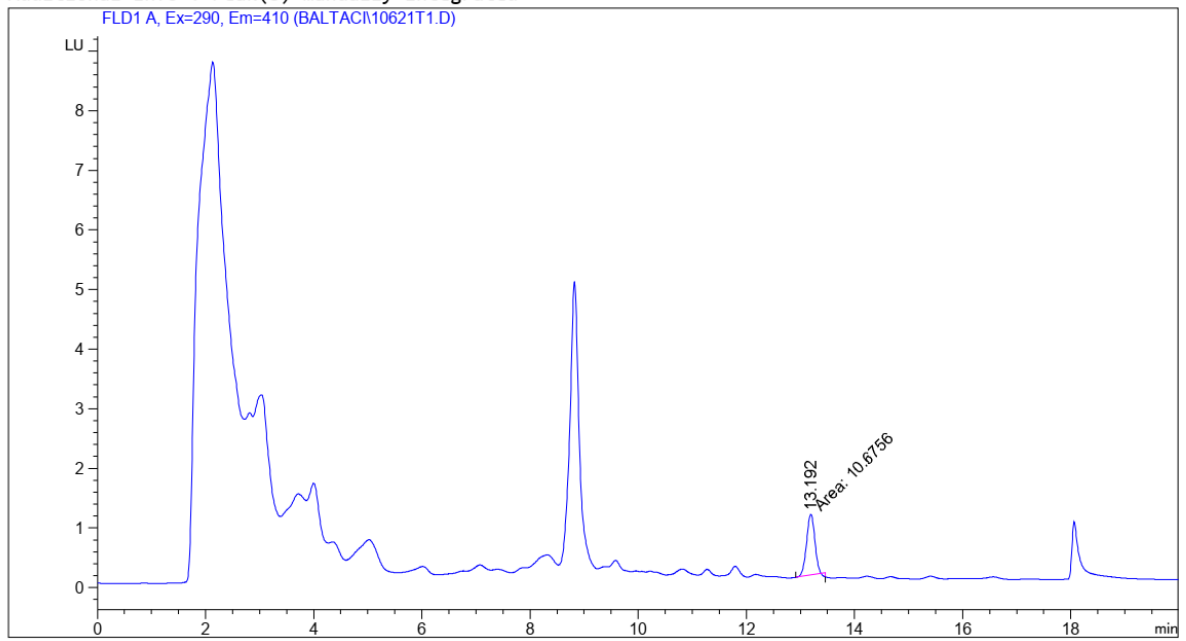
Şekil 6.34. Odun kömürü ızgara 6 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



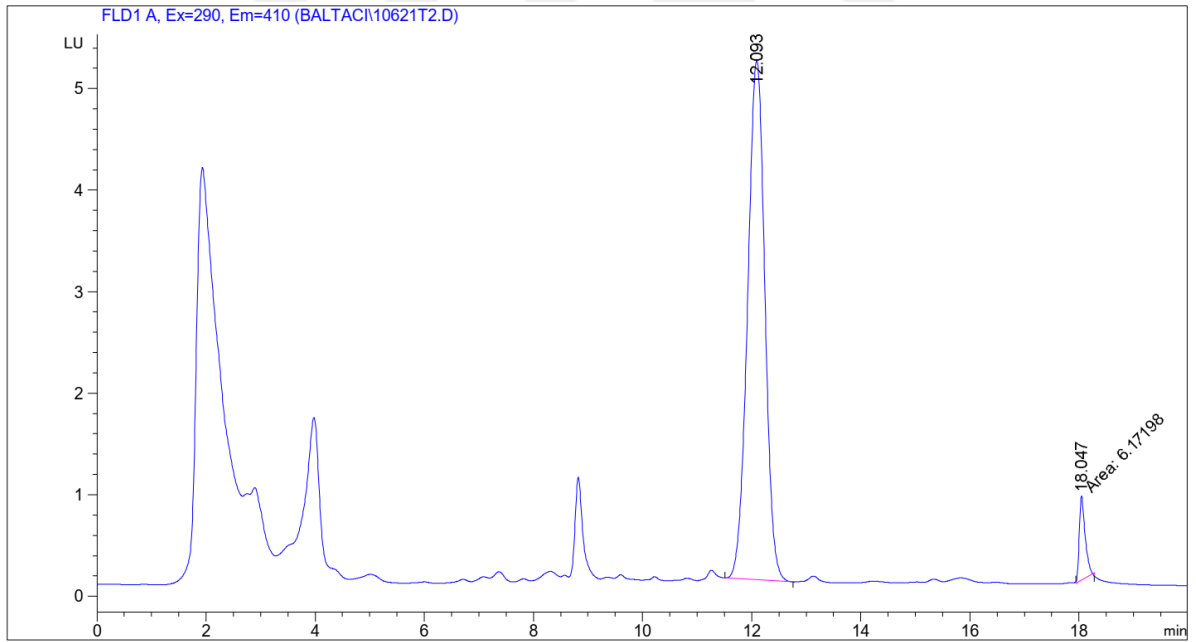
Şekil 6.35. Odun kömürü ızgara 7 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



