



**FARKLI KIZARTMA YAĞLARI KULLANILARAK
DERİN YAĞDA KIZARTILAN KÖFTELERDE OLUŞAN
HETEROSİKLİK AROMATİK AMİNLER İLE KÖFTELERİN
VE KIZARTMA YAĞLARININ YAĞ ASİDİ
KOMPOZİSYONLARINDAKİ DEĞİŞİMLERİN
BELİRLENMESİ**

Elif EKİZ

**Yüksek Lisans Tezi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

Doç. Dr. Fatih ÖZ

2017

Her hakkı saklıdır

**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI KIZARTMA YAĞLARI KULLANILARAK DERİN
YAĞDA KIZARTILAN KÖFTELERDE OLUŞAN HETEROSİKLİK
AROMATİK AMİNLER İLE KÖFTELERİN VE KIZARTMA
YAĞLARININ YAĞ ASİDİ KOMPOZİSYONLARINDAKİ
DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ**

Elif EKİZ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2017**

Her hakkı saklıdır



TEZ ONAY FORMU

**FARKLI KIZARTMA YAĞLARI KULLANILARAK DERİN YAĞDA KIZARTILAN
KÖFTELERDE OLUŞAN HETEROSİKLİK AROMATİK AMİNLER İLE KÖFTELER VE
KIZARTMA YAĞLARININ YAĞ ASİDİ KOMPOZİSYONUNDAKİ DEĞİŞİMLERİN
BELİRLENMESİ**

Doç. Dr. Fatih ÖZ danışmanlığında, Elif EKİZ tarafından hazırlanan bu çalışma, 29/05/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Gıda Mühendisliği Bilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (3./3.)** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Fatih ÖZ

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim GÜLSEREN

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun **15./06/2017** tarih ve **24./33** nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI KIZARTMA YAĞLARI KULLANILARAK DERİN YAĞDA KIZARTILAN KÖFTELERDE OLUŞAN HETEROSİKLİK AROMATİK AMİNLER İLE KÖFTELERİN VE KIZARTMA YAĞLARININ YAĞ ASİDİ KOMPOZİSYONLARINDAKİ DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ

Elif EKİZ

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fatih ÖZ

Araştırmada derin yağda kızartılan köftelerde, farklı kızartma yağlarının (ayçiçek yağı, fındık yağı, karışım yağı, kanola yağı, mısır yağı, riviera zeytinyağı ve natürel sızma zeytinyağı) heterosiklik aromatik aminlerin (HAA) oluşumu üzerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca köftelerde ve yağlarda çeşitli kalite kriter analizleri de yapılmıştır. Isıl işlem görmemiş köftelerde; su, pH, ham yağ ve yağ asidi kompozisyonu ve lipid oksidasyon (TBARS) analizleri, farklı kızartma yağları kullanarak derin yağda kızartılan köftelerde; su, pH, ham yağ ve yağ asidi kompozisyonu ve TBARS analizlerine ilaveten pişirme kaybı ve HAA analizleri, kızartma yağlarında ise; derin yağda kızartma öncesi ve sonrası yağ asidi kompozisyonu analizleri yapılmıştır. Örneklerin yağ asidi kompozisyonlarının belirlenmesinde GC-FID cihazı, HAA içeriklerinin belirlenmesinde ise HPLC-DAD cihazı kullanılmıştır.

Araştırma sonucunda beklenildiği gibi et, et yağı, ısıl işlem görmemiş köfteler ve derin yağda kızartılan köftelerin tamamında doymuş yağ asidi içeriğinin büyük bir çoğunluğunun palmitik asit ve stearik asit olduğu, tekli doymamış yağ asitlerinin büyük bir çoğunluğunun oleik asit olduğu ve çoklu doymamış yağ asitlerinin ise büyük bir çoğunluğunun linoleik asit olduğu belirlenmiştir. Farklı yağlar kullanarak derin yağda kızartma işlemi, beklenildiği gibi köftelerin su içeriğinde azalmaya, pH ve TBARS değerlerinde ise artışa neden olmuştur. Kullanılan kızartma yağlarının; köftelerin su içeriği, pH değeri, yağ asidi kompozisyonu, TBARS değeri ve toplam HAA içeriği üzerine çok önemli ($p<0,01$) ve pişirme kaybı üzerine önemli ($p<0,05$) etkisi belirlenirken, köftelerin yağ içeriği üzerine ise önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Derin yağda kızartılan örneklerde sadece MeIQx bileşiği belirlenmiş, analizi yapılan diğer HAA'lar ise tespit edilebilir sınırın altında kalmıştır. Örneklerin toplam HAA içeriğinin 30,43-43,71 ng/g arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük toplam HAA içeriği fındık yağında kızartılmış örneklerde belirlenirken, en yüksek toplam HAA içeriği ise karışım yağında kızartılmış örneklerde tespit edilmiştir. Toplam HAA içeriği ile pişirme kaybı arasındaki korelasyon istatistiksel olarak pozitif ve önemli ($p<0,05$) iken, toplam HAA içeriğinin araştırmada yapılan diğer analizler ile olan korelasyonu ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).

2017, 150 sayfa

Anahtar Kelimeler: Et, köfte, derin yağda kızartma, yağ asidi kompozisyonu, lipid oksidasyonu, heterosiklik aromatik amin

ABSTRACT

DETERMINATION OF HETEROCYCLIC AROMATIC AMINES FORMED IN DEEP-FAT FRIED MEATBALLS USED DIFFERENT FRYING OILS AND THE CHANGES IN FATTY ACID COMPOSITIONS OF MEATBALLS AND FRYING OILS

Elif EKİZ

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Fatih ÖZ

In the present study, the effects of different frying oils (sunflower oil, hazelnut oil, canola oil, commercially mixed oil, corn oil, riviera olive oil and virgin olive oil) on formation of heterocyclic aromatic amines (HCAs) in deep-fat fried meatballs. In addition, some quality criteria analyses in meatballs and oils were also determined. While water, pH, crude fat and fatty acid composition and lipid oxidation (TBARS) analyses were done in raw meatballs, not only water, pH, crude fat and fatty acid composition and TBARS analyses but also cooking loss and HCAs analyses were also done in deep-fat fried meatballs used different frying oils. For frying oils, only fatty acid composition analyses were done before and after deep-fat frying. GC-FID and HPLC-DAD were used for the analyses of fatty acid composition and HCAs, respectively.

As a result, as expected, in the meat, intramuscular fat, raw meatballs and deep-fat fried meatballs, dominant saturated fatty acids were palmitic and stearic acids, while dominant monounsaturated fatty acid and polyunsaturated fatty acid were oleic acid and linoleic acid, respectively. Deep-fat frying of meatballs used different frying oils caused, as expected, a reduction in water content of the meatballs, while pH and TBARS values increased.

Frying oils used for deep-fat frying had very significant effect ($p < 0,01$) on water content, pH, fatty acid composition, TBARS value and total HCAs content of the meatballs, while they had significant effect ($p < 0,05$) on cooking loss of the meatballs. On the other hand, frying oils had no any effect ($p > 0,05$) on crude fat content of the samples. Only MeIQx content was detected in deep-fat fried samples, whereas other HCAs analysed in the present study could not be determined (under limit of detection). It was determined that total HCAs amount of the samples ranged between 30,43 and 43,71 ng/g. The lowest total HCAs content belonged to the samples fried in hazelnut oil, while the highest total HCAs content belonged to the samples fried in commercially mixed oil. The correlation between the total HCAs content and cooking loss was statistically positive and important ($p < 0,05$), while the other correlations of total HCAs content with other analyses in the present study were not significantly important ($p > 0,05$).

2017, 150 pages

Keywords: Meat, meatball, deep-fat frying, fatty acid composition, lipid oxidation, heterocyclic aromatic amine

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmanın her anında desteğini, üstün bilgi ve tecrübesini esirgemeyen, hayalime ulaşmamda en büyük katkıyı sağlamış ve sağlamakta olan çok kıymetli Hocam Sayın Doç. Dr. Fatih ÖZ'e en içten teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Araştırmanın yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen ekip arkadaşlarıma ve bütün eğitim hayatım boyunca sabırla yanımda olan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunar ve tezimi kıymetli annem Şerife EKİZ ve babam Mustafa EKİZ'e armağan etmekten gurur duyarım.

Yüksek lisans eğitimim aşamasında, "2210-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt içi Burs Programı" kapsamında beni destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Elif EKİZ

Mayıs, 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	16
3. MATERYAL ve METOT	27
3.1. Materyal.....	27
3.1.1. Hammadde.....	27
3.1.2. Köfte Hamurunun hazırlanması	27
3.1.3. Kimyasallar	27
3.2. Metot	30
3.2.1. Derin yağda kızartma	30
3.2.2. Su içeriğinin belirlenmesi.....	32
3.2.3. Pişirme kaybının belirlenmesi	32
3.2.4. pH değerinin belirlenmesi	32
3.2.5. Lipid oksidasyonunun belirlenmesi.....	32
3.2.6. Ham yağ içeriğinin belirlenmesi	33
3.2.7. Yağ Asidi kompozisyon analizi	33
3.2.8. HAA analizi.....	34
3.2.9. İstatistiki analiz.....	35
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	36
4.1. Köfte Yapımında Kullanılan Et, Et Yağı ve Isıl İşlem Görmemiş Köftelere Ait Çeşitli Analiz Sonuçları.....	36
4.2. Köftelerin Su İçeriği Sonuçları.....	44
4.3. Pişirme Kaybı Sonuçları.....	46
4.4. pH Sonuçları.....	48

4.5. Lipid Oksidasyon Analizi Sonuçları	49
4.6. Yağ Analizi Sonuçları	54
4.7. Yağ Asidi Kompozisyonu Analizi Sonuçları	56
4.7.1. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası ayçiçek yağına ait yağ asidi kompozisyonu sonuçları	57
4.7.2. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası fındık yağına ait yağ asidi kompozisyonu sonuçları	63
4.7.3. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası kanola yağına ait yağ asidi kompozisyonu sonuçları	66
4.7.4. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası karışım yağına ait yağ asidi kompozisyonu sonuçları	71
4.7.5. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası mısır yağına ait yağ asidi kompozisyonu sonuçları	75
4.7.6. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası riviera zeytinyağına ait yağ asidi kompozisyonu sonuçları	80
4.7.7. Derin yağda kızartma öncesi de sonrası natürel sızma zeytinyağına ait yağ asidi kompozisyonu sonuçları	84
4.7.8. Farklı kızartma yağlarının kızartma öncesi ve sonrası yağ asidi kompozisyonlarının karşılaştırması	87
4.7.9. Köftelerin yağ asidi kompozisyonu.....	101
4.8. Heterosiklik Aromatik Amin İçeriği Sonuçları	110
4.8.1. Geri kazanımlar	110
4.8.2. Heterosiklik aromatik amin miktarları	113
4.8.2.a. Örneklerin IQx içeriği	113
4.8.2.b. Örneklerin IQ içeriği	113
4.8.2.c. Örneklerin MeIQx içeriği	114
4.8.2.d. Örneklerin MeIQ içeriği	116
4.8.2.e. Örneklerin 7,8-DiMeIQx içeriği.....	116
4.8.2.f. Örneklerin 4,8-DiMeIQx içeriği	117
4.8.2.g. Örneklerin PhIP içeriği.....	117
4.8.2.h. Örneklerin AaC içeriği.....	118
4.8.2.i. Örneklerin MeAaC içeriği	119

4.8.2.j. Toplam heterosiklik aromatik amin analizi sonuçları	119
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	133
KAYNAKLAR	136
ÖZGEÇMİŞ	151



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AIA	Aminoimidazoazoaren
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
4,7,8-TriMeIQx	2-amino-3,4,7,8-tetrametilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
4,8-DiMeIQx	2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
7,8-DiMeIQx	2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
AαC	2-amino-9H-pirido[2,3- <i>b</i>]indol
dk	Dakika
g	Gram
HAA	Heterosiklik Aromatik Amin
HPLC	Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografi
IQ	2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinolin
IQx	2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
LOD	Tespit edilebilme sınırı
LOQ	Miktarın belirlenebilme sınırı
MeAαC	2-amino-3-metil-9H-pirido[2,3- <i>b</i>]indol
MeIQ	2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinolin
MeIQx	2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
mg	Miligram
nd	Tespit edilemedi
ng	Nanogram
nq	Miktarı belirlenemedi
PhIP	2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5- <i>b</i>]piridin
s	Saniye
TBARS	Tiyobarbitürik asit reaktif maddeler
TED	Tespit edilemeyen düzey (≤ 0.05)
SFA	Doymuş yağ asidi
MUFA	Tekli doymamış yağ asidi
PUFA	Çoklu doymamış yağ asidi
n-3	Omega-3 yağ asitleri

n-6	Omega-6 yağ asitleri
n-9	Omega-9 yağ asitleri



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kızartma işlemi.....	3
Şekil 1.2. Kızartma işlemi esnasında yağda meydana gelen reaksiyonlar.....	7
Şekil 1.3. Kızartma işlemi ile zamana bağlı kimyasal ve fiziksel değişimler.....	7
Şekil 1.4. Lipid oksidasyonunun genel mekanizmaları	9
Şekil 1.5. Lipid oksidasyon mekanizması	10
Şekil 1.6. Yağların termal oksidasyon mekanizmaları	11
Şekil 3.1. Yağların kızartma öncesi ısıtılması	30
Şekil 3.2. Farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin pişirme sıcaklık profilleri	31
Şekil 4.1. Mix stok solüsyonları (10, 7,5, 5, 2,5, 1 ve 0,5 ng/g) HPLC kromatogramları	112
Şekil 4.2. Karışım yağında kızartılan köftelere ait kromatogram	122
Şekil 4.3. Fındık yağında kızartılan köftelere ait kromatogram	122

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Kızartma yağlarının sahip olması gereken özellikler	4
Çizelge 1.2. Mevcut araştırmada kızartma yağı olarak kullanılan çeşitli yağlara ait bazı özellikler	5
Çizelge 1.3. Mevcut araştırmada kızartma yağı olarak kullanılan farklı bitkisel yağlara ait bazı yağ asidi kompozisyonları	6
Çizelge 1.4. Mevcut araştırmada analizi yapılan HAA'ların bazı özellikleri.....	14
Çizelge 4.1. Köfte yapımında kullanılan et, et yağı ve ısıtma işlem görmemiş köftelere ait çeşitli analiz sonuçları	36
Çizelge 4.2. Et, et yağı ve ısıtma işlem görmemiş köftenin yağ asidi kompozisyonu üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları	38
Çizelge 4.3. Et, et yağı ve ısıtma işlem görmemiş köftelerin yağ asidi kompozisyonu ortalamaları ve standart sapmaları.....	39
Çizelge 4.4. Köftelerin su içeriği üzerine derin yağda kızartma işlemi ile farklı kızartma yağları arasındaki varyans analiz sonuçları.....	44
Çizelge 4.5. Isıtma işlem görmemiş ve farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama su içeriği ve standart sapmaları.....	45
Çizelge 4.6. Köftelerin pişirme kaybı üzerine derin yağda kızartma işlemi ve farklı kızartma yağları arasındaki varyans analiz sonuçları.....	46
Çizelge 4.7. Farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama pişirme kaybı değeri ve standart sapmaları	47
Çizelge 4.8. Köftelerin pH değeri üzerine derin yağda kızartma işlemi ve farklı kızartma yağları arasındaki varyans analiz sonuçları.....	48
Çizelge 4.9. Isıtma işlem görmemiş ile farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama pH değerleri ve standart sapmaları	49
Çizelge 4.10. Köftelerin TBARS değeri üzerine derin yağda kızartma işlemi ve farklı kızartma yağları arasındaki varyans analiz sonuçları	51
Çizelge 4.11. Isıtma işlem görmemiş ve farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin TBARS değerleri ve standart sapmaları.....	52

Çizelge 4.12. Köftelerin yağ içeriği üzerine derin yağda kızartma işlemi ve farklı kızartma yağları arasındaki varyans analiz sonuçları.....	55
Çizelge 4.13. Isıl işlem görmemiş köfteler ve farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama ham yağ değeri ve standart sapmaları	55
Çizelge 4.14. Derin yağda kızartma işleminin ayçiçek yağının yağ asidi kompozisyonu üzerine varyans analiz sonuçları	58
Çizelge 4.15. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası ayçiçek yağının ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları	59
Çizelge 4.16. Derin yağda kızartma işleminin fındık yağının yağ asidi kompozisyonu üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları	63
Çizelge 4.17. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası fındık yağının ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları	64
Çizelge 4.18. Derin yağda kızartma işleminin kanola yağının yağ asidi kompozisyonu üzerine varyans analiz sonuçları	67
Çizelge 4.19. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası kanola yağının ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları	68
Çizelge 4.20. Derin yağda kızartma işleminin karışım yağının yağ asidi kompozisyonu üzerine varyans analiz sonuçları	72
Çizelge 4.21. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası karışım yağının ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları	73
Çizelge 4.22. Derin yağda kızartma işleminin mısır yağının yağ asidi kompozisyonu üzerine varyans analiz sonuçları.....	76
Çizelge 4.23. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası mısır yağının ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları	77
Çizelge 4.24. Derin yağda kızartma işleminin riviera zeytinyağının yağ asidi kompozisyonu üzerine varyans analiz sonuçları	80
Çizelge 4.25. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası riviera zeytinyağının ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları	81
Çizelge 4.26. Derin yağda kızartma işleminin naturel sızma zeytinyağının yağ asidi kompozisyonu üzerine varyans analiz sonuçları	84

Çizelge 4.27. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası natürel sızma zeytinyağının ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları	85
Çizelge 4.28. Farklı Kızartma Yağlarının Kızartma Öncesi yağ asidi kompozisyonu üzerine varyans analiz sonuçları.....	88
Çizelge 4.29. Farklı kızartma yağlarının kızartma öncesi ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları	90
Çizelge 4.30. Farklı kızartma yağlarının kızartma sonrası ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları	95
Çizelge 4.31. Isıl işlem görmemiş ve farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin yağ asidi kompozisyonu üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları.....	102
Çizelge 4.32. Isıl işlem görmemiş ve farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları.....	104
Çizelge 4.33. Analizi yapılan HAA'ların geri kazanım, LOD ve LOQ değerleri	111
Çizelge 4.34. Köftelerin HAA değeri üzerine derin yağda kızartma işlemi ve farklı kızartma yağları arasındaki varyans analiz sonuçları.....	120
Çizelge 4.35. Farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin toplam HAA içerikleri ve standart sapmaları.....	120
Çizelge 4.36. Yapılan analizler arasındaki korelasyonlar.....	131

1. GİRİŞ

İnsan gıdası olarak et; sığır, koyun, keçi, domuz, kümes hayvanları, su ürünleri ve çeşitli av hayvanlarının iskelet kası ve iç organlarından, belirli kesim, parçalama ve işleme sonucu elde edilen bir ürün olarak tanımlanırken (Gökalp vd 2004), köfte ise Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği (Tebliğ No: 2012/74)'ne göre; kıyılmış büyükbaş ve küçükbaş hayvanların biri veya birkaçının etlerinin karışımına, istenildiğinde aynı tür hayvanların yağları, lezzet vericiler ile diğer gıda bileşenlerinden biri veya birkaçı ilave edilerek çeşitli şekillerde hazırlanan pişirilmeye hazır kırmızı et karışımı veya pişirilmiş et ürünü olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2012a).

Beslenme açısından et ve et ürünlerinin dört önemli özelliği bulunmaktadır. Bunlar; 1) Protein miktar ve kalitesi, 2) Yağ içeriği, 3) Mineral içeriği, 4) Vitamin içeriğidir (Lawrie 1991). Bu nedenlerden dolayı et tüketimi sağlığımız için gerekli pek çok besin ögesini (esansiyel aminoasitler, esansiyel yağ asitleri, A ve B grubu vitaminler, demir, çinko ve selenyum gibi mineral maddeleri) diyetimize dahil etmektedir. Ayrıca etin içerdiği bazı mikrobileşikler bitkisel kaynaklı gıdalarda ya hiç bulunmamakta ya da çok düşük biyoyararlanıma sahip olmakta, protein bakımından zengin olan etin karbonhidrat bakımından ise fakir olması obezite, diyabet ve çeşitli kanser türlerini tetiklediği belirtilen glisemik indeksi düşük tutmaya da yardım etmektedir (Biesalski 2005).

Yapılan çalışmalar neticesinde yağ tüketiminin çeşitli sağlık problemlerine neden olduğunun kanıtlanmasının ardından, çeşitli sağlık örgütleri (WHO, FAO vb.) ve beslenme otoriteleri günlük alınan enerji düzeyinde yağların payının azaltılması gerektiğini tavsiye etmektedir (WHO 2002). Son zamanlarda yapılan çalışmalar ise gıdaların yağ miktarlarından ziyade, yağ asidi kompozisyonlarının sağlık üzerine daha önemli etkiye sahip olduğunu belirtmektedir (Wood *et al.* 2004). Bu nedenlerden dolayı, dünya çapında gıda ürünlerinin yağ içeriklerinin düşürülmesine ve gıdaların yağ asidi kompozisyonlarında iyileştirmelere yönelik çalışmalar hız kazanmıştır (Öz 2017a).

Yağlar; uzun zincirli karboksilli yağ asitlerinin, gliserin ile esterleşerek meydana getirdiği trigliseridler olarak tanımlanırken (Sarıkaya 2010), bitkisel yağlar ise Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı İle Anılan Yağlar Tebliği (2012/29)'ne göre; sadece bitkisel kaynaklardan elde edilen, temel olarak yağ asitleri gliseridlerinden oluşan, yapısı gereği az miktarda fosfatidler gibi diğer lipidleri, sabunlaşmayan bileşenleri ve serbest yağ asitlerini içerebilen yağlar olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2012b). Yağ asitleri çift bağ içermeleri durumuna göre; doymuş ve doymamış yağ asidi olarak, ayrıca insan vücudunda sentezlenebilme durumuna göre de; elzem (esansiyel=temel) ve elzem olmayan yağ asitleri olarak sınıflandırılmaktadır (Anonim 2006). Doymuş yağ asitleri; karbon-karbon atomları arasında tek bir kovalent bağ içeren (-C-C-) ve oda sıcaklığında genellikle katı olan yağ asitleri olarak, doymamış yağ asitleri ise; karbon zinciri üzerinde çeşitli konumlarda, karbon-karbon atomları arasında bir veya birden fazla kovalent çift bağ içeren yağ asitleri olarak tanımlanmaktadır (Nas vd 2001).