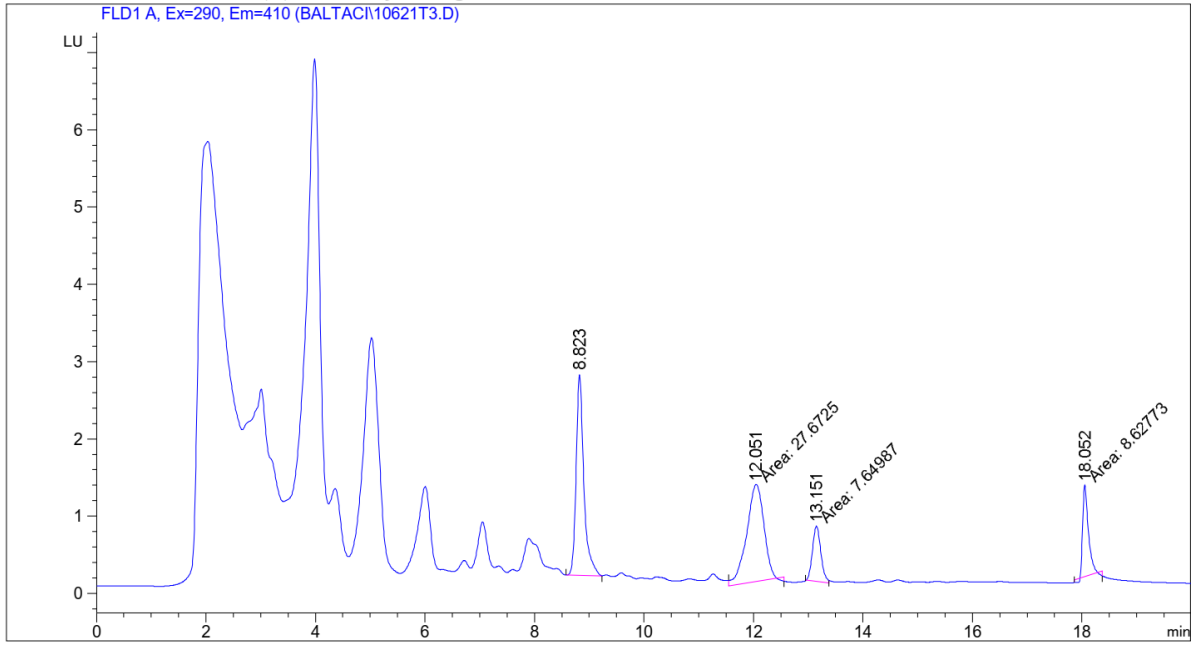
Şekil 6.36. Odun kömürü ızgara 8 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