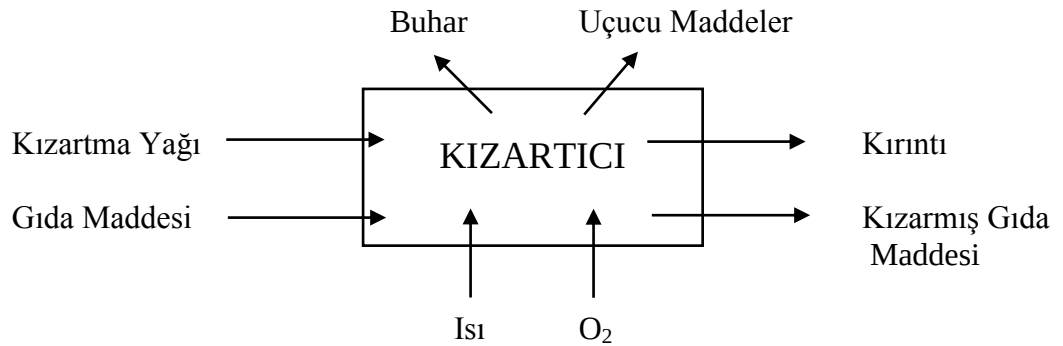
İnsan beslenmesinde yağların özel bir yeri bulunmaktadır. Yemek pişirme esnasında gıdalara, ilave ısı transfer ortamı sağlayan yağlar, aynı zamanda gıdalara lezzet, sululuk, iştah artırıcı ve sindirimi hızlandırıcı gibi fonksiyonlar da kazandırmaktadır. Ayrıca karbonhidrat ve proteinlerden daha fazla enerji sağlayan yağlar, esansiyel yağ asitleri ve yağda çözünen vitamin içerikleri ile de diyetin önemli yapı taşları arasında yer almaktadır (Okur 2008; Kaya 2013). Tüm bu nedenlerden dolayı yağlar, gerek mutfaklarımızın gerekse de gıda üretim tesislerinin vazgeçilmez bir ögesi haline gelmiştir (Karaali 1987). Öte yandan, et yağlarının yeterli miktarlarda alınmadığı durumlarda, özellikle bebeklerde çeşitli hastalıklara yol açtığı ve insanlar için esansiyel üç yağ asidinin (linoleik, linolenik ve araşidonik asit) de önemli kaynaklarından birinin et yağları olduğu belirtilmektedir. İlaveten et ve et yağları yağda çözünen A, D, E ve K vitaminlerini de içermektedir (Lawrie 1974).

Farklı şekillerde tüketilebilen katı ve sıvı yağların dünya genelinde büyük bir kısmının kızartma işleminde kullanıldığı belirtilmektedir. Dünya nüfusunun hızlı artışı, bayanların çalışma hayatına girmesi, aile gelir düzeyinin artması, dinlenme ve eğlenceye daha çok vakit ayrılması gibi nedenlerden dolayı, ucuz ve çabuk hazırlanan

gıdalara olan talep artmış ve bununla birlikte kızartma işlemi daha da sık kullanılmaya başlanmıştır (Gürtürk vd 1991; Yiğit ve Duran 1997; Okur 2008).

Gıdaların hazırlanmasında kullanılan en eski pişirme yöntemlerinden biri olan kızartma işleminin tarihinin M.Ö. 1600 yılına kadar dayandığı belirtilmektedir (Sun 2009). Kızartma işleminin bir çeşidi olan derin yağda kızartma işlemi; gıdaların 150-200°C sıcaklık derecelerindeki yenabilir katı ve sıvı yağlara daldırılması ilkesine dayanan pişirme yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Yamsaengsung and Moreira 2002). Derin yağda kızartma işleminde ısı transferi; yağ içinde konveksiyon, gıda maddesinde ise kondüksiyon ile gerçekleşmektedir. Ayrıca derin yağda kızartma işleminde, yağ ile gıdanın yüzeyi tamamen kaplandığı için ısı transferi gıdaya her noktadan eşit olmakta ve bu yüzden pişirme işlemi tek düze gerçekleşmektedir. Bu nedenlerden dolayı, derin yağda kızartma işlemi tüm çeşit ve formdaki gıdalara uygulanabilmektedir (Okur 2008).

Kızartma işleminde sisteme giren maddelerin başında; kızartma yağı ve gıda maddesinin geldiği, yağı kızartma derecesine yükselten ısı enerjisi ve yağın hava ile teması sonucu, havadaki serbest oksijenin ise sisteme ikinci derecede dahil olduğu, kızartılmış gıda maddesi, buhar, uçucu maddeler ve gıdadan arta kalan kırıntılar ile gıda tarafından absorbe edilen bir miktar yağın ise sistemden uzaklaştığı belirtilmektedir (Şekil 1.1) (Alım 1978).



Şekil 1.1. Kızartma işlemi (Alım 1978)

Kızartma; genel olarak ısı ve kütle transferini kapsayan ve sonrasında fiziksel, kimyasal ve duyuşal değişimlerle sonuçlanan karmaşık bir işlemdir. Bu değişimlerin çoğu; kızartma işleminin sıcaklık ve süresi ile ürünün ve kızartmalık yağın özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (Okur 2008). Yağlar stabil yapıda ürünler olmayıp, şartlara bağlı olarak çeşitli değişimlere uğramaktadır. Sıcaklık, ışık, oksijen varlığı, doymamışlık derecesi, antioksidan içerip içermemesi gibi birçok faktörün, yağlarda meydana gelen değişimleri etkilediği belirtilmektedir (Andrikopoulos *et al.* 2002). Kızartma işlemi ile gıdanın nemi kaybolmakta, yüzeyi daha koyu bir renk alarak sert kabuk oluşumu görülebilmekte, daha sıkı bir doku meydana gelmekte ve kızartmanın eşsiz lezzeti oluşmaktadır (Blumenthal and Stier 1991; Choe and Min 2007; Sun 2009; Sarıkaya 2010). Kızartma yağında ise kimyasal reaksiyonlara ilaveten yağın viskozitesi artmakta, yağ koyulaşmakta, ara yüzey gerilimi azalırken, yoğunluğu artmakta ve spesifik ısısı artarak çeşitli fiziksel değişimlere uğramaktadır (Sarıkaya 2010). Kızartılmış ürünlerin sıklıkla tüketilmesi ve/veya artan sağlık kaygılarından dolayı, kızartmalık olarak kullanılan yağların başlangıç kalitelerinin yüksek olması istenmekte ve yağların çeşitli özelliklere sahip olması beklenmektedir. Çizelge 1.1’de kızartma yağlarının sahip olması gereken özellikler verilmiştir.

Çizelge 1.1. Kızartma yağlarının sahip olması gereken özellikler (Okur 2008)

Nitelikler	Değerler
Renk	Sıvı yağlarda açık sarı, katı yağ faz içeren kıvamlı yağlarda beyaz
Koku	Oksidasyon sonucu oluşan iğneleyici özellikteki acılık tadı ve kokusu bulunmamalıdır
Serbest Asitlik (%)	%0,1’den az olmalıdır
Peroksit Değeri (meq O ₂ /kg)	1’den az olmalıdır
Polimer Bileşikler Yüğü (%)	En çok %1 olmalıdır
Dumanlanma Noktası (°C)	Mutlaka 200°C’nin üzerinde olmalıdır

Çizelge 1.1’de verilen özelliklere ek olarak, kızartma işleminde kullanılacak yağların, laurik asit içermemesi, linolenik asit içeriğinin % 2’yi aşmaması gerektiği belirtilmekte, polar bileşikler yükünün % 25’i, serbest yağ asitliğinin % 2,5’i aşması ve dumanlanma

noktasının 170°C'nin altında olması durumunda ise yağın hiçbir şekilde kızartma işleminde kullanılmaması gerektiği bildirilmektedir (Kayahan 2002). Mevcut araştırmada kızartma yağı olarak kullanılan ayçiçek yağı, fındık yağı, kanola yağı, mısır yağı ve zeytinyağına ait çeşitli özellikler Çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Mevcut araştırmada kızartma yağı olarak kullanılan çeşitli yağlara ait bazı özellikler (Çiftçi 2006)

Yağlar	Yoğunluk	Kırılma İndisi	İyot Değeri	Sabunlaşma Sayısı (mg KOH/ g yağ)	Sterol Miktarı (mg/kg)	Dumanlanma Noktası (°C)
Ayçiçek Yağı	0,914-0,923	1,461-1,471	94-141	188-194	2400-2500	232
Fındık Yağı	0,898-0,915	1,468-1,473 (40°C)	81-92	188-198	1147-2319	221
Kanola Yağı	0,914-0,920	1,465-1,467	105-126	182-193	4500-11300	243
Mısır Yağı	0,917-0,925	1,465-1,468	103-128	187-195	7000-22100	232
Zeytinyağı	0,910-0,916	1,468-1,470	75-94	184-196	1000	238

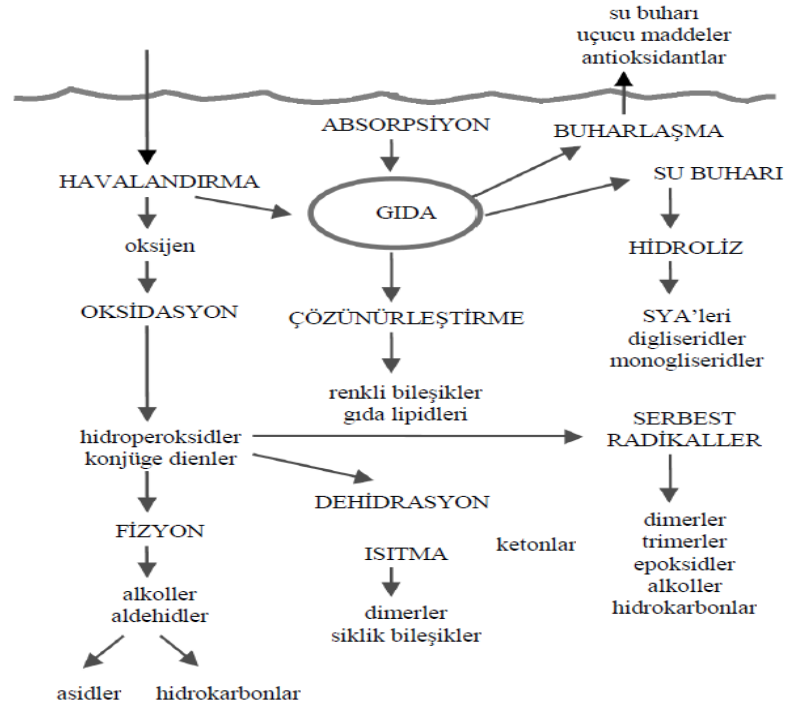
Kızartmalık olarak kullanılacak olan yağların yağ asidi kompozisyonları da kızartma işlemi ve beslenme açısından oldukça önemlidir. Mevcut araştırmada kızartma yağı olarak kullanılan ayçiçek yağı, fındık yağı, kanola yağı, mısır yağı, riviera zeytinyağı ve natürel sızma zeytinyağının Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği'ne (Tebliğ No:2012/29) ve Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği (Tebliğ No: 2010/35)'ye göre sahip olması gereken bazı yağ asidi kompozisyonları Çizelge 1.3'de verilmiştir.

Çizelge 1.3. Mevcut araştırmada kızartma yağı olarak kullanılan farklı bitkisel yağlara ait bazı yağ asidi kompozisyonları (Anonim 2010; Anonim 2012b)

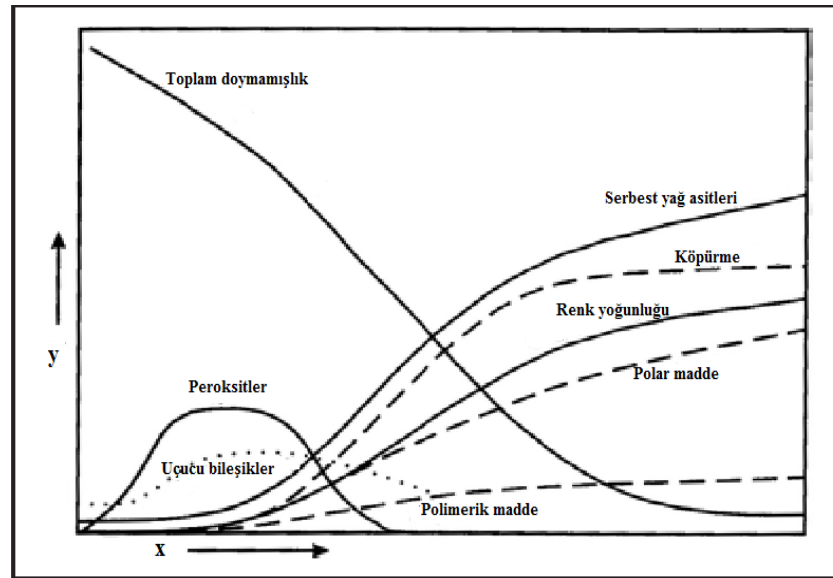
Yağ Asitleri	Ayçiçek Yağı	Fındık Yağı	Kanola Yağı	Mısır Yağı	Riviera Zeytinyağı	Naturel Sızma Zeytinyağı
Palmitik Asit (C16:0)	4,0-7,6	4,2-8,9	2,5-7,0	8,6-16,5	7,5-20,0	7,5-20,0
Stearik Asit (C18:0)	2,1-6,5	TED-3,2	0,8-3,0	TED-3,3	0,5-5,0	0,5-5,0
Oleik Asit (C18:1)	14,0-71,8	71,0-91,0	51,0-70,0	20,0-42,2	55,0-83,0	55,0-83,0
Linoleik Asit (C18:2)	18,7-74,0	5,2-22,3	15,0-30,0	34,0-65,6	3,5-21,0	3,5-21,0

TED: Tespit Edilemeyen Düzey (≤ 0.05)

Derin yağda kızartma esnasında gerek gıda maddesinde gerekse kızartma yağlarında çok sayıda fiziksel ve kimyasal değişimlerin olduğu ve bu değişimlerin zamana bağlı olarak değişkenlik gösterdiği bilinmektedir (Choe and Min 2007). Gıdalarda derin yağda kızartma esnasında su ve yağ içeriği, pH, renk değerlerinde ve tekstürel özelliklerinde değişimler görülmekte ve derin yağda kızartma işleminin kendine has olan ve genellikle tercih nedeni sayılan tat ve aromanın oluşumu gözlenmektedir (Öz 2017b). Derin yağda kızartma işlemi esnasında yağlarda meydana gelen reaksiyonlar Şekil 1.2’de, zamana bağlı olarak görülen fiziksel ve kimyasal değişimler ise Şekil 1.3’de verilmiştir. Öte yandan kızartma esnasında yağlarda hidroliz, oksidasyon ve polimerizasyon reaksiyonları da görülmektedir (Choe and Min 2007).



Şekil 1.2. Kızartma işlemi esnasında yağda meydana gelen reaksiyonlar (Sarıkaya 2010)



x: zaman, y: artan değer

Şekil 1.3. Kızartma işlemi ile zamana bağlı kimyasal ve fiziksel değişimler (Choe and Min 2007)

Yağların Hidrolizi

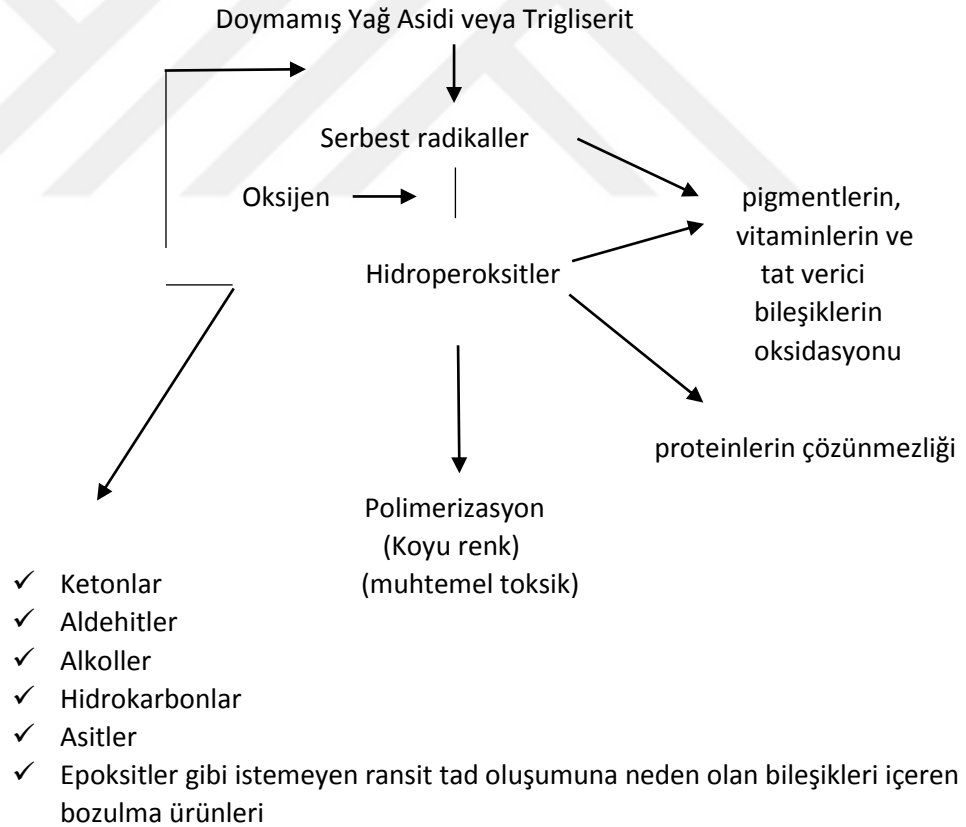
Hidrolitik ransidite olarak da bilinen hidroliz olayı, başta gliseridler olmak üzere ester yapısındaki tüm yağ benzeri maddelerin ester bağlarında oluşmaktadır. Lipidlerin hidrolizi kimyasal ve enzimatik olmak üzere iki yoldan oluşabilmektedir. Kimyasal hidroliz olayında; suyun tepkime ortam sıcaklığı, ortamdaki serbest yağ asidi miktarı ve suyun lipidlerde çözünme oranına bağlı olarak doğrudan kimyasal bir madde gibi etkisi söz konusu iken, enzimatik hidroliz olayında ise ortamda suyun bulunması yine gerekli iken, asıl etkenin esteraz grubu enzimler olduğu bilinmektedir (Saldamlı 2014).

Gıdalar, önceden ısıtılmış yağ içerisinde kızartıldığında, gıdanın nemi uzaklaşmakta ve uzaklaşan nem içeriği, kızartma süresi ilerledikçe giderek azalmaktadır. Sistemdeki su, buhar ve oksijen, kızartma yağındaki ve gıdadaki kimyasal reaksiyonların başlamasına neden olmakta, zayıf bir nükleofil olan su, trigliseritlerin ester bağına saldırarak mono ve digliseritler, gliserol ve serbest yağ asitlerini oluşturmaktadır. Termal hidroliz genellikle yağ fazında gerçekleşmektedir. Hidrolizin, uzun ve doymuş yağ asitlerine sahip olan yağlardan ziyade, kısa ve doymamış yağ asitlerine sahip olan yağlarda daha kolay gerçekleştiği belirtilmekte ve bu durum kısa ve doymamış yağ asitlerinin, su içerisinde uzun ve doymuş yağ asitlerinden daha iyi çözünmesine bağlanmakta ve gıdadaki suyun, hidrolizin gerçekleşmesi için kısa zincirli katı ve sıvı yağlara daha kolay ulaştığı da belirtilmektedir (Choe and Min 2007). Gıdanın su miktarındaki artışın, yağların hidrolizini daha da hızlı gerçekleştirdiği ve yağ ile gıdanın su fazı arasındaki temas yüzeyinin artmasının da yağların hidrolizini artırdığı bilinmektedir (Choe and Min 2007).

Yağların Oksidasyonu

Doymamış yağ asitlerince zengin olan yağlar, hidroliz tepkimeleri dışında hidroperoksitler üzerinden okside olarak değişik oksidasyon ürünlerine de parçalanmaktadır. Özellikle hidroperoksit oluşum tepkimelerini izleyen tepkimeler sırasında uçucu veya uçucu olmayan karakterde yeni ürünler meydana gelmekte, uçucu

olan yeni ürünlerin çok aktif maddeler olmaları nedeniyle, yağların tat ve kokusunu kuvvetle ve çoğunlukla olumsuz yönde etkilediği belirtilmektedir (Saldamlı 2014). Lipidlerin otooksidasyonunun oldukça kompleks bir mekanizma gösterdiği, tepkime hızının kısmi oksijen basıncı, lipidin oksijenle temas yüzey genişliği, yağın bileşimindeki yağ asitlerinin çeşit ve miktarı, sıcaklık ve nem gibi depolama koşulları ve içerdiği prooksidan ve antioksidanların etkinlik ve miktarına bağlı olarak değiştiği belirtilmektedir (Saldamlı 2014). Lipid oksidasyonunun genel mekanizmaları Şekil 1.4’de verilmiştir. Serbest radikaller, oksijen ile reaksiyona girerek peroksit ya da hidroperoksitlerin oluşumuna neden olmakta, ancak peroksitler stabil bileşikler olmadıkları için parçalanmakta ve daha fazla serbest radikal meydana gelerek reaksiyon zinciri başlamaktadır (Labuza and Dugan 1971).

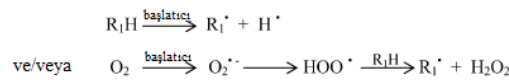


Şekil 1.4. Lipid oksidasyonunun genel mekanizmaları (Labuza and Dugan 1971)

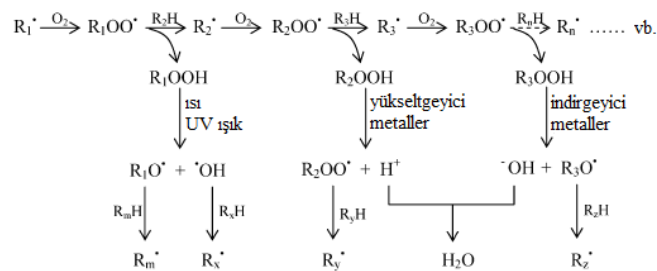
Lipid oksidasyonunun genellikle serbest radikal zincir mekanizması yoluyla oluştuğu kabul edilmektedir. Bu mekanizmanın; başlangıç, yayılma ve sonuçlanma olmak üzere

üç farklı aşamadan oluştuğu ve oldukça kompleks kimyasal değişimlere neden olduğu bilinmektedir. Lipid otooksidasyon mekanizması Şekil 4'te verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi ısı, ışık/iyonize radyasyon ve metal iyonlar/metaloproteinler gibi başlatıcı faktörlerin mevcudiyetinde, doymamış lipid molekülleri bir hidrojen atomu kaybederek serbest radikaller oluşturmakta ve daha sonra lipid radikalleri oksijen ile reaksiyona girerek peroksi radikallerini oluşturmaktadır. Oluşan bu peroksi radikalleri, yeni bir lipid molekülüne saldırarak hızlı gelişen reaksiyonun zincir taşıyıcıları olarak görev yapmaktadır. Bu reaksiyon yayılma aşamasında herhangi bir hidrojen kaynağı kalmayınca veya bu zincir, antioksidanlar gibi maddelerce kesintiye uğratılmayınca kadar belki de binlerce kez devam etmektedir. Bu nedenle lipid oksidasyonunun kendi kendine yayılan ve hızlanan bir proses olduğu belirtilmektedir (Shadidi and Zhong 2010). Lipid içeren gıdalarda oksidasyon tepkimelerinin hızlanması spesifik bir evre olan indüksiyon periyodunun aşılmasından sonra başlamaktadır (Saldamlı 2014). Oksidasyon bu indüksiyon periyodunda genellikle çok yavaş seyretmekte, ancak indüksiyon periyodundan sonra aniden hızlanmaktadır (Shadidi and Zhong 2010). Yağ asitlerinin allil (-C=C-) grubu içeriği arttıkça, oksidatif tepkimelerin indüksiyon periyodu kısalmakta ve tepkime hızı artmaktadır.

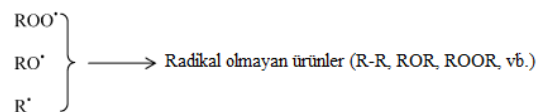
Başlama:



Yayılma:

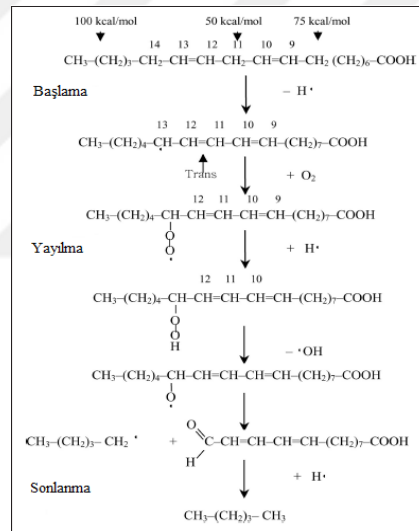


Sonlanma:



Şekil 1.5. Lipid oksidasyon mekanizması (Shadidi and Zhong 2010)

Derin yağda kızartma işleminde oksijen, yağ ile reaksiyona girmektedir. Termal oksidasyonun kimyasal mekanizmasının, otooksidasyon mekanizması ile temelde aynı olduğu, termal oksidasyon hızının otooksidasyondan daha hızlı olduğu ve termal oksidasyon mekanizmasının başlangıç, yayılma ve sonuçlanma olmak üzere 3 aşamadan oluştuğu belirtilmektedir (Choe and Min 2007). Yağların termal oksidasyon mekanizma aşamaları Şekil 1.6'da verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi yağ asitlerinin bünyelerinde yer alan C-H bağlarının kırılması için gerekli enerji ihtiyaçları farklılık göstermekte ve bu durum da termal oksidasyon veya otooksidasyon esnasında stearik asit, oleik asit, linoleik asit ve linolenik asitlerin oksidasyon oranlarının farklılığını izah etmektedir.



Şekil 1.6. Yağların termal oksidasyon mekanizmaları (Choe and Min 2007)

Lipidlerin 60°C üzerindeki sıcaklıklara maruz kalmaları durumunda, oksidatif tepkimelerin seçiciliğinin azalarak oluşan hidroperoksitlerin hızlı bir şekilde hidroksi ve alkoksi radikallerine parçalandığı, oluşan bu yeni ürünlerin çok aktif olmaları nedeniyle doymuş yağ asitlerinden bile hidrojen iyonu çekerek kendilerine bağladığı ve yeni aktif radikallerin oluşumuna neden olduğu bilinmekte, bu oluşumda otooksidasyonda olduğu gibi, allil bağa yakınlık söz konusu olmadığından, meydana gelebilecek aktif radikallerin ve dolayısıyla da oluşacak oksidasyon ürünlerinin çeşitliliği sayılamayacak kadar artmaktadır (Saldamlı 2014).

Yağların Polimerizasyonu

Doymamış yağ moleküllerinin (trigliseritlerin) iki karbon atomu arasındaki çapraz bağlanma olarak ifade edilen ve yağların yüksek sıcaklıkla hidrolizi esnasında oluşan polimerizasyonda (Nas vd 2001), yağlarda görülen otooksidasyon gibi çeşitli kimyasal reaksiyonların ilerlemesi ile parçalanma ve yeni moleküllerin oluştuğu bilinmektedir (Anonim 2006). Kızartma yağlarının toplam dekompozisyon ürünlerinde çok düşük seviyelerde (milyonda bir seviyelerinde) uçucu bileşikler bulunmasına rağmen, uçucu bileşikler kızartma yağlarının ve kızartılan gıdaların aroma kalitesi açısından oldukça önemlidirler. Kızartma yağlarının asıl dekompozisyon ürünleri; uçucu olmayan polar bileşikler ve trigliserit dimerleri ve polimerleridir. Siklik bileşiklerin miktarı, bu bileşiklere kıyasla nispeten daha düşüktür. Dimerler ve polimerler hidroperoksi, epoksi, hidroksi ve karbonil grupları ile $-C-O-C$ ve $-C-O-O-C-$ bağları içermektedir (Stevenson *et al.* 1984; Choe and Min 2007).

Et ve et ürünlerine genellikle tüketimlerinden hemen önce uygulanan pişirme işlemi, protein denatürasyonu nedeniyle sindirilebilirliği artırmakta ve daha lezzetli bir ürün elde etmeye imkân tanımakta, patojen mikroorganizmaların inaktivasyonu nedeniyle ürünü daha güvenilir kılmakta ve raf ömrünü de uzatmaktadır (Gisslen 2004). Öte yandan pişirme esnasında gerçekleşen bir takım reaksiyonlar ise gıdanın besin değerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Pişirme işlemi ile ısıya karşı dayanıksız olan vitamin ve mineral maddelerde kayıplar olurken, lipit oksidasyonu nedeniyle yağ asidi kompozisyonunda değişimler görülebilmektedir. Ayrıca pişirme sırasında gıdadan uzaklaşan su beraberinde suda çözünen bir takım maddeleri de uzaklaştırmaktadır (García-Arias *et al.* 2003; Gerber *et al.* 2009). İlaveten, et gibi protein bakımından zengin gıdaların pişirilmesi sırasında gerçekleşen reaksiyonlar sonucu oluşan bazı bileşiklerin ise mutajen ve/veya karsinojen oldukları epidemiyolojik çalışmalar ile kanıtlanmıştır (Stavric 1994; Knize *et al.* 1995b; Sugimura 2002). Bu bileşikler arasında heterosiklik aromatik aminlerin (HAA'lar) önemli bir yeri bulunmaktadır. Günümüze kadar gıdalardan 25'ten fazla mutajenik ve/veya karsinojenik HAA izole ve identifiye edildiği belirtilmektedir (Öz *et al.* 2016a,b).

HAA'lar; özellikle balık ve kırmızı et gibi protein bakımından zengin gıdaların, 150°C üzerindeki sıcaklıklarda pişirilmesi esnasında oluşan kimyasal bileşiklerdir (Knize *et al.* 1997a; Solyakov *et al.* 1999). İlk olarak 1977 yılında, Japon bilim adamları tarafından ızgarada kızartılmış et ve balıkta tespit edilen HAA'ların (Nagao *et al.* 1977), iki ana kimyasal sınıfı bulunmaktadır. Bunlar aminoimidazoazoarenler ve aminokarbolinlerdir (Puignou *et al.* 1997; Skog *et al.* 2000; Skog and Solyakov 2002). IQ tipi bileşikler veya termik HAA'lar olarak da adlandırılan aminoimidazoazoarenler; genellikle 150-300°C arasındaki sıcaklıklarda pişirilen et ve et ürünlerinde, serbest aminoasitler, kreatin/kreatinin ve heksozlar arasındaki reaksiyonlarda oluşmakta iken (Jägerstad *et al.* 1983; Laser-Reuterswärd *et al.* 1987a,b), IQ tipi olmayan bileşikler veya pirolitik HAA'lar olarak da adlandırılan aminokarbolinler ise; genellikle 300°C üzerindeki sıcaklıklarda proteinler ve aminoasitlerin pirolizi sonucu oluşmaktadır (Sugimura 1997; Sugimura and Adamson 2000; Knasmüller *et al.* 2001; Toribio *et al.* 2002). Öte yandan, 100°C'nin altındaki sıcaklıklarda da HAA'ların oluştuğu literatürde görülmektedir (Chen *et al.* 2000; Solyakov and Skog 2002; Öz and Zikarov 2015).

Çizelge 1.4. Mevcut araştırmada analizi yapılan HAA'ların bazı özellikleri (Öz and Kaya 2011c)

Kimyasal İsmi ve Sınıfı	Kısaltması	Molekül Ağırlığı	Yapı
2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinolin	IQ	198	
2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin	IQx	199	
2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinolin	MeIQ	212	
2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin	MeIQx	213	
2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin	4,8-DiMeIQx	227	
2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin	7,8-DiMeIQx	227	
2-amino-3,4,7,8-tetrametilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin	4,7,8-TriMeIQx	241	
2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5- <i>b</i>]piridin	PhIP	224	
2-amino-9H-pirido[2,3- <i>b</i>]indol	AαC	183	
2-amino-3-metil-9H-pirido[2,3- <i>b</i>]indol	MeAαC	197	

Uluslararası kanser araştırma merkezi (IARC) MeIQ, MeIQx ve PhIP bileşiklerini mümkün insan karsinojenleri olarak, IQ bileşiğini ise muhtemel insan karsinojeni olarak tanımlamaktadır (IARC 1993). Öte yandan HAA'ların bilinen gıda mutajenleri ile

karşılaştırıldığı zaman, aflatoksin B1'den 100 kat, benzo(a)pirenden ise 1000 kat daha mutajenik olduğu belirtilmektedir (Skog 2004).

Et ve et ürünlerinin pişirilmesi esnasında oluşan HAA çeşit ve miktarının; kullanılan et çeşidi, pişirme şartları (süre, sıcaklık, ekipman ve metot), pH, su aktivitesi, karbonhidrat, serbest aminoasit içeriği, kreatin, ısı ve kütle transferi, yağ seviyesi, lipid oksidasyonu ve antioksidan çeşit ve miktarı gibi faktörlere bağlı olduğu bilinmektedir (Felton *et al.* 1984; Skog *et al.* 1998; Jägerstad *et al.* 1998; Öz and Kaya 2011a).

Derin yağda kızartılan ürünler gerek sahip oldukları tat ve aroma gerekse de diğer yöntemlere kıyasla nispeten daha kolay hazırlanmaları nedeniyle sıkça tüketilmektedir. Literatürde heterosiklik aromatik aminler üzerine ekibimizin de yer aldığı pek çok araştırma yapılmış olmasına rağmen, kızartma yağlarının heterosiklik aromatik aminlerin oluşumu üzerine etkisini gösteren araştırma sayısı oldukça azdır. Üstelik bu araştırmalar yurt dışında yapılmış, az sayıda kızartma yağının heterosiklik aromatik amin oluşumu üzerine olan etkisi belirlenmiş ve genellikle ülkemizde kızartma yağı olarak kullanılmayan ve/veya ülkemizde satışı bulunmayan kızartma yağlarının etkisi belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmalarda üründe ya da kızartma yağlarında yağ asidi kompozisyonu belirlenmemiştir. Öte yandan literatürde farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartma işlemi neticesinde yağ asidi kompozisyonu değişiminin araştırıldığı çalışmalar bulunmasına rağmen, bu çalışmalarda heterosiklik aromatik amin oluşumu araştırılmamıştır. Bu nedenle mevcut araştırma, piyasadan temin edilen 7 farklı kızartma yağı (ayçiçek yağı, fındık yağı, kanola yağı, karışım yağ, mısır yağı, riviera zeytinyağı ve natürel sızma zeytinyağı) kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerde oluşan HAA miktarlarının belirlenmesi amacıyla planlanmış ve yürütülmüştür. Ayrıca kızartma yağlarında ve köftelerde gerek kızartma öncesi gerekse de kızartma sonrası bazı kalite kriterleri de belirlenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Bazı hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde fonksiyonel olan gıdalarımız, aynı zamanda bazı hastalıkların ortaya çıkmasından da sorumludur. Gıdalarımız arasında, beslenme açısından sahip olduğu çeşitli avantajlar nedeniyle önemli bir yer tutan et ve et ürünleri ile yağların, çeşitli sağlık problemlerine yol açabileceği belirtilmekte ve bu nedenle çeşitli sağlık kuruluşları ve beslenme otoriteleri tarafından tüketimlerinde kısıtlamalara gidilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) 2002 yılında hazırladığı rapora göre günlük alınan toplam enerjinin %15-30'unun yağlardan alınması gerektiği, bu yağların yağ asidi kompozisyonu bakımından doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitleri oranlarının 1:1:1 olması gerektiği, sağlıklı bir diyetle meyve-sebzelerin oranının %33, ekmek, tahıl ve patates gibi hububatların oranının %33, et ve et ürünlerinin oranının %12, süt ve süt ürünlerinin oranının %15 ve yağlı gıdalar, şeker ve içeceklerin oranının ise %7 olması gerektiği belirtilmektedir. Dünya Kanseri Araştırma Fonu'nun (WCRF) 2011 yılında hazırladığı raporunda ise, haftada 500 g'dan fazla pişmiş kırmızı et tüketmemek gerektiği tavsiye edilmektedir.

Saghir *et al.* (2005) yaptıkları çalışmada ısıtılmış işlem görmemiş sığır filetolarının su içeriğini %73,5, yağ içeriğini ise %3,5 olarak belirlemişler, yağsız ve farklı yağlar (zeytinyağı, mısır yağı ve kısmen hidrojenize edilmiş bitkisel yağ) kullanarak pişirdikleri örneklerin su içeriklerinin %60,8-62,1 arasında, yağ içeriklerini ise %4,8-6,3 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Sinha *et al.* (1998) yaptıkları çalışmada tavada yağsız olarak farklı seviyelerde kızarttıkları sığır biftek ve hamburgerlerin pişirme kayıplarının pişirme seviyesine göre artış gösterdiğini belirtmişler, az, orta, iyi ve çok iyi pişirilen bifteklerde pişirme kayıplarını sırasıyla %16, %22, %30, %35 olarak, hamburgerlerde ise sırasıyla %17, %28, %36 ve %40 olarak belirlemişlerdir.

Soyutemiz (2000) Bursa’da satıŖa sunulan farklı et ürünlerinin kimyasal bileŖimi ve pH değerlerini araŖtırdığı alıŖmasında, hamburgerlerin su içeriklerinin %51,91-64,15, yağ içeriklerinin %8,50-20,13 ve pH değerlerinin 4,92-6,35 arasında; kasap köftelerin ise su içeriklerinin %51,36-56,80, yağ içeriklerinin %8,25-13,66 ve pH değerlerinin 6,90-7,83 arasında deęiŖtięini bildirmiŖtir.

Yılmaz and Dağlıoğlu (2003) yaptıkları alıŖmada; sığır donyağının palmitik asit içeriğini %30,4, stearik asit içeriğini %21,9, oleik asit içeriğini %29,6, linoleik asit içeriğini %2,4, Σ SFA içeriğini %59,4, Σ MUFA içeriğini %37,2, Σ PUFA içeriğini %3,4 olarak belirlerken; kontrol grubu köftelerin ise palmitik asit içeriğini %30,9, stearik asit içeriğini %21,5, oleik asit içeriğini %31,9, linoleik asit içeriğini %1,4, Σ SFA içeriğini %58,3, Σ MUFA içeriğini %38,9, Σ PUFA içeriğini ise %2,8 olarak belirlemiŖlerdir. AraŖtırmacılar kontrol grubu köftelerin su içeriğini %59,5, yağ içeriğini %21,2 ve pH değerini ise 5,85 olarak tespit etmiŖlerdir.

AŖıoęlu (2013) farklı piŖirme metotlarının (haŖlama, kızartma, fırınlama ve mangal) sığır bonfilesinin eŖitli besinsel ve kalite özellikleri üzerine etkisini belirlemek için yaptığı araŖtırmada, ısıl iŖlem görmemiŖ örneklerde %24,73 olarak belirledikleri kuru madde içeriğini; haŖlanmış örneklerde %40,65, kızartılmış örneklerde %40,2, fırında piŖirilmiş örneklerde %39,4 ve mangalda piŖirilmiş örneklerde %41,0 olarak, ısıl iŖlem görmemiŖ örneklerde %2,7 olarak belirledikleri yağ içeriğini; haŖlanmış örneklerde %6,5, kızartılmış örneklerde %7,7, fırında piŖirilmiş örneklerde %7,5 ve mangalda piŖirilmiş örneklerde %6,6 olarak, ısıl iŖlem görmemiŖ örneklerde 6,07 olarak belirledikleri pH değerini; haŖlanmış örneklerde 6,63, kızartılmış örneklerde 6,74, fırında piŖirilmiş örneklerde 6,13 ve mangalda piŖirilmiş örneklerde 7,35 olarak, ısıl iŖlem görmemiŖ örneklerde 0,11 mg MDA/kg olarak belirledikleri TBARS değerini; haŖlanmış örneklerde 0,43 mg MDA/kg, kızartılmış örneklerde 0,18 mg MDA/kg, fırında piŖirilmiş örneklerde 0,55 mg MDA/kg ve mangalda piŖirilmiş örneklerde 0,13 mg MDA/kg olarak belirlemiŖlerdir. Aynı araŖtırmada piŖirme kayıpları; haŖlanmış örneklerde %57,51, kızartılmış örneklerde %62,19, fırında piŖirilmiş örneklerde %64,20 ve mangalda piŖirilmiş örneklerde %64,31 olarak belirlenmiŖtir. Ayrıca araŖtırmacı, ısıl

işlem görmemiş sığır bonfilelerinin palmitik asit içeriğini %30,76, stearik asit içeriğini %19,62, oleik asit içeriğini %35,28, linoleik asit içeriğini %2,93, Σ SFA içeriğini %54,63, Σ MUFA içeriğini %41,30, Σ PUFA içeriğini %4,06 ve n-6/n-3 oranını 4,71 olarak belirlerken, haşlanmış örneklerin palmitik asit içeriğini %28,18, stearik asit içeriğini %21,16, oleik asit içeriğini %36,68, linoleik asit içeriğini %3,73, Σ SFA içeriğini %53,12, Σ MUFA içeriğini %41,97, Σ PUFA içeriğini %4,56 ve n-6/n-3 oranını ise 7,93, kızartılmış örneklerin palmitik asit içeriğini %28,44, stearik asit içeriğini %21,65, oleik asit içeriğini %34,58, linoleik asit içeriğini %4,11, Σ SFA içeriğini %54,19, Σ MUFA içeriğini %40,61, Σ PUFA içeriğini %5,24 ve n-6/n-3 oranını ise 5,90, fırında pişirilmiş örneklerin palmitik asit içeriğini %28,52, stearik asit içeriğini %17,43, oleik asit içeriğini %35,58, linoleik asit içeriğini %5,72, Σ SFA içeriğini %51,70, Σ MUFA içeriğini %41,18, Σ PUFA içeriğini %7,17 ve n-6/n-3 oranını ise 7,31, mangalda pişirilmiş örneklerin palmitik asit içeriğini %28,38, stearik asit içeriğini %18,17, oleik asit içeriğini %34,91, linoleik asit içeriğini %4,83, Σ SFA içeriğini %52,40, Σ MUFA içeriğini %41,25, Σ PUFA içeriğini %6,33 ve n-6/n-3 oranını ise 5,15 olarak belirlemiştir.

Takeoka *et al.* (1997) yaptıkları çalışmalarında, ısıtılmış işlem görmemiş mısır yağının palmitik asit içeriğini %10,99, stearik asit içeriği %2,02, oleik asit içeriği %27,03, linoleik asit içeriği %57,39 olarak belirlerken ısıtılmış işlem görmemiş kanola yağının palmitik asit içeriğini %4,20, stearik asit içeriğini %1,70, oleik asit içeriğini %58,51, linoleik asit içeriğini %21,19 olarak belirlemiştirlerdir. Araştırmacılar ısıtılmış işlem görmemiş kanola yağının %1,40 oranında cis-11-eicosenoic acid (gondoic acid) içerdiğini bildirmişlerdir.