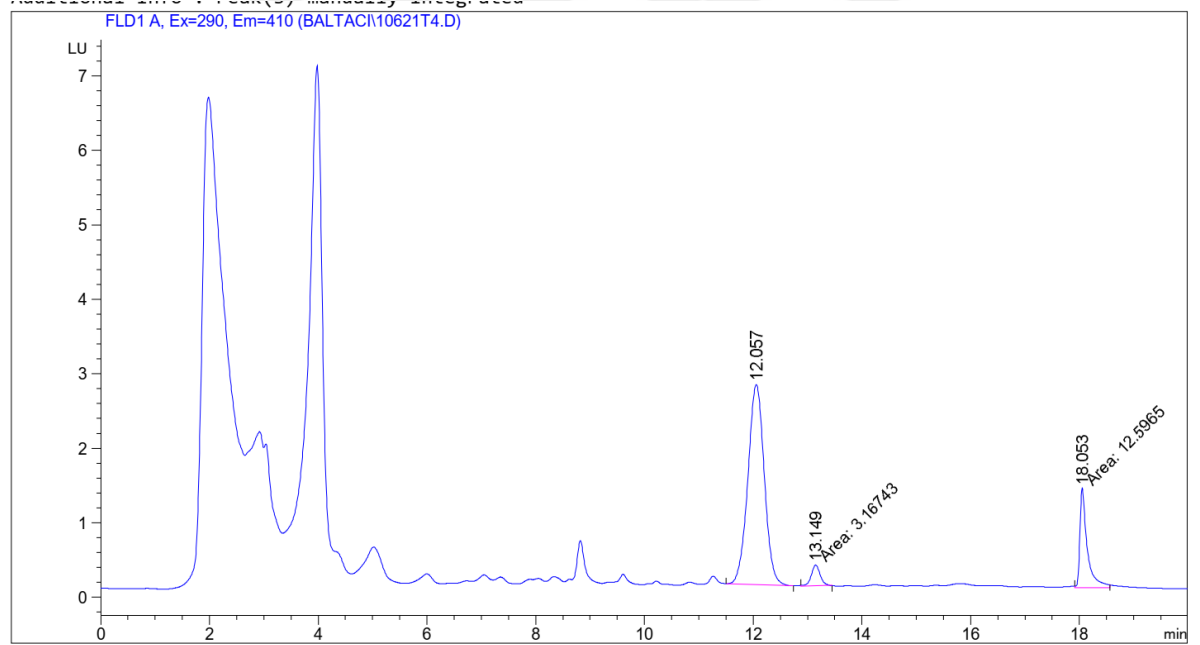
Şekil 6.37. Tava ızgara 1 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



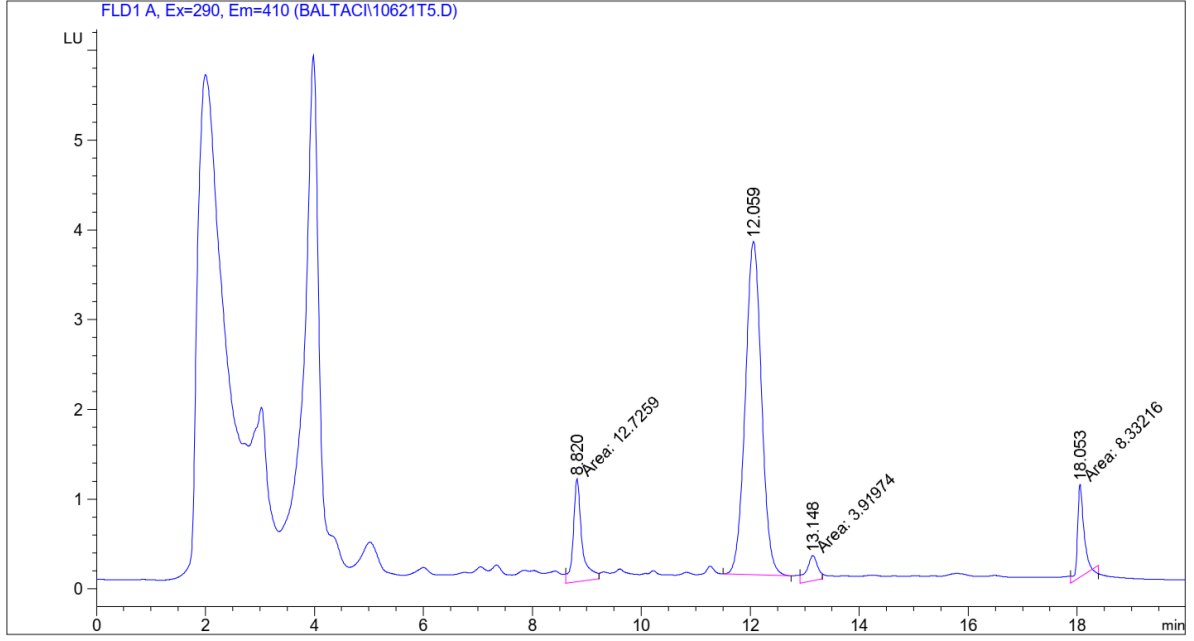
Şekil 6.38. Tava ızgara 2 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