Dıraman ve Hışıl (2003) iki farklı kapiler kolon kullanarak yaptıkları çalışmada, rafine mısırozü yağının palmitik asit içeriğini %11,05 ve %11,18, stearik asit içeriğini %2,12 ve %2,84, oleik asit içeriğini %28,03 ve %29,82 ve linoleik asit içeriğini %56,16 ve %54,42 olarak, rafine ayçiçek yağının palmitik asit içeriğini %6,60 ve %6,46, stearik asit içeriğini %4,21 ve %3,96, oleik asit içeriğini %28,93 ve %26,60 ve linoleik asit içeriğini %58,09 ve %61,44 olarak, %2 asitli natürel zeytinyağının palmitik asit

içeriğini %10,63 ve %10,86, stearik asit içeriğini %2,98 ve %3,17, oleik asit içeriğini %74,16 ve %75,04 ve linoleik asit içeriğini %9,60 ve %9,20, %0,7 asitli natürel zeytinyağının palmitik asit içeriğini %10,92 ve %11,29, stearik asit içeriğini %3,42 ve %3,07, oleik asit içeriğini %72,8 ve %74,30 ve linoleik asit içeriğini ise %9,93 ve %8,92 olarak belirlemişlerdir.

Onal-Ulusoy *et al.* (2004) 1,1 atm basınç ve 121°C'lik otoklav kullanarak 10-60 dk ısıtma işlem uyguladıkları mısır yağı ve fındık yağının yağ asidi kompozisyonunu belirlemek için yaptıkları çalışmada, ısıtma işlem öncesi mısır yağının, %10,9 olan palmitik asit içeriğinin ısıtma işlem neticesinde %10,9-11,03 arasında değiştiğini, ısıtma işlem öncesi %1,7 olan stearik asit içeriğinin ısıtma işlem neticesinde %1,5-1,9 arasında değiştiğini, ısıtma işlem öncesi %30,2 olan oleik asit içeriğinin ısıtma işlem neticesinde %28,71-30,22 arasında değiştiğini ve ısıtma işlem öncesi %56,2 olan linoleik asit içeriğinin ise ısıtma işlem neticesinde %56,2-58,2 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, ısıtma işlem öncesi fındık yağının, %5,4 olan palmitik asit içeriğinin ısıtma işlem neticesinde %5,3-5,5 arasında değiştiğini, ısıtma işlem öncesi %2,6 olan stearik asit içeriğinin ısıtma işlem neticesinde %2,1-2,6 arasında değiştiğini, ısıtma işlem öncesi %82,9 olan oleik asit içeriğinin ısıtma işlem neticesinde %82,9-83,6 arasında değiştiğini ve ısıtma işlem öncesi %9,2 olan linoleik asit içeriğinin ise ısıtma işlem neticesinde %9,0-9,2 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Saghir *et al.* (2005) yaptıkları çalışmada ısıtma işlem görmemiş sığır etinin yağ asidi kompozisyonunda palmitik asit içeriğini %26,79, stearik asit içeriğini %19,73, oleik asit içeriğini %37,61, linoleik asit içeriğini %2,69, Σ SFA içeriğini %51,04, Σ MUFA içeriğini %45,22, Σ PUFA içeriğini %3,74 ve PUFA/SFA oranını ise 0,07 olarak belirlemişlerdir. Yağsız olarak kısık ateşte pişirilen örneklerin palmitik asit içeriğini %26,60, stearik asit içeriğini %17,72, oleik asit içeriğini %39,22 linoleik asit içeriğini %2,39, Σ SFA içeriğini %48,86, Σ MUFA içeriğini %47,69, Σ PUFA içeriğini %3,45 ve PUFA/SFA oranını ise 0,07 olarak belirlemişlerdir. Natürel sızma zeytinyağı ile kısık ateşte pişirilen örneklerin palmitik asit içeriğini %24,44, stearik asit içeriğini %17,56, oleik asit içeriğini %42,41, linoleik asit içeriğini %3,13, Σ SFA içeriğini %46,23,

Σ MUFA içeriğini %49,67, Σ PUFA içeriğini %4,10 ve PUFA/SFA oranını ise 0,09 olarak belirlemişlerdir. Mısır yağı ile kısık ateşte pişirilen örneklerin palmitik asit içeriğini %26,09, stearik asit içeriğini %18,38, oleik asit içeriğini %38,39, linoleik asit içeriğini %5,25, Σ SFA içeriğini %48,60, Σ MUFA içeriğini %45,38, Σ PUFA içeriğini %6,02 ve PUFA/SFA oranını 0,12 olarak belirlenmiştir. Kısmi hidrojenize edilmiş bitkisel yağ kullanarak kısık ateşte pişirilen örneklerin palmitik asit içeriğini %25,68, stearik asit içeriğini %18,77, oleik asit içeriğini %38,17, linoleik asit içeriğini %5,05, Σ SFA içeriğini %48,51, Σ MUFA içeriğini %45,50, Σ PUFA içeriğini %5,99 ve PUFA/SFA oranını 0,12 olarak belirlenmiştir.

Kostik *et al.* (2013) farklı yağların yağ asidi kompozisyonunu belirlemek için yaptıkları çalışmalarında; palmitik asit içeriğini; mısır yağında %10, zeytinyağında %11,5, tip1 kanola yağında %5,2, tip2 kanola yağında %10,5 olarak, stearik asit içeriğini; mısır yağında %3,5, zeytinyağında %2,0, tip1 kanola yağında %4,4, tip2 kanola yağında %6,9 olarak, oleik asit içeriğini; mısır yağında %26,8, zeytinyağında %78,4, tip1 kanola yağında %59,5, tip2 kanola yağında %23,2 olarak, linoleik asit içeriğini; mısır yağında %48,0, zeytinyağında %7,0, tip1 kanola yağında %18,8, tip2 kanola yağında %15,2 olarak, Σ SFA içeriğini; mısır yağında %25,1, zeytinyağında %14,35, tip1 kanola yağında %9,6, tip2 kanola yağında %17,4 olarak, Σ MUFA içeriğini; mısır yağında %26,8, zeytinyağında %78,4, tip1 kanola yağında %59,5, tip2 kanola yağında %23,2 olarak ve Σ PUFA içeriğini ise mısır yağında %48,0, zeytinyağında %7,0, tip1 kanola yağında %30,7, tip2 kanola yağında %59,2 olarak belirlemişlerdir.

Orsavova *et al.* (2015) farklı bitkisel yağların yağ asidi kompozisyonunu belirlemek için yaptıkları çalışmalarında; ayçiçek yağının palmitik asit içeriğini %6,2, stearik asit içeriğini %2,8, oleik asit içeriğini %28, linoleik asit içeriğini %62,2, Σ SFA içeriğini %9,4, Σ MUFA içeriğini %28,3, Σ PUFA içeriğini %62,4, n-3 yağ asitleri içeriğini %0,2, n-6 yağ asitleri içeriğini ise %62,2 olarak, zeytinyağının palmitik asit içeriğini %16,5, stearik asit içeriğini %2,3, oleik asit içeriğini %66,4, linoleik asit içeriğini %16,4, Σ SFA içeriğini %19,4, Σ MUFA içeriğini %68,2, Σ PUFA içeriğini %18,0, n-3 yağ asitleri içeriği %1,5, n-6 yağ asitleri içeriğini ise %16,4 olarak belirlemişlerdir.

Masson *et al.* (1999) yaptıkları çalışmada, ayçiçek yağının ortalama linoleik asit içeriğini %63,4, Σ SFA içeriğini %12,8, Σ MUFA içeriğini %23,5, Σ PUFA içeriğini %63,7 olarak belirlemişlerdir.

Mubiru *et al.* (2013) Belçika’da marketlerden temin ettikleri farklı markalara ait mısır yağı, zeytinyağı ve ayçiçek yağlarının yağ asidi kompozisyonunu belirledikleri çalışmalarında, mısır yağının oleik asit içeriğinin %18,7-29,7, linoleik asit içeriğinin %32,5-54,0, zeytinyağının oleik asit içeriğinin %47,3-75,8, linoleik asit içeriğinin %3,4-8,1 ve ayçiçek yağının oleik asit içeriğinin %18,9-34,4, linoleik asit içeriğinin %47,7-60,8 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Casal *et al.* (2010) derin yağda kızartma işlem koşullarında zeytinyağı ve ayçiçek yağının stabilitesini araştırdıkları çalışmalarında, ısıl işlem görmemiş zeytinyağlarının Σ SFA içeriklerinin %14,43-15,27, oleik asit içeriklerinin %73,38-77,05, linoleik asit içeriklerinin ise %5,59-7,87 arasında değiştiğini, ısıl işlem görmemiş ayçiçek yağının Σ SFA içeriğinin %11,28, oleik asit içeriğinin %24,82, linoleik asit içeriğinin ise %62,78 olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar 170°C’de 27 saate kadar ısıl işlem uyguladıkları farklı zeytinyağlarının Σ SFA içeriklerinin %14,39-16,72, oleik asit içeriklerinin %74,03-77,96, linoleik asit içeriklerinin %4,18-7,55 arasında değiştiğini, aynı sıcaklıkta 15 saate kadar ısıl işlem uyguladıkları ayçiçek yağının Σ SFA içeriğinin %11,35-11,77, oleik asit içeriğinin %24,49-25,35, linoleik asit içeriğinin ise %61,31-62,84 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Önal (2002) derin yağda kızartma esnasında kanola yağında meydana gelen değişimleri araştırdığı çalışmasında kanola yağının palmitik asit içeriğini %4,9, stearik asit içeriğini %2,1, oleik asit içeriğini %62,5, linoleik asit içeriğini %19,9, Σ SFA içeriğini %7,5, Σ USFA içeriğini %92,5, linoleik asit/palmitik asit oranını ise 4,04 olarak belirtmiştir. Araştırmacı palmitik asit içeriğinin; günde bir kere olmak üzere 10 gün boyunca kızarttığı kanola yağında %4,9-5,5 arasında, haftada bir kere olmak üzere 10 hafta boyunca kızarttığı kanola yağında ise %5,0-6,1 arasında, stearik asit içeriğinin; günde bir kere olmak üzere 10 gün boyunca kızarttığı kanola yağında %2,2-3,7 arasında,

haftada bir kere olmak üzere 10 hafta boyunca kızarttığı kanola yağında ise %2,3-4,1 arasında, oleik asit içeriğinin; günde bir kere olmak üzere 10 gün boyunca kızarttığı kanola yağında %61,9-62,4 arasında, haftada bir kere olmak üzere 10 hafta boyunca kızarttığı kanola yağında ise %61,7-62,5 arasında, linoleik asit içeriğinin; günde bir kere olmak üzere 10 gün boyunca kızarttığı kanola yağında %19,2-19,8 arasında, haftada bir kere olmak üzere 10 hafta boyunca kızarttığı kanola yağında ise %18,9-19,8 arasında, Σ SFA içeriğinin; günde bir kere olmak üzere 10 gün boyunca kızarttığı kanola yağında %7,8-10,0 arasında, haftada bir kere olmak üzere 10 hafta boyunca kızarttığı kanola yağında ise %7,8-10,6 arasında, Σ USFA içeriğinin; günde bir kere olmak üzere 10 gün boyunca kızarttığı kanola yağında %90,1-92,3 arasında, haftada bir kere olmak üzere 10 hafta boyunca kızarttığı kanola yağında ise %89,3-92,3 arasında, linoleik asit/palmitik asit oranının; günde bir kere olmak üzere 10 gün boyunca kızarttığı kanola yağında 3,49-3,88 arasında, haftada bir kere olmak üzere 10 hafta boyunca kızarttığı kanola yağında ise %3,0-4,0 arasında değiştiğini belirtmiştir. Araştırmacı, yağlarda kızartma sayısının artmasına bağlı olarak Σ USFA miktarının azaldığını, buna karşın Σ SFA miktarının ise arttığını belirlemiştir.

Andrikopoulos *et al.* (2002) yaptıkları çalışmada ısıtıl işlem öncesi natürel sızma zeytinyağının palmitik asit içeriğini %12,3, stearik asit içeriğini %2,4, oleik asit içeriğini %73,0, linoleik asit içeriğini %7,0, Σ PUFA içeriğini %7,6, linoleik asit/palmitik asit oranını 0,57 ve Σ PUFA/ Σ SFA oranını 0,50 olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar palmitik asit içeriğini derin yağda kızartma sonucu %12,1, tavada kızartma sonucu %12,3, stearik asit içeriğini derin yağda ve tavada kızartma sonucu %2,3, oleik asit içeriğini derin yağda kızartma sonucu %72,5, tavada kızartma sonucu %73,0, linoleik asit içeriğini derin yağda kızartma sonucu %6,8, tavada kızartma sonucu %6,4, Σ PUFA içeriğini derin yağda kızartma sonucu %7,4, tavada kızartma sonucu %6,9, linoleik asit/palmitik asit içeriğini derin yağda kızartma sonucu %0,56, tavada kızartma sonucu %0,52, Σ PUFA/ Σ SFA oranını derin yağda kızartma sonucu 0,50, tavada kızartma sonucu 0,40 olarak belirlemişlerdir.

Alpaslan ve Demirci (1992) yaptıkları çalışmada, ayçiçek yağlarının palmitik asit içeriğini ortalama %6,93, stearik asit içeriğini ortalama %4,46, oleik asit içeriğini ortalama %26,13, linoleik asit içeriğini ortalama %62,08 olarak tespit etmişlerdir.

Bansal *et al.* (2010) yaptıkları çalışmada ayçiçek yağının palmitik asit içeriği %6,3, stearik asit içeriği %3,3, oleik asit içeriği %19,7, linoleik asit içeriği %67,7 olarak tespit etmişlerdir.

Özdemir vd (1998), fındık çeşitlerinin bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerini belirledikleri çalışmalarında fındık çeşitlerinin palmitik asit içeriğinin %4,16-4,99 arasında, stearik asit içeriğinin %1,53-2,53 arasında, oleik asit içeriğinin %65,79-74,59 arasında ve linoleik asit içeriğinin %5,14-10,30 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Alasalvar *et al.* (2010) kavurma işleminin fındıkların yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, kavrulmamış fındıkların palmitik asit içeriklerinin %5,0-6,62 arasında, stearik asit içeriklerinin %2,08-3,31 arasında, oleik asit içeriklerinin %77,77-86,91 arasında, linoleik asit içeriklerinin %3,86-13,37 arasında, kavrulmuş fındıkların ise palmitik asit içeriklerinin %4,79-6,64 arasında, stearik asit içeriklerinin %2,15-3,57 arasında, oleik asit içeriklerinin %75,75-86,18 arasında, linoleik asit içeriklerinin %4,92-15,70 arasında değiştiğini tespit etmişler ve kavurma işleminin fındıkların yağ asidi kompozisyonu üzerinde etkisinin çok az olduğunu bildirmişlerdir.

Parcerisa *et al.* (1998) farklı coğrafik kökene sahip fındıklar üzerine yaptıkları araştırmada farklı tür fındıkların palmitik asit içeriklerinin %4,66-6,04 arasında, stearik asit içeriklerinin %1,38-3,36 arasında, oleik asit içeriklerinin %74,13-82,83 arasında ve linoleik asit içeriklerinin ise %8,17-17,78 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Sanchez *et al.* (2003) farklı coğrafyalardan temin edilen fındık yağı ile zeytinyağının yağ asidi kompozisyonlarını belirledikleri çalışmalarında, fındık yağı çeşitlerinin palmitik asit içeriklerinin %4,1-6,8 arasında, stearik asit içeriklerinin %1,6-2,8 arasında,

oleik asit içeriklerinin %73,6-83,5 arasında, linoleik asit içeriklerinin %7,6-16,6 arasında değiştiğini belirlerken, zeytinyağı çeşitlerinin palmitik asit içeriklerini %7,5-21,6 arasında, stearik asit içeriklerini %0,5-6,1 arasında, oleik asit içeriklerini %38,7-83,1 arasında ve linoleik asit içeriklerini ise %2,7-27,5 arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Echarte *et al.* (2003) farklı marketlerden hazır olarak temin ettikleri sığır eti köftelerinin yağ asidi kompozisyonu üzerine mikrodalgada pişirme ve tavada az yağda kızartma (10 ml zeytinyağı, 180°C, 6 dk) işlemlerinin etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, ısıtılmış işlem görmemiş sığır eti köftelerinde %68,24 olarak belirledikleri su içeriğinin, mikrodalgada pişirilmiş örneklerde %62,74'e, tavada az yağda kızartılmış örneklerde ise %61,66'ya düştüğünü, ısıtılmış işlem görmemiş sığır eti köftelerinde %10,33 olarak belirledikleri yağ içeriğinin ise mikrodalgada pişirilen örneklerde %10,02'ye düştüğünü, tavada az yağda kızartılmış örneklerde ise %10,56'ya yükseldiğini belirlemişlerdir. Öte yandan ısıtılmış işlem görmemiş sığır eti köftelerinin palmitik asit içeriğini %26,04, stearik asit içeriğini %14,75, oleik asit içeriğini %39,38, linoleik asit içeriğini %6,07 olarak belirlerken, mikrodalgada pişirilen örneklerde palmitik asit içeriğini %26,35, stearik asit içeriğini %16,54, oleik asit içeriğini %39,26, linoleik asit içeriğini %4,15 olarak, tavada az yağda kızartılan örneklerde ise palmitik asit içeriğini %25,11, stearik asit içeriğini %15,04, oleik asit içeriğini %43,17 ve linoleik asit içeriğini %4,07 olarak belirlemişlerdir. Isıtılmış işlem görmemiş örneklerde Σ SFA, Σ MUFA ve Σ PUFA içerikleri sırasıyla %4,39, %4,52 ve %0,69 olarak, n-3 yağ asidi ve n-6 yağ asidi içerikleri sırasıyla %0,06 ve %0,64 olarak ve n-6/n-3 oranı ise 10,67 olarak hesaplanırken, mikrodalgada pişirilen örneklerde Σ SFA, Σ MUFA ve Σ PUFA içerikleri sırasıyla %4,63, %4,41 ve %0,49 olarak, n-3 yağ asidi ve n-6 yağ asidi içerikleri sırasıyla %0,04 ve %0,45 olarak ve n-6/n-3 oranı ise 11,25 olarak hesaplanmış, tavada az yağda kızartılan örneklerde Σ SFA, Σ MUFA ve Σ PUFA içerikleri sırasıyla %4,30, %5,06 ve %0,51 olarak, n-3 yağ asidi ve n-6 yağ asidi içerikleri sırasıyla %0,08 ve %0,43 olarak ve n-6/n-3 oranı ise 5,37 olarak hesaplanmıştır.

Gibis and Weiss (2010) yaptıkları çalışmada, 230°C sıcaklıkta farklı sürelerde (120 – 180 s) ızgara yaptıkları köftelerin 4,8-DiMeIQx içeriğini nd-0,2 ng/g, PhIP içeriğini, 0,1-0,2 ng/g, MeIQx içeriğini 0,2-1,7 ng/g, Norharman içeriğini 0,2-0,9 ng/g ve Harman içeriğini 0,6-1,7 ng/g arasında belirlemişlerdir.

Keating and Bogen (2001) yaptıkları çalışmada, ızgarada pişirdikleri sığır etinde PhIP içeriğini 0,78 ng/g ve MeIQx içeriğini 0,11 ng/g olarak, tavada kızarttıkları sığır etlerinde PhIP içeriğini 0,64 ng/g, MeIQx içeriğini 0,29 ng/g, 4,8-DiMeIQx içeriğini 0,05 ng/g, AaC içeriğini 0,12 ng/g ve IQ içeriğini 0,01 ng/g olarak, ızgarada pişirilen sığır etlerinde PhIP içeriğini 0,72 ng/g, MeIQx içeriğini 0,25 ng/g, AaC içeriğini 0,33 ng/g ve IQ içeriğini 0,01 ng/g olarak, ızgarada pişirdikleri burgerlerin PhIP içeriğini 0,76 ng/g, MeIQx içeriğini 0,19 ng/g, 4,8-DiMeIQx içeriğini 0,05 ng/g, IQ içeriğini 0,01 ng/g olarak, tavada kızarttıkları burgerlerin PhIP içeriğini 0,72 ng/g, MeIQx içeriğini 0,25 ng/g, DiMeIQx içeriğini 0,004 ng/g, AaC içeriğini 0,33 ng/g olarak, ızgarada pişirilen burgerlerin PhIP içeriğini 0,99 ng/g olarak tespit etmişlerdir. Sığır etlerinde toplam HAA içeriğini orta derecede kızartmada 3,99 ng/g, iyi derecede kızartmada 6,40 ng/g, çok iyi derecede kızartmada 10,2 ng/g, ekstra çok iyi derecede kızartmada 18,8 ng/g olarak, burgerlerde ise iyi derecede kızartmada 2,71 ng/g, çok iyi derecede kızartmada 7,24 ng/g, ekstra çok iyi derecede kızartmada 12,7 ng/g olarak tespit etmişlerdir.

Puangsoombat *et al.* (2012) 204°C sıcaklıkta teflon tavada yağsız olarak kızarttıkları sığır etlerinde MeIQx içeriğini 3,33 ng/g, 4,8-DiMeIQx içeriğini 0,33 ng/g, PhIP içeriğini 5,27 ng/g ve toplam HAA içeriğini 8,91 ng/g olarak, kızarttıkları sığır eti köftelerinde MeIQx içeriğini 3,11 ng/g, 4,8-DiMeIQx içeriğini nd, PhIP içeriğini 2,35 ng/g ve toplam HAA içeriğini 5,46 ng/g olarak, fırınlanmış sığır eti örneklerinde ise MeIQx içeriğini 0,33 ng/g, 4,8-DiMeIQx içeriğini 0,53 ng/g, PhIP içeriğini 1,49 ng/g ve toplam HAA içeriğini 2,34 ng/g olarak tespit etmişlerdir.

Öz *et al.* (2016b) farklı pişirme yöntemlerinin kaz göğüs ve but spesiyal etinde HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, göğüs eti için en yüksek

toplam HAA içeriğini sırasıyla; mikrodalgada pişirilen örneklerde (2,20 ng/g), derin yağda kızartılan örneklerde (1,12 ng/g), haşlanmış örneklerde (0,92 ng/g), ızgarada pişirilmiş örneklerde (0,83 ng/g), fırında pişirilmiş örneklerde (0,47 ng/g), tavada yağsız kızartılan örneklerde (0,23 ng/g) ve tavada az yağda kızartılmış örneklerde (0,18 ng/g) belirlerken, but spesiyal eti için en yüksek toplam HAA içeriğini sırasıyla; mikrodalgada pişirilen örneklerde (2,36 ng/g), derin yağda kızartılan örneklerde (0,49 ng/g), haşlanmış örneklerde (2,42 ng/g), fırında pişirilmiş örneklerde (0,73 ng/g), tavada az yağda kızartılmış örneklerde (0,57 ng/g), tavada yağsız kızartılan örneklerde (0,47 ng/g) ve ızgarada pişirilmiş örneklerde (0,34 ng/g) belirlemiştir.

Oz and Yuzer (2017) farklı pişirme yöntemlerinin hindi göğüs ve but spesiyal etinde HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, her iki et grubu için de en yüksek toplam HAA içeriğinin derin yağda kızartılmış örneklerde tespit edildiğini belirtmişlerdir. Göğüs eti için en yüksek toplam HAA içeriğini sırasıyla; derin yağda kızartılmış örneklerde (52,34 ng/g), fırında pişirilmiş örneklerde (44,74 ng/g), haşlanmış örneklerde (23,22 ng/g), ısıtıcı plakada pişirilmiş örneklerde (18,91 ng/g), tavada kızartılmış örneklerde (13,81 ng/g) ve mikrodalgada pişirilmiş örneklerde (2,90 ng/g) belirlenirken, but spesiyal eti için en yüksek toplam HAA içeriğini sırasıyla; derin yağda kızartılan örneklerde (21,35 ng/g), fırında pişirilmiş örneklerde (18,68 ng/g), mikrodalgada pişirilen örneklerde (16,28 ng/g), haşlanmış örneklerde (15,24 ng/g), tavada az yağda kızartılmış örneklerde (5,92 ng/g), ısıtıcı plakada pişirilmiş örneklerde (2,38 ng/g) belirlenmiştir. Öte yandan araştırmacılar yaptıkları çalışmada farklı yöntemlerle pişirilen her iki et grubu için de toplam HAA içeriğinin büyük bir kısmının MeIQx bileşiğine ait olduğunu bildirmişlerdir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Hammadde

Araştırmada Erzurum Et ve Süt Kurumu Et Kombinasından temin edilen sığır but kası (*M. Gluteus medius*) kaba yağ ve bağ dokuları uzaklaştırıldıktan sonra kıyma haline getirilmiş ve soğuk zincir altında laboratuvara getirilerek köfte hamuru hazırlanmasında hammadde olarak kullanılmıştır. Derin yağda kızartma için kullanılan farklı kızartma yağları (ayçiçek yağı, fındık yağı, kanola yağı, karışım yağ, mısır yağı, riviera zeytinyağı ve natürel sızma zeytinyağı) ise yerel marketlerden temin edilmiştir.

3.1.2. Köfte Hamurunun hazırlanması

Köfte yapımı için, kıyma haline getirilen sığır etinin yağ içeriği, aynı karkastan temin edilen ve ince şekilde kıyılan kaslararası yağ (intermuscular) ile %15'e ayarlanmış, buzdolabında yaklaşık 3 saat dinlendirildikten sonra metal şekil verici ile (7x1 cm) şekil verilerek köfteler hazırlanmış ve araştırmada materyal olarak kullanılmıştır. Herhangi bir interaksiyonun gerçekleşmemesi için köfte yapımında tuz, baharat ve/veya herhangi bir katkı maddesi kullanılmamıştır.

3.1.3. Kimyasallar

Analizlerde kullanılan kimyasal maddeler ve çözeltiler, analitik veya HPLC (High Performance Liquid Chromatography)- grade kalitesinde olup, analitik kalitedeki tüm çözeltiler 0.45 µm filtreden (Millipore) geçirilmiştir.

Dietil eter: Soksilet düzeneğinde yağ ekstraksiyonu yapılırken dietil eter (24004, Sigma-Aldrich) kullanılmıştır.

Potasyum hidroksit (2 N KOH): 11,222 g KOH (60370, Sigma Aldrich) tartılarak metanol ile çözündürülüp 100 mL'ye tamamlanmıştır.

Triklor asetik asit (TCA) solüsyonu: 1 lt TCA solüsyonu için, 75 g triklor asetik asit (27242-1 kg, Sigma Aldrich), 1 g etilen diamin tetra asetik asit (E-6758, Sigma Aldrich), 1 g propil gallat (P-3130, Sigma) (3 mL etanolde çözündürülmüş) tartılmış ve toplam 920 mL saf su ile karıştırılmıştır.

Tiyobarbitürik asit (TBA) solüsyonu: 100 mL TBA solüsyonu için 0,2883 g tiyobarbitürik asit (T-5500, Sigma Aldrich) tartılarak ölçü balonuna aktarılmış, su banyosunda bir miktar saf su ile çözündürüldükten sonra saf su ile belirtilen hacime tamamlanmıştır.

Pürifiye su: Distile edilen saf suyun ilaveten aktif karbonlu saflaştırma sisteminden (Simplicity™ 185, Millipore, Bedford, USA) geçirilmesi ile elde edilmiştir.

Sodyum hidroksit (1 M NaOH): 40 g sodyum hidroksit (06203, Sigma Aldrich), 1 lt ölçü balonuna tartılıp bir miktar saf su ile çözündürüldükten sonra litreye tamamlanmıştır.

Extrelut NT paketleme materyali: Bond elut rezervuarlara paketleme esnasında Extrelut NT paketleme materyali (115092. 1000, refill materyal, Merck) kullanılmıştır.

Etil asetat: Heterosiklik aromatik aminlerin (HAA) ekstraksiyon aşamasında etil asetat (27227, Sigma Aldrich) kullanılmıştır.

Hidroklorik asit (0,1 M HCl): 200 mL HCl çözeltisi için 1,66 ml %37'lik HCl (30721, Riedel Haën) 200 mL'lik ölçü balonuna aktarılmış, saf su ile belirtilen hacime tamamlanmıştır.

Metanol (CH₃OH): HAA'ların ekstraksiyon aşamasında metanol (24229, Riedel Haën, HPLC-Grade) kullanılmıştır.

Metanol: Amonyak (%95 CH₃OH:%5 NH₃): 200 mL metanol-amonyak karışımı için 190 mL metanol ile 10 mL amonyak (05003, Riedel Haën) karıştırılmıştır.

Solvent A: Metanol/Asetonitril (412372000, Carlo Erba, HPLC-Grade)/Su/Glasiyel asetik asit (27225, Riedel Haën)'in 8/14/76/2 oranında karıştırılması ile elde edilen çözeltinin pH'sı %25'lik NH₃ ile 5'e ayarlanarak elde edilmiştir (Messner and Murkovic 2003a, 2003b, 2004).

Solvent B: Asetonitril (%100).

HAA Standartları: IQ (CAS no: 76180-96-6, 2-amino-3-metilimidazo[4,5-*f*]kinolin), IQx (CAS no: 108354-47-8, 2-amino-3-metilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), MeIQ (CAS no: 77094-11-2, 2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5-*f*]kinolin), MeIQx (CAS no: 77500-04-0, 2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), 4,8-DiMeIQx (CAS no: 95896-78-9, 2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), 7,8-DiMeIQx (CAS no: 92180-79-5, 2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), PhIP (CAS no: 105650-23-5, 2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5-*b*]piridin), AαC (CAS no: 26148-68-5, 2-amino-9*H*-pirido[2,3-*b*]indol), MeAαC (CAS no: 68006-83-7, 2-amino-3-metil-9*H*-pirido[2,3-*b*]indol) ve 4,7,8-TriMeIQx (CAS no: 132898-07-8, 2-amino-3,4,7,8-tetrametilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin) Toronto Research Chemicals (Toronto, Canada)'dan satın alınmıştır. Stok standart çözeltiler 100 µg/mL metanol konsantrasyonda hazırlanarak ileri dilüsyonlara seyreltilerek kullanılmıştır (Öz, 2011). Araştırmada 4,7,8-TriMeIQx internal standart olarak kullanılmıştır.

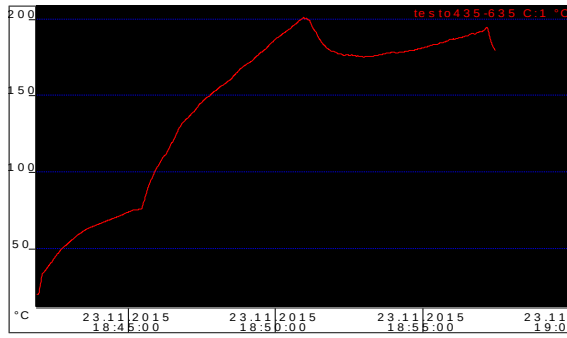
3.2. Metot

3.2.1. Derin yağda kızartma

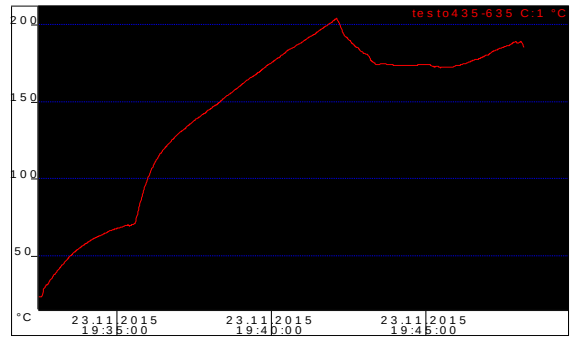
Köftelerin derin yağda kızartılmasında rafine ayçiçek yağı, rafine fındık yağı, rafine kanola yağı, karışım yağı, rafine mısır yağı, riviera zeytinyağı ve natürel sızma zeytinyağı kullanılmıştır. Paslanmaz çelik tencereye konulan yağlar (2 lt) 200°C'ye ısıtılmış (Şekil 3.1), ardından köfteler kızgın yağ içerisine atılmış ve 6 dk kızartılmıştır. Kızartma sonrası oda sıcaklığına soğutulan köfteler, pişirme kayıpları belirlendikten sonra, mutfak tipi mikser ile homojenize edilmiş ve alüminyum folyoya sarılarak analiz edilmeye kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir. Kızartma işleminde sıcaklık laboratuvar tipi termometre (Testo), süre ise laboratuvar tipi kronometre (EAI, T-590) kullanılarak tespit edilmiştir. Farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin pişirme sıcaklık profilleri Şekil 3.2'de verilmiştir.



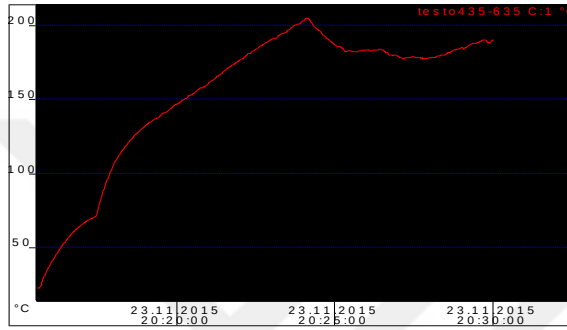
Şekil 3.1. Yağların kızartma öncesi ısıtılması



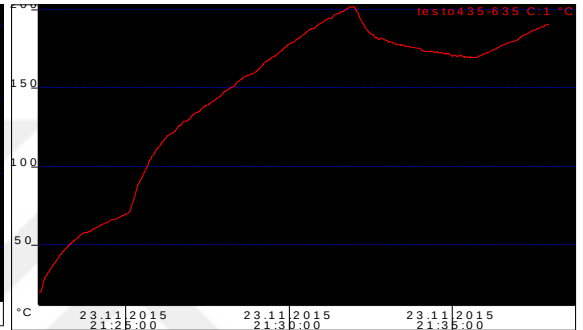
Ayçiçek yağında kızartılmış köfteler



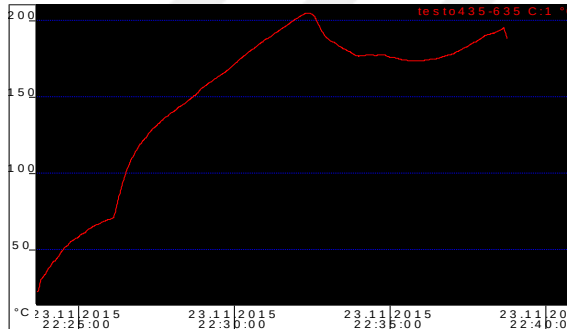
Fındık yağında kızartılmış köfteler



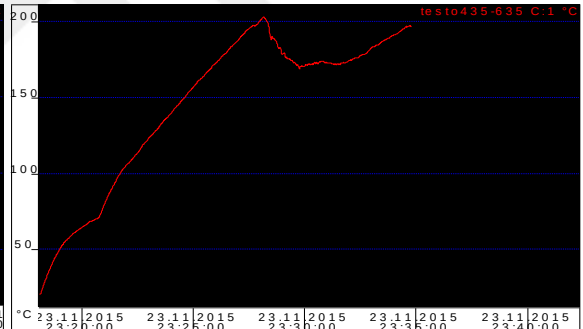
Kanola yağında kızartılmış köfteler



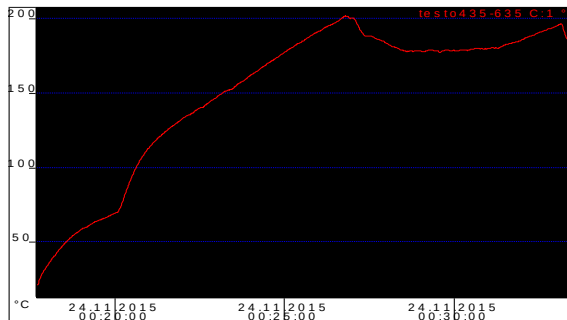
Karışım yağında kızartılmış köfteler



Mısır yağında kızartılmış köfteler



Riviera zeytinyağında kızartılmış köfteler



Natürel sızma zeytinyağında kızartılmış köfteler

Şekil 3.2. Farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin pişirme sıcaklık profilleri

3.2.2. Su içeriğinin belirlenmesi

Örneklerin su içerikleri kurutma kaplarına tartılan yaklaşık 10 g örneğin 100°C'lik etüvde sabit tartım elde edilinceye kadar (yaklaşık 18 saat) kurutulması ile belirlenmiştir (Gökalp vd 2010).

3.2.3. Pişirme kaybının belirlenmesi

Örneklerin derin yağda kızartma öncesi ve sonrası oda sıcaklığına soğutulduktan sonraki ağırlıkları belirlenerek, pişirme kayıpları % olarak hesaplanmıştır (Öz and Kızıl 2013).

3.2.4. pH değerinin belirlenmesi

Homojen hale getirilmiş 10 g örnek üzerine 100 mL saf su ilave edilerek Ultra-Turrax (IKA Werk T 25, 18-10 20.000 UpM Germany)'da 1 dk homojenize edildikten sonra pH metre (ATI ORION 420, MA 02129, USA) kullanılarak okuma işlemi yapılmıştır. pH metre, kullanılmadan önce uygun tampon çözeltiler (pH 4.0 ve pH 7.0) ile kalibre edilmiştir (Gökalp vd 2010).

3.2.5. Lipid oksidasyonunun belirlenmesi

Lipit oksidasyonunun belirlenmesinde, tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri (TBARS) analizi uygulanmıştır. TBARS değeri Kılıç and Richards (2003) tarafından uygulanan yöntemle göre belirlenmiştir. Yönteme göre; et örneklerinden 1'er gram alınmış, üzerine 6 mL TCA solüsyonu ilave edilmiş, 15–30 s homojenize edildikten sonra Whatman 1 filtre kağıdından süzölmüştür. Elde edilen filtrattan bir tüp içine 1 ml alınarak üzerine 1 mL 0.02 M TBA çözeltilisi ilave edilmiştir. Bu karışımlar kaynayan su banyosunda 40 dk tutulmuş, sonra 5 dk çeşme suyu altında soğutulularak 2000 g'de 5 dk santrifüj edilmiştir. Daha sonra numunelerin absorbansı 532 nm dalga boyunda ölçölmüştür. Kör için 1 mL

TCA ekstraktına 1 mL TBA çözeltisi ilave edilerek örnekler için uygulanan aşamalar aynı şekilde yapılmıştır. k değerinin hesaplanmasında 1,1,3,3- tetraetoksipropan kullanılmıştır. TBARS değeri mg MDA/kg örnek olarak hesaplanmıştır.

3.2.6. Ham yağ içeriğinin belirlenmesi

Örneklerin ham yağ miktarı eter ekstraksiyon yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Bu amaçla, kurutulan örnekler, soksilet ekstraksiyon sisteminde dietil eter çözeltisi kullanılarak 8 saat süre ile ekstrakte edilmiş ve örneklerin yağ içeriği gravimetrik olarak belirlenmiştir (Gökalp vd 2010).

3.2.7. Yağ Asidi kompozisyon analizi

Yağ asidi kompozisyonu; yağ asidi metil ester metoduna (AOAC 996.01) göre belirlenmiştir (Satchithanandam *et al.* 2001). Eter ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen 0.1 g yağ 10 mL n-hekzan ile çalkalanarak, 0.5 mL 2 N metanollü potasyum hidroksit çözeltisi eklenip tekrar karıştırılmış, 1-2 saat karanlık ortamda bekletildikten sonra üst fazdan 1 µL alınarak gaz kromatografisine direkt olarak enjekte edilmiştir.

GC Koşulları:

Yağlarda, FAME kompozisyonu; Shimadzu marka gaz kromatografi (model QP2010 Plus) cihazında Restek RTX-2330 kapiler kolon (60 m, 0.25 mm i.d., 0.1 µm film kalınlığı, Bellefonte, PA, USA) ve alev iyonizasyon dedektör (FID) kullanılarak analiz edilmiştir. Kolon fırını sıcaklığı 100°C’de 3 dk tutulduktan sonra, dakikada 4°C artışla 240°C’ye ulaşmış ve son sıcaklık değerinde 18 dk bekleyecek şekilde programlanmıştır. Enjeksiyon sıcaklığı 250°C ve dedektör sıcaklığı 255°C’ye ayarlanmış, taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmış ve akış hızı 0,64 mL/dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Enjeksiyon split oranı 1:80 oranında kullanılmıştır. GC/FID sisteminin kontrolü için LabSolution bilgisayar programı ve standart olarak ise yağ asitleri metil ester (FAME)

mix 37 standardı (Supelco) kullanılmıştır. FAME pikleri; alıkonma zamanları ve FAME standartta belirtilen zincir uzunlukları kıyaslanarak teşhis edilmiştir.

3.2.8. HAA analizi

Kızartılmış örneklerin HAA analizi Oasis metoduna göre yapılmıştır (Messner and Murkovic 2004). Metot kısaca şu şekilde uygulanmıştır; bir behere 1 g pişmiş et örneği tartılıp üzerine 12 mL 1 M NaOH ilave edilmiş ve 1 saat karıştırılmıştır. Üzerine 13 g Extrelut NT paketleme materyali konularak iyice karıştırılmış ve Bond Elut Rezervuarlara paketleme işlemi yapılmıştır. Daha sonra etil asetat, hidroklorik asit ve metanol ile ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiş ve son aşamada ekstrakt 2 mL metanol:NH₃ (19:1) ile elüe edilmiştir. Ekstrakt, HPLC’de okuma yapılincaya kadar -18°C’de bekletilmiş, HPLC analizinden bir gün önce 45°C’lik etüvde bir gece bekletilerek metanol ve amonyak çözeltilerinin uzaklaşması sağlanmış, ardından 100 µl metanol ilave edilerek HPLC-DAD sisteminde analiz edilmiştir.

HPLC Koşulları:

HAA’ların miktar tayinleri; Diode Array Dedektör (DAD-3000), oto sampler (WPS-3000), kolon fırını (TCC-3000) ve pompa (LPG-3400SD) içeren HPLC (Thermo Ultimate 3000, Thermo Scientific, USA) kullanılarak belirlenmiştir. Ayırma işlemi 35°C’de ve 0,7 mL/dk akış hızında, Acclaim™ 120 C18 3mm (4,6x150mm) Tosoh Bioscience GmbH (Stuttgart, Germany) ters fazlı analitik kolonda; Solvent A olarak pH’sı 5,0 (%25’lik amonyum hidroksit ile ayarlanmıştır) olan metanol/asetonitril/su/asetik asit (8/14/76/2, v/v/v/v) ve Solvent B olarak asetonitril (%100) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Öz *et al.* 2015). HAA’ların identifikasyonu, UV spektrumları standart olarak bilinen HAA’ların alıkonma süreleri ile örneklerin alıkonma süreleri karşılaştırılarak yapılmıştır. Örneklerdeki HAA’ların konsantrasyonları, farklı konsantrasyonlarda (10, 7,5, 5, 2,5, 1 ve 0,5 ng/g) standartların yürütülmesi ile hesaplanmıştır. Kantitatif belirleme, harici kalibrasyon eğrisi metodu

kullanılarak gerçekleştirilmiştir. HAA standart eğrilerinin regresyon katsayılarının, analizi yapılan HAA'ların tamamında 0,9999'un üzerinde olduğu belirlenmiştir.