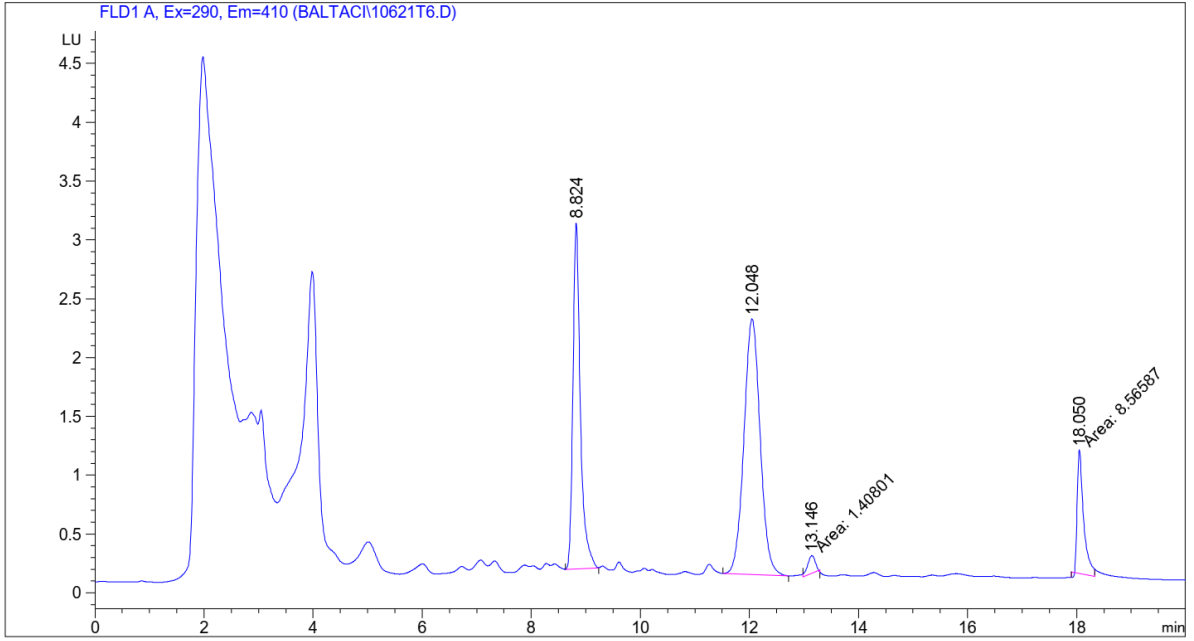
Şekil 6.39. Tava ızgara 3 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



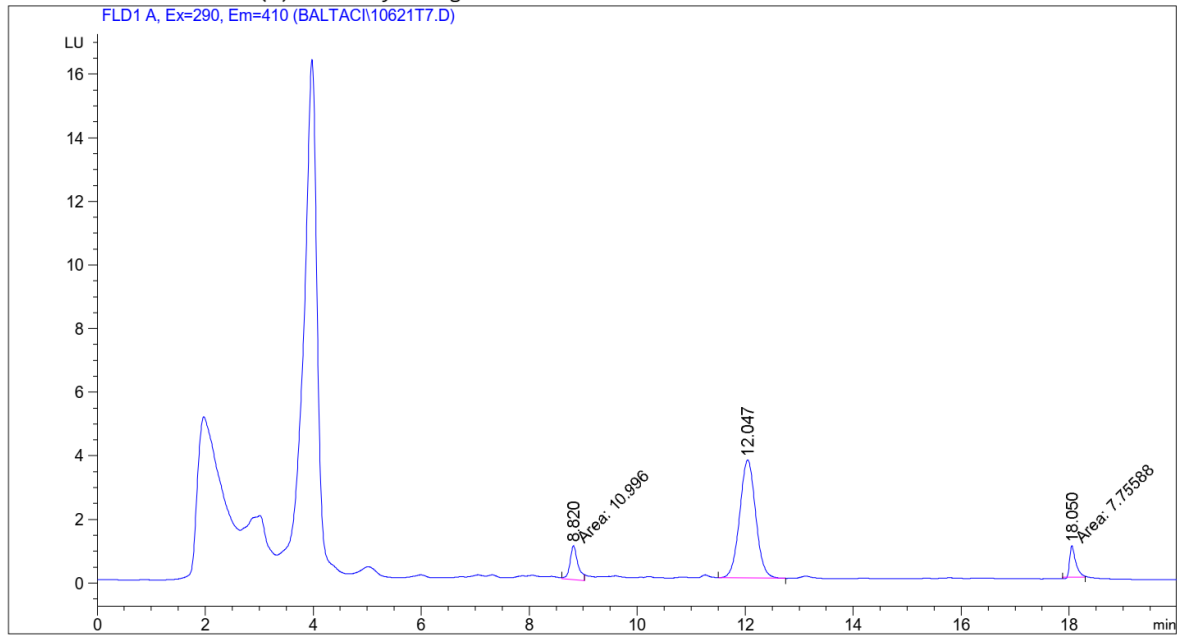
Şekil 6.40. Tava ızgara 4 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