3.2.9. İstatistiki analiz

Mevcut çalışma Şansa Bağlı Tam Bloklar Deneme Planına göre kurulup iki tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Sonuçlar SPSS kullanılarak analiz edilmiş, önemli bulunan ortalama değerler arasındaki farklılıkların değerlendirilmesinde Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (Yıldız ve Bircan 1991).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Köfte Yapımında Kullanılan Et, Et Yağı ve Isıl İşlem Görmemiş Köftelere Ait Çeşitli Analiz Sonuçları

Araştırmada Erzurum Et ve Süt Kurumu, Et Kombinasyonundan temin edilen ve köfte yapımında kullanılmak üzere kıyma haline getirilen sığır but eti (*M. Gluteus medius*) ile köftelerin yağ oranının ayarlanmasında kullanılan aynı karkasa ait et yağı ve ısıl işlem görmemiş köftelerin su, ham yağ, pH ve TBARS analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Köfte yapımında kullanılan et, et yağı ve ısıl işlem görmemiş köftelere ait çeşitli analiz sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

	n	Su (%)	Yağ (%)	pH	TBARS (mg MDA/kg)
Et	2	69,85±0,76	8,52±0,59	5,67±0,10	1,30±0,19
Et Yağı	2	9,00±0,14	77,70±1,85	6,57±0,07	0,22±0,08
Köfte	2	65,66±0,60	14,76±0,06	5,46±0,01	1,29±0,19

n: Örnek sayısı, SD: Standart Sapma

Mevcut araştırmada köfte yapımında kullanılan sığır but etinin ortalama su içeriği, ham yağ içeriği, pH ve TBARS değeri sırasıyla %69,85, %8,52, 5,67 ve 1,30 mg MDA/kg olarak belirlenmiştir. Aynı kas grubunun hammadde olarak kullandığı araştırmalarda, ortalama su ve ham yağ içerikleri ile pH ve TBARS değerini Zaman (2014) sırasıyla %72,29, %4,0, 5,55 ve 0,41 mg MDA/kg olarak, Çakmak (2015) ise sırasıyla %74,12, %5,0, 5,71 ve 0,69 mg MDA/kg olarak tespit etmişlerdir. Araştırmamızda köfte yapımında hammadde olarak kullanılan but etinin yağ içeriğinin Zaman (2014) ve Çakmak (2015)’in kullandığı but etinin yağ içeriğine kıyasla biraz yüksek olduğu ve bu nedenle de su içeriğinin biraz düşük, TBARS değerinin ise biraz yüksek olduğu gözlenmektedir. Öte yandan etin ihtiva ettiği yağ miktarının hayvanın türüne, ırkına, yaşına, beslenme şekli ve düzeyi ile etin işleme yöntemlerine göre değişiklik

gösterdiği bilinmektedir (Gökalp 1984). Aradaki farklılığın bu nedenle olduğu düşünülmektedir. Ancak genel değerlendirme yapıldığında araştırmamızda elde edilen sonuçların literatürdeki sonuçlar ile genellikle uyum içerisinde olduğu görülmektedir (Serrano *et al.* 2007; Lopez-Lopez *et al.* 2011; Li *et al.* 2013).

Mevcut araştırmada köftelerin yağ oranının %15'e ayarlanmasında kullanılan kaslararası et yağının (intermuscular) ortalama su içeriği, ham yağ içeriği, pH ve TBARS değeri sırasıyla %9,0, %77,7, 6,57 ve 0,22 mg MDA/kg olarak belirlenmiştir. Araştırmamızda kullanılan et yağı ile ilgili analiz sonuçlarının literatürdeki veriler ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Zira Gökalp (1984) orta yağlı sığır yağ dokusunun su içeriğinin %11,6-34,6 ve yağ içeriğinin ise %50,4-83,9 arasında değiştiğini belirtmiştir.

Mevcut araştırmada materyal olarak kullanılan ısıl işlem görmemiş köftelerin ortalama su içeriği, ham yağ içeriği, pH ve TBARS değeri sırasıyla %65,66, %14,76, 5,46 ve 1,29 mg MDA/kg olarak belirlenmiştir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir. Nitekim Zaman (2014), %15 yağlı ısıl işlem görmemiş kontrol grubu köftelerin su içeriğini %63,85, pH değerini 5,75 ve TBARS değerini 0,63 mg MDA/kg olarak belirlerken, Çakmak (2015) ise %15 yağlı ısıl işlem görmemiş kontrol grubu köftelerin su içeriğini %62,16, pH değerini 5,51 ve TBARS değerini 1,19 mg MDA/kg olarak belirlemiştir. Benzer şekilde, ısıl işlem görmemiş köftelerde su ve yağ içeriğini Georgantelis *et al.* (2007) sırasıyla %64,4 ve %15,2, Garcia-Lomillo *et al.* (2017) ise %63,0 ve %13,4 olarak belirlemişlerdir. İlaveten Bilek ve Turhan (2009) ısıl işlem görmemiş %10 yağlı kontrol grubu köftelerde su içeriğini %65,45, yağ içeriğini % 11,12, pH değerini 5,78 olarak, %20 yağlı kontrol grubu köftelerde ise su içeriğini %57,68, yağ içeriğini %21,15 ve pH değerini 5,7 olarak tespit etmişlerdir.

Et, et yağı ve ısıl işlem görmemiş köftelerin yağ asidi kompozisyonu üzerine örnekler arası varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere palmitik asit ve n-3 yağ asitleri üzerine örnekler arası önemli bir fark görülmezken ($p>0,05$), n-6/n-3 üzerine önemli ($p<0,05$), stearik asit, Σ SFA, oleik asit, Σ MUFA,

linoleik asit, Σ PUFA, n-6 yağ asitleri, n-9 yağ asitleri, Σ MUFA/ Σ SFA ve Σ PUFA/ Σ SFA üzerine ise çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Et, et yağı ve ısıtılmış işlem görmemiş köftenin yağ asidi kompozisyonu üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları

Yağ Asidi		Sd	KO	F
Palmitik asit	Yöntem	2	6,193	1,404
	Hata	3	4,409	
Stearik asit	Yöntem	2	39,742	234,096**
	Hata	3	0,170	
Σ SFA	Yöntem	2	75,695	2651,314**
	Hata	3	0,029	
Oleik asit	Yöntem	2	52,669	12640,612**
	Hata	3	0,004	
Σ MUFA	Yöntem	2	54,066	2860,653**
	Hata	3	0,019	
Linoleik asit	Yöntem	2	2,190	69,117**
	Hata	3	0,032	
Σ PUFA	Yöntem	2	1,806	45,787**
	Hata	3	0,039	
n-3	Yöntem	2	0,000	1,000
	Hata	3	0,000	
n-6	Yöntem	2	1,768	46,655**
	Hata	3	0,038	
n-9	Yöntem	2	30,473	332,307**
	Hata	3	0,092	
n-6/n-3	Yöntem	2	70,255	17,154*
	Hata	3	4,095	
Σ MUFA/ Σ SFA	Yöntem	2	0,091	4157,455**
	Hata	3	$2,19 \times 10^{-5}$	
Σ PUFA/ Σ SFA	Yöntem	2	0,001	69,828**
	Hata	3	$1,73 \times 10^{-5}$	

Köfte yapımında materyal olarak kullanılan et ve et yağı ile ısıtılmış işlem görmemiş köftelerin yağ asidi kompozisyonu Çizelge 4.3'te verilmiştir. Et, et yağı ve ısıtılmış işlem görmemiş köftelerde beklenildiği gibi majör doymuş yağ asitlerinin palmitik ve stearik asit; majör tekli doymamış yağ asidinin oleik asit ve majör çoklu doymamış yağ asidinin ise linoleik asit olduğu belirlenmiş ve tartışmalar bu yağ asitleri üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Köfte yapımında hammadde olarak kullanılan etin Σ SFA içeriğinin %44,93, Σ MUFA içeriğinin %51,69 ve Σ PUFA içeriğinin ise %3,37 olduğu belirlenmiştir. Etin Σ SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %62) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %27) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %11) oluşturduğu; Σ MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %87) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %13) oluşturduğu; Σ PUFA içeriğinin ise büyük bir kısmının (yaklaşık %87) linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %13) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3. Et, et yağı ve ısıtılmış işlem görmemiş köftelerin yağ asidi kompozisyonu ortalamaları ve standart sapmaları ($\bar{x} \pm SD$)

Yağ Asidi	Et	Et Yağı	Köfte
Palmitik asit (C16:0)	27,82 $\pm$ 0,35	30,64 $\pm$ 3,62	27,41 $\pm$ 0
Stearik asit (C18:0)	12,28 $\pm$ 0,22c	21,04 $\pm$ 0,66a	15,22 $\pm$ 0,17b
Diğer doymuş yağ asitleri	4,84 $\pm$ 0,06	5,1 $\pm$ 2,14	5,37 $\pm$ 0,08
Σ SFA	44,93 $\pm$ 0,05c	56,78 $\pm$ 0,06a	48,0 $\pm$ 0,28b
Oleik asit (C18:1n9c)	44,97 $\pm$ 0a	35,34 $\pm$ 0,11c	43,22 $\pm$ 0,04b
Diğer tekli doymamış yağ asitleri	6,72 $\pm$ 0,03	6,3 $\pm$ 0,39	6,1 $\pm$ 0,04
Σ MUFA	51,69 $\pm$ 0,04a	41,74 $\pm$ 0,23c	49,32 $\pm$ 0,02b
Linoleik asit (C18:2n6c)	2,92 $\pm$ 0,08a	0,89 $\pm$ 0,16b	2,36 $\pm$ 0,26a
Diğer çoklu doymamış yağ asitleri	0,45 $\pm$ 0,01	0,6 $\pm$ 0,02	0,34 $\pm$ 0,01
Σ PUFA	3,37 $\pm$ 0,09a	1,49 $\pm$ 0,18c	2,70 $\pm$ 0,28b
n-3	0,14 $\pm$ 0,01	0,12 $\pm$ 0,01	0,13 $\pm$ 0,01
n-6	3,23 $\pm$ 0,08a	1,37 $\pm$ 0,20c	2,57 $\pm$ 0,26b
n-9	45,36 $\pm$ 0,04a	38,06 $\pm$ 0,52c	44,12 $\pm$ 0,01b
n-6/n-3	23,13 $\pm$ 1,78	11,59 $\pm$ 3,02	19,74 $\pm$ 0,14
Σ PUFA/ Σ SFA	0,08 $\pm$ 0a	0,03 $\pm$ 0c	0,06 $\pm$ 0,01b
Σ MUFA/ Σ SFA	1,15 $\pm$ 0a	0,74 $\pm$ 0,01c	1,03 $\pm$ 0,01b

Mevcut araştırmada köftelerin yapımında hammadde olarak kullanılan sığır etinin yağ asidi kompozisyonunun literatürdeki veriler ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Nitekim Aksu ve Kaya (2002), pastırma yapımında kullandıkları sığır *M. Longissimus dorsi* kasının Σ SFA içeriğinin %51,78, Σ MUFA içeriğinin %45,07 ve Σ PUFA içeriğinin

ise %3,15 olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar etin Σ SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %62) palmitik asit (C16:0) olduğunu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %29) geldiğini, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %9) oluşturduğunu; Σ MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %87) oleik asit (C18:1) olduğunu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %13) oluşturduğunu; Σ PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %99) ise linoleik asit (C18:2) olduğunu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %1) oluşturduğunu bildirmişlerdir. Jiang *et al.* (2010), sığır biftleklerinin yağ asidi kompozisyonunu belirledikleri çalışmalarında Σ SFA içeriğinin %45,80, Σ MUFA içeriğinin %45,10 ve Σ PUFA içeriğinin ise %7,60 olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar etin Σ SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %61) palmitik asit (C16:0) olduğunu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %27) geldiğini, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %12) oluşturduğunu; Σ MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %83) oleik asit (C18:1) olduğunu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %17) oluşturduğunu; Σ PUFA içeriğinin ise büyük bir kısmının (yaklaşık %46) linoleik asit (C18:2) olduğunu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %54) oluşturduğunu belirtmişlerdir. Raes *et al.* (2003) ise Belçika’da perakende satışa sunulan sığır etlerinin Σ SFA içeriğinin %28,4-46,3, Σ MUFA içeriğinin %28,3-47,6 ve Σ PUFA içeriğinin ise %6,93-33,8 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Mevcut araştırmada köftelerin yağ oranlarının ayarlanmasında kullanılan et yağının (intermuscular) Σ SFA içeriğinin %56,78, Σ MUFA içeriğinin %41,74 ve Σ PUFA içeriğinin ise %1,49 olduğu belirlenmiştir. Et yağının Σ SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %54) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %37) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %9) oluşturduğu, Σ MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %85) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %15) oluşturduğu, Σ PUFA içeriğinin ise büyük bir kısmının (yaklaşık %60) linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %40) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Et yağının yağ asidi kompozisyonu üzerine yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar tespit edilmiştir. Nitekim Aksu (2009), sığır eti kaslararası (intermuscular) yağlarının yağ asidi kompozisyonunu araştırdığı çalışmasında; Σ SFA içeriğinin %56,51, Σ MUFA içeriğinin %40,69 ve Σ PUFA içeriğinin ise %2,8 olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı et yağının Σ SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %49) palmitik asit (C16:0) olduğunu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %41) geldiğini, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %10) oluşturduğunu; Σ MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %92) oleik asit (C18:1) olduğunu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %8) oluşturduğunu; Σ PUFA içeriğinin ise büyük bir kısmının (yaklaşık %43) linoleik asit (C18:2) olduğunu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %57) oluşturduğunu belirtmiştir.

Mevcut araştırmada ısıl işlem görmemiş köftelerin Σ SFA içeriğinin %48,00, Σ MUFA içeriğinin %49,32 ve Σ PUFA içeriğinin ise %2,70 olduğu belirlenmiştir. Isıl işlem görmemiş köftelerin Σ SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %57) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %32) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %11) oluşturduğu; Σ MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %88) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin ise kalan kısmı (yaklaşık %12) oluşturduğu; Σ PUFA içeriğinin ise büyük bir kısmının (yaklaşık %87) linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %13) oluşturduğu tespit edilmiştir. Araştırmamızda köfte üretiminde sadece et ve et yağı kullanılmış, başka herhangi bir katkı maddesi kullanılmamış ve kıyma haline getirilen etin yağ içeriği, et yağı kullanılarak %15'e ayarlanmıştır. Bu nedenle araştırmamızda materyal olarak kullanılan köftelerin yağ asidi kompozisyonunun büyük çoğunlukla üretiminde kullanılan et ve et yağının yağ asidi kompozisyonuna benzediği gözlenmektedir.

Isıl işlem görmemiş sığır eti köftelerinin yağ asidi kompozisyonu üzerine yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar tespit edilmiştir. Nitekim Georgantelis *et al.* (2007) yaptıkları çalışmada ısıl işlem görmemiş köftelerin Σ SFA içeriğinin %45,78, Σ MUFA içeriğinin %47,31 ve Σ PUFA içeriğinin ise %4,57 olduğunu belirtmiştir. Araştırmacılar

ısıtıl işlem görmemiş köftelerin Σ SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %58) palmitik asit (C16:0) olduğunu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %30) geldiğini, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %12) oluşturduğunu; Σ MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %76) oleik asit (C18:1) olduğunu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %24) oluşturduğunu; Σ PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %51) ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %49) oluşturduğunu rapor etmiştir.

Bilek and Turhan (2009), yaptıkları çalışmada ısıtıl işlem görmemiş %10 yağlı kontrol grubu köftelerin Σ SFA içeriğinin %51,88, Σ MUFA içeriğinin %34,99 ve Σ PUFA içeriğinin ise %2,57 olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu köftelerin Σ SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %48) palmitik asit (C16:0) olduğunu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %43) geldiğini, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %9) oluşturduğunu, Σ MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %94) oleik asit (C18:1) olduğunu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %6) oluşturduğunu; Σ PUFA içeriğinin ise büyük bir kısmının (yaklaşık %64) linoleik asit (C18:2) olduğunu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %36) oluşturduğunu bildirmişlerdir. Yine aynı çalışmada ısıtıl işlem görmemiş %20 yağlı kontrol grubu köftelerin Σ SFA içeriğinin %51,86, Σ MUFA içeriğinin %34,25 ve Σ PUFA içeriğinin ise %2,26 olduğu belirlenmiştir. Bu köftelerin Σ SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %47) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %44) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %9) oluşturduğu; Σ MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %93) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %7) oluşturduğu; Σ PUFA içeriğinin ise büyük bir kısmının (yaklaşık %65) linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %35) oluşturduğu tespit edilmiştir. Echarte *et al.* (2003) farklı marketlerden hazır olarak satın aldıkları ısıtıl işlem görmemiş %10 yağlı sığır eti köftelerindeki palmitik asit içeriğini %26,4, stearik asit

içeriğini %14,75, oleik asit içeriğini %39,38 ve linoleik asit içeriğini ise %6,07 olarak belirlemişlerdir.

Mevcut araştırmada köfte yapımında materyal olarak kullanılan etin toplam n-3, n-6 ve n-9 yağ asitlerinin sırasıyla %0,14, %3,23 ve %45,36 olduğu, n-6/n-3, Σ MUFA/ Σ SFA ve Σ PUFA/ Σ SFA oranlarının ise sırasıyla 23,13, 1,15 ve 0,08 olduğu tespit edilmiştir. Et yağının toplam n-3, n-6 ve n-9 yağ asitlerinin sırasıyla %0,12, %1,37 ve %38,06 olduğu, n-6/n-3, Σ MUFA/ Σ SFA ve Σ PUFA/ Σ SFA oranlarının ise sırasıyla 11,59, 0,74 ve 0,03 olduğu tespit edilmiştir. Isıl işlem görmemiş köftelerin toplam n-3, n-6 ve n-9 yağ asitlerinin sırasıyla %0,13, %2,57 ve %44,12 olduğu, n-6/n-3, Σ MUFA/ Σ SFA ve Σ PUFA/ Σ SFA oranlarının ise sırasıyla 19,74, 1,03 ve 0,06 olduğu tespit edilmiştir.

Beslenme açısından n-6/n-3 ile Σ PUFA/ Σ SFA oranlarının önemli olduğu bilinmektedir (Raes *et al.* 2003). n-6/n-3 oranının 5 veya daha düşük, Σ PUFA/ Σ SFA oranının ise 0,4'ün üzerinde (Wood *et al.* 2003) hatta 0,7 olması (Raes *et al.* 2003) gerektiği önerilmektedir. Mevcut araştırmamızda kullanılan et, et yağı ve ısıl işlem görmemiş köftenin n-6/n-3 oranlarının (11,59-23,13) tavsiye edilen n-6/n-3 oranının çok üzerinde, Σ PUFA/ Σ SFA oranlarının ise (0,03-0,08) tavsiye edilen Σ PUFA/ Σ SFA oranının çok altında olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan et ile ilgili yapılan çalışmaların birçoğunda bu oranların sağlanamadığı görülmektedir. Nitekim Enser *et al.* (1996) n-6/n-3 oranının sığır etinde 2,11, sığır bifteğinde 2,22, Σ PUFA/ Σ SFA oranının sığır etinde 0,11, sığır bifteğinde 0,07 olduğunu; Raes *et al.* (2003) sığır etinde n-6/n-3 oranının 2,31-6,70 arasında, Σ PUFA/ Σ SFA oranının 0,1-0,77 arasında değiştiğini; Bilek and Turhan (2009) ısıl işlem görmemiş %10 yağlı kontrol grubu köftelerde n-6/n-3 oranının 5,76, Σ PUFA/ Σ SFA oranının 0,05; ısıl işlem görmemiş %20 yağlı kontrol grubu köftelerde n-6/n-3 oranının 5,85, Σ PUFA/ Σ SFA oranının 0,04 olduğunu; Alfaia *et al.* (2010) sığır etinde n-6/n-3 oranının 5,91-6,47 arasında değiştiğini; Jiang *et al.* (2010) sığır bifteklerinin n-6/n-3 oranının 2,50, Σ MUFA/ Σ SFA oranının 1, Σ PUFA/ Σ SFA oranının 0,17 olduğunu; Lopez-Lopez *et al.* (2011) domuz yağı kullanarak ürettikleri ısıl işlem görmemiş sığır eti köftelerinde n-6/n-3 oranının 17,64, Σ PUFA/ Σ SFA oranının ise 0,16 olduğunu; Dominguez *et al.* (2015) at etinde n-6/n-3 oranının 1,02-1,39 arasında

değiştiğini tespit etmişlerdir. Mevcut çalışma ile literatürde yer alan çalışmalar arasındaki yağ asidi kompozisyonun genellikle benzerlik gösterdiği, görülen farklılıkların ise kullanılan kas ve ürün çeşidi ile besleme ve cinsiyet farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir (Raes *et al.* 2003; Webb and O'Neill 2008).

4.2. Köftelerin Su İçeriği Sonuçları

Etin su içeriği görünüş, tekstür, gevreklik, tat-aroma, çeşitli ürünlere işlenme, depolanma, dondurma, ambalajlama, mikrobiyal kalite ve muhafaza süresi üzerine oldukça önemli etkiye sahiptir. Etin su içeriği üzerine hayvanın türü, yaşı, semirtilme durumu, rasyonun tipi, kas tipi, pH, kesimden sonra uygulanan teknolojik işlemler gibi pek çok faktörün etki ettiği bilinmektedir (Kaya 2013). Farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartma işleminin köftelerin su içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartma işleminin köftelerin su içeriği üzerine çok önemli etkisinin ($p<0,01$) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Köftelerin su içeriği üzerine derin yağda kızartma işlemi ile farklı kızartma yağları arasındaki varyans analiz sonuçları

	Sd	KO	F
Yöntem	7	106,602	108,339**
Hata	8	0,984	

Isıl işlem görmemiş ve farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama su içerikleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Beklenildiği gibi farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin tamamında su içeriği, ısıl işlem görmemiş köftelerin su içeriğinden istatistiksel olarak önemli düzeyde düşük bulunmuştur. Isıl işlem görmemiş köftelerin ortalama su içerikleri %65,66 iken, derin yağda kızartılan köftelerin ortalama su içerikleri kızartma yağ çeşidine bağlı olarak %41,54-50,89 arasında değişiklik göstermiştir. Farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerde istatistiksel olarak en yüksek ortalama su içerikleri

sırasıyla; kanola yağı > fındık yağı = ayçiçek yağı $\geq$ karışım yağı = mısır yağı $\geq$ natürel sızma zeytinyağı > riviera zeytinyağı kullanılarak kızartılan köftelerde belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Isıl işlem görmemiş ve farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama su içeriği ve standart sapmaları ($\bar{x} \pm SD$)

Köfteler	n	Su (%)
Çiğ	2	65,66 $\pm$ 0,60 a
Ayçiçek yağı	2	47,71 $\pm$ 1,95 c
Fındık yağı	2	47,88 $\pm$ 0,49 c
Kanola yağı	2	50,89 $\pm$ 0,86 b
Karışım yağı	2	46,25 $\pm$ 0,68 cd
Mısır yağı	2	46,19 $\pm$ 1,10 cd
Riviera zeytinyağı	2	41,54 $\pm$ 0,63 e
Natürel sızma zeytinyağı	2	44,73 $\pm$ 0,82 d

n: Örnek sayısı, SD: Standart Sapma

Galanakis *et al.* (2010) yaptıkları çalışmada ısıtma işlemi ile köftelerin su içeriklerinin azaldığını ve ısıtma işlemi görmemiş yağsız (%2,3 yağlı) köftelerde %80,5 olarak belirledikleri su içeriğinin, 160°C'de 3 dk zeytinyağı içerisinde derin yağda kızarttıkları köftelerde %58,8'e düştüğünü; ısıtma işlemi görmemiş yağlı (%12,7 yağlı) köftelerde %64,9 olarak belirledikleri su içeriğinin, 160°C'de 3 dk zeytinyağı içerisinde derin yağda kızarttıkları köftelerde ise %57,3'e düştüğünü bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada derin yağda kızartılmış köftelerde su içeriğinin (%41,54-50,89) Galanakis *et al.* (2010) tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlardan düşük olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca araştırmacıların köfte hazırlanmasında farklı katkı maddelerini (soğan, patates, tuz, biber ve su) kullanmalarının ve mevcut araştırmaya kıyasla kızartma şartlarının (sıcaklık, süre ve yağ miktarı) farklı olmasının etki ettiği düşünülmektedir. Zira mevcut çalışmada köfte yapımında sadece et ve et yağı kullanılmış, başka herhangi bir katkı maddesi kullanılmamış ve köfteler 200°C'ye ısıtılmış derin yağda (2 lt) 6 dk kızartılmıştır.