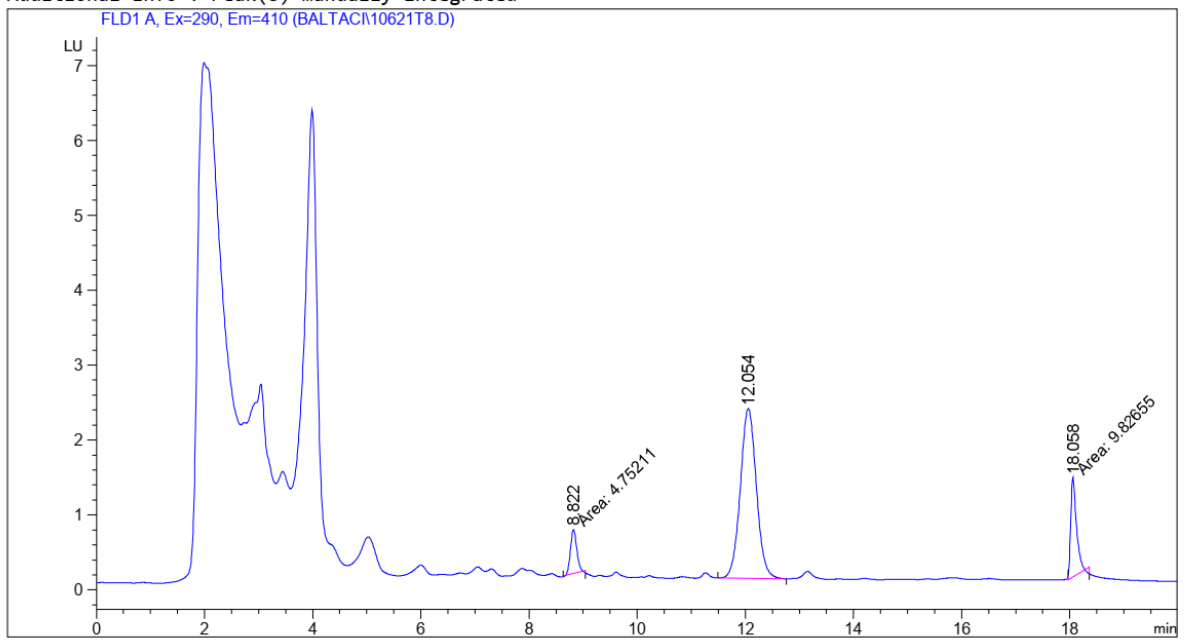
Şekil 6.41. Tava ızgara 5 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



Şekil 6.42. Tava ızgara 6 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



Şekil 6.43. Tava ızgara 7 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki



Şekil 6.44. Tava ızgara 7 kodlu örneğin HPLC-FLD cihazında piki

ÖZGEÇMİŞ

İlköğretimini 100. Yıl İlköğretim okulunda lise eğitimini Trabzon Lisesinde tamamladıktan sonra 2010 yılında Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümüne giriş yaparak eğitimini 2015 yılında bitirdi. Yüksek öğretimini bitirdikten sonra KPSS için hazırlık ve sınav sürecini geçirip 2016 yılında iş hayatına Ankara’da bir catering firmasında başladı. Yaklaşık bir yıllık iş deneyimi ardından 2017 yılında ise Tarım ve Orman Bakanlığı Akçaabat İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğüne gıda mühendisi olarak atandı. 2018 yılında Gümüşhane üniversitesi gıda mühendisliği yüksek lisans programına başvurusu kabul edildi ve halen yüksek lisans öğrencisi olarak tez çalışmalarına devam etmektedir.