Sánchez del Pulgar *et al.* (2012) ısıtma işlemi neticesinde ette görülen su kaybının 3 ana nedeninin olduğunu bildirmiştir. Bunlar; 1) Sıcaklık nedeniyle etteki suyun buharlaşması, 2) Sıcaklığın myofibriller proteinlerde şirink ve fibriller arasındaki

hacimde azalmaya yol açması nedeniyle myofibrillerin su tutma kapasitesinde kayıpların olması, 3) 56-62°C arasındaki sıcaklıkların perimisyal bağ dokuda görülen büzüşme ve kas lifi demetlerinin sıkışması nedeniyle serbest suyun etten ayrılmasını kolaylaştırmasıdır.

4.3. Pişirme Kaybı Sonuçları

Et ve et ürünleri, özellikle çiğ tüketilen ürünler hariç genellikle pişirilerek tüketilmektedir. Etin pişirilmesi ile lezzetli ve güvenilir bir ürün elde edildiği gibi, usulüne uygun olarak yapılan ısı işlem, patojen mikroorganizmaların inaktivasyonu ile etin hijyenik kalitesini artırmakta ve neticede ürünün raf ömrünü de uzatmaktadır. Öte yandan pişirme işlemi boyunca gerçekleşen bir takım reaksiyonlar, gıdanın besin değerini olumlu (protein denatürasyonu nedeniyle sindirilebilirliğin artması) veya olumsuz yönde (ısıl işleme dayanıksız vitamin ve mineral maddede azalma ve lipid oksidasyonu nedeniyle yağ asidi kompozisyonunda değişiklik) etkileyebilmektedir (García-Arias *et al.* 2003; Gerber *et al.* 2009).

Araştırmada farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartma işleminin köftelerin pişirme kaybı üzerine etkisi Çizelge 4.6’da verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere farklı kızartma yağlarının köftelerin pişirme kaybı üzerine önemli etkisinin ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Köftelerin pişirme kaybı üzerine derin yağda kızartma işlemi ve farklı kızartma yağları arasındaki varyans analiz sonuçları

	Sd	KO	F
Yöntem	6	25,309	3,339*
Hata	7	7,579	

Farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama pişirme kaybı değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama pişirme kaybı değerleri

%45,17-56,81 arasında değişiklik göstermiştir. Mevcut araştırmada derin yağda kızartılan köftelerin pişirme kayıplarının, köftelerin su içerikleri ile genellikle uyumlu olduğu görülmektedir. Nitekim derin yağda kızartılan köfteler içerisinde istatistiksel olarak en düşük ortalama pişirme kaybı, istatistiksel olarak en yüksek su içeriğine sahip kanola yağında kızartılmış köftelerde, istatistiksel olarak en yüksek ortalama pişirme kaybı ise yine istatistiksel olarak en düşük su içeriğine sahip riviera zeytinyağında kızartılmış köftelerde belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama pişirme kaybı değer ve standart sapmaları ($\bar{x} \pm SD$)

Köfteler	n	Pişirme Kaybı (%)
Ayçiçek yağı	2	49,66±4,21 bc
Fındık yağı	2	49,76±1,10 bc
Kanola yağı	2	45,17±1,37 c
Karışım yağı	2	52,53±1,89 ab
Mısır yağı	2	52,16±1,38 ab
Riviera zeytinyağı	2	56,81±0,40 a
Natürel sızma zeytinyağı	2	49,84±5,16 bc

n: Örnek sayısı, SD: Standart Sapma

Rodriguez-Estrada *et al.* (1997), et ürünlerinin pişirilmesinin asıl olarak su kaybı nedeniyle ağırlıkta azalmaya neden olduğunu bildirmiştir. Öte yandan pişirme işlemi ile etten uzaklaşan tek bileşenin su olmadığı, suyun beraberinde suda çözünen bir takım maddeleri de uzaklaştırdığı bilinmektedir (Sánchez del Pulgar *et al.* 2012). Nitekim Gerber *et al.* (2009)'a göre Laroche (1988) pişirme boyunca etten uzaklaşan et suyunun, myofibriller veya sarkoplazmik proteinler, kalojen, lipitler, tuz, polifosfatlar ve aroma bileşikleri gibi çeşitli bileşikler de içerdiğini göstermiştir.

Johansson *et al.* (1995), yaptıkları araştırmada 6 farklı kızartma yağı (tereyağı, margarin, margarin yağ fazı, sıvı margarin, kolza yağı ve ayçiçek yağı) kullanarak 200°C'lik tavada az yağda (40–50 g) 8 dk kızarttıkları sığır et köftelerinde pişirme kaybını %34,5 olarak belirlemişlerdir. Galanakis *et al.* (2010) ise pişirme kaybını; zeytinyağı içerisinde derin yağda 160°C'de 3 dk kızartılan yağsız (%2,3 yağlı) köftelerde %48,4, yağlı (%12,7) köftelerde ise %25,8 olarak belirlemişlerdir. Mevcut

araştırmada derin yağda kızartılmış köftelerde belirlenen pişirme kaybının (%45,17-56,81), Johansson *et al.* (1995) ve Galanakis *et al.* (2010) tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlardan genellikle daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca araştırmamızda köfte hazırlanmasında herhangi bir katkı maddesinin kullanılmamasının ve kızartma süresinin daha uzun olmasının etki ettiği düşünülmektedir. Öte yandan pişirme kaybı üzerine etlerin boyutu (büyüklük ve kalınlık) ve pişirme alet ve ekipmanının da etki ettiği bilinmektedir (Öz 2017b).

4.4. pH Sonuçları

Etin pH değeri et kalitesinin değerlendirilmesinde oldukça önemlidir. pH değeri etin görünüşü, tekstürü, rengi, aroması, hangi ürünlere işlenebileceği, su tutma kapasitesi, pişirme kaybı ve mikrobiyolojik faaliyet nedeniyle de raf ömrü üzerine etkilidir (Kaya 2013).

Araştırmada köftelerin pH değeri üzerine kızartma işlemi ile farklı kızartma yağlarının etkisi Çizelge 4.8’de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere kızartma işlemi ile farklı kızartma yağlarının köftelerin pH değeri üzerine çok önemli etkisinin ($p<0,01$) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Köftelerin pH değeri üzerine derin yağda kızartma işlemi ve farklı kızartma yağları arasındaki varyans analiz sonuçları

	Sd	KO	F
Yöntem	7	0,077	23,634**
Hata	8	0,003	

Isıl işlem görmemiş köfteler ve farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama pH değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi ısıtılmış köftelerin ortalama pH değeri 5,46 iken, farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama pH değerleri kullanılan kızartma yağına bağlı olarak beklenildiği gibi artmış ve 5,89-6,09 arasında

değişiklik göstermiştir. Derin yağda kızartılan köfteler içerisinde en düşük ortalama pH değeri natürel sızma zeytinyağında kızartılmış köftelerde tespit edilirken, en yüksek ortalama pH değeri ise karışım yağında kızartılmış köftelerde belirlenmiştir.

Çizelge 4.9. Isıl işlem görmemiş ile farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama pH değerleri ve standart sapmaları ($\bar{x} \pm SD$)

Köfteler	n	pH
Çiğ	2	5,46±0,01 c
Ayçiçek yağı	2	6,03±0,01ab
Fındık yağı	2	5,96±0,01 ab
Kanola yağı	2	6,02±0,02 ab
Karışım yağı	2	6,09±0,01 a
Mısır yağı	2	5,90±0,15 b
Riviera zeytinyağı	2	6,02±0,05 ab
Natürel sızma zeytinyağı	2	5,89±0,04 b

n: Örnek sayısı, SD: Standart Sapma

Öz *et al.* (2017) yaptıkları çalışmada pişirme işleminin köftelerin pH değerini istatistiksel olarak önemli düzeyde artırdığını belirtmişler ve ısıl işlem görmemiş köftelerde 6,09 olarak belirledikleri pH değerinin pişirilmiş örneklerde 6,17'ye yükseldiğini belirtmişlerdir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (Serdaroğlu ve Değirmencioğlu 2004; Serdaroğlu 2006; Bilek and Turhan 2009; Öz 2014). Nitekim Öz (2014), ısıl işlem görmemiş köftelerde 5,65 olarak belirledikleri pH değerinin ısıl işlem neticesinde 5,92'ye yükseldiğini belirlemiştir. Pişirme işleminin etin pH değerini artırması; pişirme neticesinde etteki imidazol, sülfidril ve hidroksil gruplarını içeren bağların serbest hale gelmesi ile açıklanmaktadır (Girard 1992).

4.5. Lipid Oksidasyon Analizi Sonuçları

Sağlık üzerine olumsuz etkilerinin bilinmesine rağmen derin yağda kızartılmış ürünler tüketiciler arasında hala popülerliğini korumaktadır. Bu durumun en önemli nedeninin derin yağda kızartılan gıdalardaki eşsiz duyu kalite olduğu ve bu duyu kalitenin diğer pişirme yöntemleri ile sağlanamadığı belirtilmektedir (Daniel *et al.* 2005). Öte

yandan kızartma yağlarının birden fazla kez kullanılması sağlık üzerine olumsuz etkiye sahip olan arzu edilmeyen bileşiklerin oluşumunu artırdığı da unutulmamalıdır. Nitekim derin yağda kızartma boyunca yağlar çoğu kez atmosferik oksijen varlığında yüksek sıcaklıklara maruz kalmakta ve neticede potansiyel toksik maddeler oluşmakta ve ürünler karsinogenik özellik kazanabilmektedir. Öte yandan kızartma esnasında çoklu doymamış yağ asitlerinde görülen azalma nedeni ile kızartma yağlarının beslenme açısından önemi de etkilenmektedir. Bu nedenle kızartma yağlarına gerek depolama gerekse ısıtma işlemi esnasında oksidatif bozulmayı geciktirme amacıyla çeşitli antioksidanların katılması düşünülmüştür (Tyagi and Vasisktha 1996). Mevcut araştırmada kızartma yağı olarak kullanılan yağlardan fındık yağı ve karışım yağında antioksidan kullanıldığı ürün etiketlerinde belirtilmiştir.

Lipit oksidasyonu et ve et ürünlerinin raf ömrünü kısıtlayan en önemli faktörlerden biridir. Lipit oksidasyonu ransit ve hoş olmayan aroma oluşumu ve neticede et ürünlerinin duyu kalitesini azaltan alkanlar, alkenler, aldehitler, ketonlar, alkol, esterler ve asitler gibi farklı uçucu organik bileşiklere kolaylıkla parçalanabilen hidroperoksitlerin oluşumunu içermektedir. Et ürünleri genellikle yüksek miktarda yağ ve tuz gibi prooksidan içermeleri nedeniyle lipit oksidasyonuna yüksek miktarda maruz kalmaktadır. Ayrıca kıyma haline getirme ve pişirme gibi işlemler yapısal degradasyon ve prooksidanların serbest hale gelmesi nedeniyle lipit oksidasyonuna karşı stabiliteyi azaltmaktadır. İlaveten et sanayinde parlak kırmızı rengin korunması için kullanılan yüksek oksijen atmosferinde muhafaza da lipit oksidasyonunu hızlandırmaktadır (Garcia-Lomillo *et al.* 2017). Et ve et ürünlerindeki lipid oksidasyonunu belirlemek için genellikle TBARS analizi yapılmaktadır. Örneklerdeki TBARS içeriğinin etin kalitesinin bozulması ve potansiyel olarak toksik bileşiklerin oluşumu ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (Juárez *et al.* 2010).

Köftelerin TBARS değeri üzerine derin yağda kızartma işlemi ile farklı kızartma yağlarının etkisi Çizelge 4.31’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere derin yağda kızartma işlemi ile farklı kızartma yağlarının köftelerin TBARS değeri üzerine çok önemli etkisinin olduğu ($p<0,01$) belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Köftelerin TBARS değeri üzerine derin yağda kızartma işlemi ve farklı kızartma yağları arasındaki varyans analiz sonuçları

	Sd	KO	F
Yöntem	7	0,246	14,641**
Hata	8	0,017	

Isıl işlem görmemiş ve farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin TBARS değeri sonuçları **Çizelge 4.32**'de verilmiştir. Mevcut araştırmada ısıtılmış işlem görmemiş köftelerin 1,29 mg MDA/kg olan TBARS değerinin derin yağda kızartma sonrası istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p < 0,05$) artarak 1,87-2,49 mg MDA/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. İstatistiksel olarak en yüksek TBARS içeriğinin riviera zeytinyağında kızartılmış köftelerde (2,49 mg MDA/kg) $\geq$ natürel sızma zeytinyağında kızartılmış köftelerde (2,30 mg MDA/kg) $>$ fındık yağında kızartılmış köftelerde (2,08 mg MDA/kg) = kanola yağında kızartılmış köftelerde (2,05 mg MDA/kg) = ayçiçek yağında kızartılmış köftelerde (2,01 mg MDA/kg) $\geq$ mısır yağında kızartılmış köftelerde (1,92 mg MDA/kg) = karışım yağında kızartılmış köftelerde (1,87 mg MDA/kg) olarak belirlenmiştir. Bu sıralamada kızartma yağlarına üreticiler tarafından katılan antioksidan çeşidi, antioksidan miktarı ve yağların yağ asidi kompozisyonlarının etki ettiği düşünülmektedir. Nitekim Ramirez *et al.* (2004) farklı kızartma yağlarında kızartılan domuz pirzolarlarında lipit oksidasyonunun arttığını, analiz sonuçlarının yağlar arasında farklılık gösterdiğini belirtmiş ve bu durumu kızartma yağlarındaki antioksidan bileşiklerin aktivitesindeki farklılıklara bağlamışlardır. Mevcut araştırmada kullanılan kızartma yağlarından sadece fındık yağı ve karışım yağının antioksidan içerdiği belirtilmesine karşın bitkisel yağların bünyelerinde belirli miktarda antioksidan içerdiği de bilinmektedir. Öte yandan antioksidan ilavesi ile oksidasyonun geciktirilebileceği ancak çoğu antioksidanın derin yağda kızartma koşulları altında buharlaşması veya dekompozisyonu nedeniyle derin yağda kızartma esnasında koruyucu etkilerinin azalabileceği belirtilmektedir (Onal-Ulusoy *et al.* 2005; Choe and Min 2007).

Çizelge 4.11. Isıl işlem görmemiş ve farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin TBARS değerleri ve standart sapmaları ($\bar{x} \pm SD$)

	n	TBARS (mg MDA/kg)
Çiğ	2	1,29±0,19 d
Ayçiçek yağı	2	2,01±0,01 bc
Fındık yağı	2	2,08±0,08 bc
Kanola yağı	2	2,05±0,15 bc
Karışım yağı	2	1,87±0,04 c
Mısır yağı	2	1,92±0,20 c
Riviera zeytinyağı	2	2,49±0,20 a
Natürel sızma zeytinyağı	2	2,30±0,10 ab

n: Örnek sayısı, SD: Standart Sapma

Sıcaklık, oksijen, ışık, katalizörler, lipoksigenaz vb. pek çok faktörün oksidasyona etki ettiği, etteki oksidasyonun asıl nedeninin ısı işlem olduğu belirtilmektedir. Pişirme işlemi ile lipid oksidasyonunun artması beklenmektedir.

Pişirme işlemi; oksimiyoglobinden oksijenin serbest hale gelmesine izin veren enzimleri inaktif hale getirdiği gibi hücresel yapıyı da tahrip etmektedir. Ayrıca et ısı işleme tabi tutulduğunda oksidasyonu kolaylaştıran hem demir nedeni ile de lipid oksidasyonunda bir artış gözlenmektedir. Bazı çalışmalar yavaş pişirme işleminin stabilite için daha iyi olduğunu gösterirken, bazıları ise 100°C üzerindeki sıcaklıklarda pişirme işleminin oksidasyonu engellediğini belirtmişlerdir. Öte yandan pişirme sıcaklığının 90°C veya yukarısına çıktığı zaman ette oluşan Maillard reaksiyon ürünlerinin antioksidan olarak görev aldıkları da belirtilmektedir (Lepper-Blilie *et al.* 2014). Öte yandan pişirme işleminin TBARS değeri üzerine etkisinin değişiklik gösterdiği literatürden görülmektedir. Bazı araştırmacılar (Rao *et al.* 1996; Hernández *et al.* 1999; Serrano *et al.* 2007; O'Grady *et al.* 2008; Alfaia *et al.* 2010; Juárez *et al.* 2010; Peiretti *et al.* 2012; Domínguez *et al.* 2014a, 2014b; Roldán *et al.* 2014) farklı hayvanlardan elde edilen etlerin pişirilmesi sonucu TBARS değerinin çiğ ete kıyasla arttığını, bazı araştırmacılar (Serrano *et al.* 2007; Weber *et al.* 2008; Alfaia *et al.* 2010; Juárez *et al.* 2010; Peiretti *et al.* 2012) ise bazı pişirme yöntemlerinin böyle bir etkiye sahip olmadığını belirtmiştir. TBARS testi ile ölçülen bileşiklerin oldukça reaktif oldukları, ette mevcut olan protein ve aminoasitler gibi çeşitli bileşikler ile reaksiyona girerek daha farklı bileşikler

oluşturabildikleri ve bu nedenle de TBARS değerinin pişirme neticesinde çiğ ete kıyasla düşük çıkabileceği de belirtilmektedir (Meinert *et al.* 2007; Sánchez del Pulgar *et al.* 2012; Domínguez *et al.* 2014a). Nitekim Ferioli *et al.* (2008) yaptıkları araştırmada pişirme işleminin TBARS değerinde artışa neden olmadığını tespit etmişler, bu durumu tiyobarbitürik asit reaktif maddelerin düşük molekül ağırlıklı uçucu bileşikler olması nedeniyle pişirme işlemi esnasında su ile uzaklaşmaları ve/veya termal degradasyon veya kondensasyon reaksiyonlarında kaybolmaları ile açıklamışlardır.

Yapılan çalışmalar kızartılmış gıdalarda Maillard reaksiyonunun gelişimi sonucu antioksidan aktiviteye sahip belirli bileşiklerin oluştuğunu ve oluşan bu bileşiklerin kızartılmış et ve soğukta muhafaza edilen kızartılmış etlerde lipid oksidasyonunun kontrolünde önemli rol oynadığını göstermektedir. Öte yandan etin lipid oksidasyonuna uğramasına; doymamış yağ asidi içeriği, lipid fraksiyonlarının yağ asidi kompozisyonu ve antioksidan/prooksidan faktörleri arasındaki denge gibi çeşitli faktörler etki etmektedir. Etin pişirilmesi hücre yapısının bozulmasına yol açmakta ve bu durum lipid oksidasyonunu teşvik eden çoklu doymamış yağ asitleri ile prooksidan interaksiyonlara neden olmaktadır. Ancak etin soğukta muhafazası esnasında en önemli degradasyon proseslerinden biri olan lipid oksidasyonunun pişmiş ette daha az bir rolü olduğu, çünkü ısıl işlemin lipolitik kas enzimlerinin termal denatürasyonuna neden olduğu ve bu inaktivasyonun serbest yağ asitlerinin açığa çıkmasını azalttığına katkı sağladığına inanılmaktadır. Araştırmalar lipid oksidasyon kaynaklı ürünlerin et kalitesini etkilediğini, duyuşal özelliklerinin yanında esansiyel yağ asitlerinin ve vitaminlerin oksidasyonunu bir sonucu olarak etin besin değerini de azalttığını göstermektedir. Öte yandan araştırmalar kızartma işleminin mutfak ve yemekle pişirme ile ilgili diğer işlemlerden daha az zararlı etkiye sahip olduğunu göstermiş ve bu durum ısıl işlem esnasında Maillard reaksiyon ürünleri gibi ısıl işlem neticesinde oluşan antioksidanların oksidatif proseslerin gelişmesini önleyebilmesine bağlanmıştır (Ramirez *et al.* 2005).

Wong *et al.* (2015) 0.1-0.4 mmol vitamin E'nin sığır et köftelerinde lipid oksidasyonunu %45 oranında inhibe edebildiğini belirtmiş ve bu sonucu; lipid oksidasyonu esnasında vitamin E'nin bazı anahtar aldehitler ve ketonların oluşumunu

engellemesine bağlamışlardır. Frankel (1998) alfa-tokoferolün, singlet oksijen veya peroksi radikaller ile reaksiyona girmesi yoluyla serbest radikalleri uzaklaştırdığını ve neticede lipid oksidasyonunu azalttığını belirtmektedir. Rojas and Brewer (2007) da, epikateşin gibi polifenollerin pişirilmiş domuz ve sığır etinde oksidasyon zincirinin yayılmasını önleyerek ve serbest radikalleri azaltarak lipid oksidasyonunu inhibe etmek için yeterli olduklarını göstermiştir. Bu antioksidanlar ayrıca metaller ile çelat oluşturmakta veya reaktif oksijen türler (ROS) ile reaksiyona girerek onları radikal olmayan türlere dönüştürebilmekte ve sonuçta reaksiyonlar sonlanmaktadır (Roman *et al.* 2013). Öte yandan, Gunstone (2002) doymamış yağ asit içeriğinin yükselmesi ile lipid oksidasyonun daha kolay gerçekleştiğini ve Maillard reaksiyonu ile interaksiyona girilebileceğini belirtmektedir. Bu durum ise HAA'ların oluşumu açısından önemlidir. Çünkü pek çok araştırmacı HAA'ların oluşumunda, lipid oksidasyonundan oluşan serbest radikaller ve Maillard reaksiyonlarından oluşan serbest radikaller arasındaki interaksyonların etkili olduğunu belirtmektedir (Skog *et al.* 1998; Hwang and Ngadi 2002). Lipid oksidasyonunda oluşan aldehitler ve ketonlar gibi serbest radikaller, daha fazla HAA oluşturmak için amino grubunun polar baş kısmı ile reaksiyona girerek Maillard reaksiyonunu etkileyebilmektedir (Johansson and Jägerstad 1994; Jägerstad *et al.* 1998; Zamora and Hidalgo 2015).

4.6. Yağ Analizi Sonuçları

Etin yağ içeriği ve yağ asidi kompozisyonu et kalitesi ve besin değerine olan etkileri nedeniyle tüketiciler için en önemli konulardan birini oluşturmaktadır (Wood *et al.* 2004). Araştırmada farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartma işleminin köftelerin yağ içeriği üzerine etkisi **Çizelge 4.10**'da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere derin yağda kızartma işlemi ile farklı kızartma yağlarının köftelerin yağ içeriği üzerine önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Köftelerin yağ içeriği üzerine derin yağda kızartma işlemi ve farklı kızartma yağları arasındaki varyans analiz sonuçları

	Sd	KO	F
Yöntem	7	2,045	1,705
Hata	8	1,200	

Isıl işlem görmemiş köfteler ve farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ham yağ içerikleri **Çizelge 4.11**'de verilmiştir. Mevcut araştırmamızda ısıl işlem görmemiş köftelerde yağ içeriği et yağı ile %15'e ayarlanmış ve çizelgeden de görüldüğü gibi ısıl işlem görmemiş köftelerin ortalama yağ içeriği %14,76 olarak belirlenmiş, farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama yağ içeriğinin ise %13,98-16,75 arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Derin yağda kızartılan köfteler içerisinde en düşük ortalama yağ içeriği rafine mısır yağında kızartılmış köftelerde, en yüksek ortalama yağ içeriği ise riviera zeytinyağında kızartılmış köftelerde belirlenmiştir.

Çizelge 4.13. Isıl işlem görmemiş köfteler ve farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama ham yağ değeri ve standart sapmaları ($\bar{x} \pm SD$)

Köfteler	n	Yağ (%)
Çiğ	2	14,76±0,06
Ayçiçek yağı	2	15,08±0,51
Fındık yağı	2	15,95±0,50
Kanola yağı	2	14,18±0,40
Karışım yağı	2	15,43±0,01
Mısır yağı	2	13,98±2,64
Riviera zeytinyağı	2	16,75±1,24
Natürel sızma zeytinyağı	2	16,44±0,67

n: Örnek sayısı, SD: Standart Sapma

Girard (1992), düşük yağ içeriğine sahip etlerin yağ içeriklerinin pişirme işlemi ile birlikte artabileceği, yağ içeriği yüksek olan etlerin yağ içeriklerinin ise pişirme işlemi ile azalabileceğini belirtmektedir. Nitekim Galanakis *et al.* (2010) yaptıkları çalışmada, ısıl işlem görmemiş yağsız (%2,3) köftelerin 160°C'de 3 dk zeytinyağı içerisinde derin yağda kızartılması sonucu yağ içeriklerinin arttığını (%9,4), öte yandan ısıl işlem görmemiş yağlı (%12,7) köftelerin 160°C'de 3 dk zeytinyağı içerisinde derin yağda

kızartılması sonucu ise yağ içeriklerinin (%11,2) azaldığını bildirmişlerdir. Mevcut araştırmada ise kanola ve mısır yağında kızartılmış köftelerin yağ içeriği ısıl işlem görmemiş köftelerin yağ içeriğine kıyasla azalmış, diğer kızartma yağları ile kızartılan köftelerin yağ içeriklerinde ise ısıl işlem görmemiş köftelerin yağ içeriğine kıyasla artış gözlenmiştir. Ancak ısıl işlem görmemiş köftelerin yağ içeriği ile farklı kızartma yağları kullanılarak kızartılan köftelerin yağ içerikleri arasında istatistiksel olarak bir farklılık belirlenmemiştir ($p>0,05$). Gerber *et al.* (2009), pişirme işlemi ile birlikte etin serbest suyunu kaybetmesi nedeniyle toplam yağ içeriğinde oransal bir artış görüldüğünü, fakat başlangıçtaki ağırlıklarıyla kıyaslanmaları durumunda et örneklerinin yağ kaybettiğini belirtmektedir. Öte yandan, Gökalp (1984) pişirme işlemi ile denatüre olup, katı ve kıvamlı hale gelerek ete daha sıkı şekilde tutunan proteinlerin aksine, yağların bir kısmının eriyerek etten uzaklaştığını, hatta yağ kaybının etin derin yağda kızartılmasında dahi olduğunu belirtmektedir. Araştırmacı bu durumu; etin kırmızı kas dokusunun lipofobik olmasına ve bu nedenle de ısıl işlem esnasında ulaşılan sıcaklık ile eriyen yağı çekerek bünyesinde tutamamasına bağlamaktadır.

4.7. Yağ Asidi Kompozisyonu Analizi Sonuçları

Yağların çeşitli özellikleri bünyesindeki yağ asitlerinin özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Güleç 2010). n-3, n-6 ve n-9 yağ asitlerinden oluşan omega yağ asitlerinin, beyin gelişimi, bağışıklık sisteminin güçlenmesi, koroner kalp hastalıklarının önlenmesi gibi fonksiyonlarının bulunduğu, eksikliklerinde bazı deri hastalıkları, astım, büyümede gerileme, şeker ve çeşitli kanser türlerinin (göğüs ve prostat) oluşması yanında, öğrenme eksikliğinin görüldüğü de belirtilmektedir (Lewis *et al.* 2000).

Doymuş yağ asitleri ve trans yağlar uluslararası otoriterler tarafından diyetle azaltılması gereken asıl bileşenler olarak tanımlanmaktadır (WHO 2003). Diyetle çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) içeriğinin özellikle de n-6'ya kıyasla n-3 PUFA'daki artışın, halk sağlığını geliştirmek için kümülatif etkiye sahip olabileceği belirtilmektedir. Ayrıca ruminant hayvan etlerinin insan diyeti için önemli miktarda PUFA sağladığı, buna

karşın bazı etlerin düşük PUFA/SFA ve yüksek n-6/n-3 oranına sahip olmasının ise yağ asidi alımında problemlere neden olabildiği belirtilmektedir (Wood *et al.* 2004).

Yüksek doymuş yağ asitli gıdaların total plazma kolesterolünü artırdığı, ancak tamamının eşit bir oranda kolesterolemik olmadığı ve kalp-damar hastalıklarını azaltmak için SFA alımının azaltılması gerektiği bilinmektedir. PUFA'nın ise plazma kolesterolünü düşürdüğü bilinmektedir. Ayrıca kan basıncını düşürdüğü ve kardiyak aritmiyi önlediği gibi diğer bazı potansiyel faydalarının olduğuna dair araştırmalar da bulunmaktadır. Öte yandan bazı çalışmalarda tümör gelişimini teşvik edici, immün sistem aktivitesini tahrip edici ve HDL kolesterol düzeyini azaltıcı etkilere sahip olabileceği de belirtilmektedir (Candela *et al.* 1996).

1990'lı yıllardan itibaren tüketicilerin daha sağlıklı ürünleri tercih etmesi nedeniyle doymuş yağlar ve doyurulmuş bitkisel yağların kullanımları azalmıştır. Bu azalışta doymuş yağ asidi alımı ile kap hastalıkları arasındaki ilişkinin etkili olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle doymuş yağ asidi içeriği yüksek yağların yerini bitkisel sıvı yağlar almıştır (Daniel *et al.* 2005).

Mevcut araştırmada kızartma yağı olarak kullanılan ayçiçek yağı, fındık yağı, kanola yağı, karışım yağı, mısır yağı, riviera zeytinyağı ve natürel sızma zeytinyağlarının derin yağda kızartma öncesi ve sonrası yağ asidi kompozisyonları ile bu yağlar kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin yağ asidi kompozisyonları karşılaştırmalı olarak alt başlıklar halinde aşağıda verilmiştir.

4.7.1. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası ayçiçek yağına ait yağ asidi kompozisyonu sonuçları

Derin yağda kızartma işleminin ayçiçek yağının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisi **Çizelge 4.12**'de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere palmitik asit, oleik asit, Σ MUFA içeriği, n-9 yağ asitleri üzerine örnekler arası önemli bir fark görülmezken

($p>0,05$), Σ SFA içeriği, linoleik asit, Σ PUFA içeriği, n-6 yağ asitleri, Σ MUFA/ Σ SFA ve Σ PUFA/ Σ SFA oranı üzerine önemli ($p<0,05$), stearik asit ve n-6/n-3 yağ asitleri oranı üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Derin yağda kızartma işleminin ayçiçek yağının yağ asidi kompozisyonu üzerine varyans analiz sonuçları

Yağ Asidi		Sd	KO	F
Palmitik asit	Yöntem	1	0,133	11,661
	Hata	2	0,011	
Stearik asit	Yöntem	1	0,051	405,000**
	Hata	2	0,000	
Σ SFA	Yöntem	1	0,511	41,479*
	Hata	2	0,012	
Oleik asit	Yöntem	1	0,001	0,077
	Hata	2	0,008	
Σ MUFA	Yöntem	1	0,009	1,383
	Hata	2	0,007	
Linoleik asit	Yöntem	1	0,593	16,024*
	Hata	2	0,037	
Σ PUFA	Yöntem	1	0,640	17,534*
	Hata	2	0,037	
n-3	Yöntem	1	0,000	-
	Hata	2	0,000	
n-6	Yöntem	1	0,608	16,668*
	Hata	2	0,037	
n-9	Yöntem	1	0,00	0,034
	Hata	2	0,007	
n-6/n-3	Yöntem	1	35,124	146,188**
	Hata	2	0,240	
Σ MUFA/ Σ SFA	Yöntem	1	0,050	50,396*
	Hata	2	0,001	
Σ PUFA/ Σ SFA	Yöntem	1	0,251	31,084*
	Hata	2	0,008	

Kızartma öncesi ve sonrası ayçiçek yağına ait ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları Çizelge 4.13’de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere kızartma öncesi ayçiçek yağının Σ SFA içeriğinin %9,59, Σ MUFA içeriğinin %32,05 ve Σ PUFA içeriğinin ise %58,36 olduğu belirlenmiştir. Kızartma öncesi ayçiçek yağının Σ SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %63) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ

asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %35) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu; Σ MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %99) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %1) oluşturduğu; Σ PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %98) ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.15. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası ayçiçek yağının ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları ($\bar{x} \pm SD$)

Yağ Asidi	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
Palmitik asit (C16:0)	6,05 $\pm$ 0,15	6,41 $\pm$ 0,03
Stearik asit (C18:0)	3,39 $\pm$ 0,01b	3,61 $\pm$ 0,01a
Diğer doymuş yağ asitleri	0,15 $\pm$ 0,01	0,29 $\pm$ 0,01
Σ SFA	9,59 $\pm$ 0,16b	10,31 $\pm$ 0,02a
Oleik asit (C18:1n9c)	31,81 $\pm$ 0,12	31,83 $\pm$ 0,04
Diğer tekli doymamış yağ asitleri	0,24 $\pm$ 0,01	0,31 $\pm$ 0,00
Σ MUFA	32,05 $\pm$ 0,11	32,14 $\pm$ 0,04
Linoleik asit (C18:2n6)	57,02 $\pm$ 0,27a	56,25 $\pm$ 0,04b
Diğer çoklu doymamış yağ asitleri	1,34 $\pm$ 0,00	1,31 $\pm$ 0,01
Σ PUFA	58,36 $\pm$ 0,27a	57,56 $\pm$ 0,03b
n-3	0,39 $\pm$ 0	0,37 $\pm$ 0
n-6	57,97 $\pm$ 0,27a	57,19 $\pm$ 0,03b
n-9	31,90 $\pm$ 0,11	31,91 $\pm$ 0,04
n-6/n-3	148,64 $\pm$ 0,69b	154,57 $\pm$ 0,08a
Σ MUFA/ Σ SFA	3,34 $\pm$ 0,04a	3,12 $\pm$ 0,01b
Σ PUFA/ Σ SFA	6,09 $\pm$ 0,13a	5,59 $\pm$ 0,01b

Mevcut araştırmamızda derin yağda kızartma öncesi ayçiçek yağında tespit edilen yağ asidi kompozisyonunun Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği'ne (Tebliğ No:2012/29) uygun olduğu belirlenmiştir. Anılan tebliğe göre ayçiçek yağının, palmitik asit içeriğinin %4,0-7,6, stearik asit içeriğinin %2,1-6,5, oleik asit içeriğinin %14,0-71,8 ve linoleik asit içeriğinin ise %18,7-74,0 arasında değişmesi gerektiği belirtilmektedir. Öte yandan mevcut araştırmada kızartma öncesi ayçiçek yağının yağ asidi kompozisyonunun literatürdeki ayçiçek yağı ile yapılan çalışmalarla genellikle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Nitekim Bayrak ve Bayraktar (1995) iki farklı ayçiçeği

tohumundan elde edilen ayçiçek yağlarının yağ asitleri bileşiminin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmalarında, yağların palmitik asit içeriğini %7,16 ve 7,52, stearik asit içeriğini %5,44 ve 7,48, oleik asit içeriğini %41,99 ve 43,38 ve linoleik asit içeriğini %40,26 ve 44,73 olarak belirlemişlerdir. Jensen *et al.* (2003) ayçiçek yağının Σ SFA içeriğini %10,4, Σ MUFA içeriğini %19,5 ve Σ PUFA içeriğini ise %70,1 olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayçiçek yağının Σ SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %57) palmitik asit (C16:0) olduğunu ve kalan kısmın (yaklaşık %43) stearik asit (C18:0) olduğunu, Σ MUFA içeriğinin tamamının oleik asit (C18:1) olduğunu, Σ PUFA içeriğinin ise tamamının linoleik asit (C18:2) olduğunu belirtmiştir.

Zambiazi *et al.* (2007) farklı bitkisel kaynaklı sıvı ve katı yağların yağ asidi kompozisyonunu belirlemek için yaptıkları çalışmalarında; ayçiçek yağının Σ SFA içeriğini ortalama %12,14, Σ MUFA içeriğini ortalama %16,52 ve Σ PUFA içeriğini ise ortalama %71,34 olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar ayçiçek yağının Σ SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %48) palmitik asit (C16:0) olduğunu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %39) geldiğini, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %13) oluşturduğunu, Σ MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %97) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %3) oluşturduğu, Σ PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %99) ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %1) oluşturduğunu tespit etmiştir. Rodriguez-Carpena *et al.* (2012) yaptıkları çalışmada ayçiçek yağının Σ SFA içeriğini %11,43, Σ MUFA içeriğini %26,15 ve Σ PUFA içeriğini ise %62,42 olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayçiçek yağının Σ SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %57) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %32) geldiğini, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %11) oluşturduğunu; Σ MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %95) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %5) oluşturduğunu; Σ PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %99) ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %1) oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Mevcut araştırmada kızartma sonrası ayçiçek yağının Σ SFA içeriğinin %10,31, Σ MUFA içeriğinin %32,14 ve Σ PUFA içeriğinin ise %57,56 olduğu belirlenmiştir. Kızartma sonrası ayçiçek yağının Σ SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %62) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %35) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %3) oluşturduğu; Σ MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %99) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %1) oluşturduğu; Σ PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %98) ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Öte yandan mevcut araştırmada kızartma sonrası ayçiçek yağının yağ asidi kompozisyonunun literatürdeki ayçiçek yağı ile yapılan çalışmalarla genellikle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Nitekim Sarıkaya (2010) ayçiçek yağının kızartma öncesi palmitik asit içeriğini %7,06, stearik asit içeriğini %4,31, oleik asit içeriğini %18,96, linoleik asit içeriğini ise %67,51 olarak belirlerken, birinci kızartma sonrası palmitik asit içeriğini %7,40, stearik asit içeriğini %4,45, oleik asit içeriğini %18,13, linoleik asit içeriğini ise %63,10 olarak belirlemiştir.

Mevcut araştırmada kızartma işlemi ile ayçiçek yağının palmitik asit, stearik asit ve Σ SFA içeriğinin arttığı, ancak bu artışlardan sadece stearik asit ve Σ SFA içeriğindeki artışın istatistiksel olarak önemli olduğu ($p < 0,05$), palmitik asit içeriğindeki artışın ise istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p > 0,05$) belirlenmiştir. Kızartma işlemi ile ayçiçek yağının oleik asit ve Σ MUFA içeriğinde de istatistiksel olarak önemli olmayan ($p > 0,05$) bir artış tespit edilmiştir. Öte yandan kızartma işlemi linoleik asit ve Σ PUFA içeriklerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p < 0,05$) azalmaya neden olmuştur. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir. Nitekim Okur (2008), derin yağda kızartma işleminin bazı bitkisel sıvı yağların yağ asidi bileşimleri üzerine etkisini araştırdığı çalışmasında, derin yağda kızartma öncesi rafine ayçiçek yağının palmitik asit içeriğinin %6,90, stearik asit içeriğinin %3,51, oleik asit içeriğinin %29,18 ve linoleik asit içeriğinin %57,74 olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, rafine ayçiçek yağının Σ SFA içeriğinin %11,64, Σ MUFA içeriğinin %29,64 ve Σ PUFA içeriğinin ise %58,72 olduğunu bildirmiştir. Araştırmacı 175°C’de 4 dk kızarttıkları

patates örneklerinden sonra analiz ettikleri ayçiçek yağının palmitik asit içeriğini %6,97, stearik asit içeriğini %3,64, oleik asit içeriğini %29,35 ve linoleik asit içeriğini %57,37 olarak belirlemiştir. Derin yağda kızartma sonrası rafine ayçiçek yağının Σ SFA içeriğinin %11,85, Σ MUFA içeriğinin %29,81 ve Σ PUFA içeriğinin ise %58,34 olduğu bildirilmiştir.

Mevcut araştırmada kızartma sonrası palmitik asit, stearik asit ve Σ SFA içeriğinde görülen artış, oleik asit ve Σ MUFA içeriğinde de belirlenmiştir. Kızartma sonrası Σ SFA ve Σ MUFA içeriği ile ilgili yağ asitlerindeki artışlar diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (Gerde *et al.* 1997; Houhoula *et al.* 2002; Onal-Ulusoy *et al.* 2005; Okur 2008). Öte yandan Daniel *et al.* (2005), kızartma yağı olarak pamuk yağı, kanola ve soya yağı kullandıkları ve 5 gün boyunca günde 8 saat ısıtma ve kızartma yaptıkları çalışmalarında, stearik asit içeriğinin azaldığını bildirmişler ve bu azalışı oksidatif strese bağlamışlardır.

Mevcut araştırmada ayçiçek yağının derin yağda kızartma öncesi %0,39 olan n-3 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası azalarak %0,37 olduğu, kızartma öncesi %57,97 olan n-6 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası azalarak %57,19 olduğu, kızartma öncesi %31,90 olan n-9 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası artarak %31,91 olduğu, kızartma öncesi 148,64 olan n-6/n-3 oranının kızartma sonrası artarak 154,57 olduğu, kızartma öncesi 3,34 olan Σ MUFA/ Σ SFA oranının kızartma sonrası azalarak 3,12 olduğu ve kızartma öncesi 6,09 olan Σ PUFA/ Σ SFA oranının kızartma sonrası azalarak 5,59 olduğu belirlenmiştir. Mevcut araştırmada kızartma sonrası PUFA içeriğindeki azalışlar; n-3, n-6, Σ MUFA/ Σ SFA ile Σ PUFA/ Σ SFA oranlarının azalmasına neden olmuştur. n-6 içeriği, Σ MUFA/ Σ SFA ve Σ PUFA/ Σ SFA oranındaki azalmalar ile n-6/n-3 oranındaki artışın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar literatürdeki diğer çalışmalarda da tespit edilmiştir. Okur (2008), yaptığı çalışmasında derin yağda kızartma öncesi rafine ayçiçek yağının 2,55 olan Σ MUFA/ Σ SFA oranının kızartma sonrası 2,52'ye, kızartma öncesi 5,05 olan Σ PUFA/ Σ SFA oranının ise kızartma sonrası 4,92'ye düştüğünü belirtmiştir. Yine benzer şekilde Zambiasi *et al.* (2007) yaptıkları çalışmasında ayçiçek yağının Σ PUFA/ Σ SFA oranını 5,88 olarak, Jensen *et al.* (2003) ise ayçiçek yağının n-6 içeriğini %65,7 olarak bulmuşlardır.

4.7.2. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası fındık yağına ait yağ asidi kompozisyonu sonuçları

Derin yağda kızartma işleminin fındık yağının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisi Çizelge 4.14'te verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere oleik asit, Σ MUFA içeriği, n-3 yağ asitleri, n-9 yağ asitleri, n-6/n-3 yağ asitleri oranı üzerine örnekler arası önemli bir fark görülmezken ($p>0,05$), stearik asit, linoleik asit, Σ PUFA içeriği, n-6 yağ asitleri ve Σ MUFA/ Σ SFA oranı üzerine önemli ($p<0,05$), palmitik asit, Σ SFA içeriği ve Σ PUFA/ Σ SFA oranı üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Derin yağda kızartma işleminin fındık yağının yağ asidi kompozisyonu üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları

Yağ Asidi		Sd	KO	F
Palmitik asit	Yöntem	1	0,070	2809,000**
	Hata	2	$2,5 \times 10^{-5}$	
Stearik asit	Yöntem	1	0,053	33,062*
	Hata	2	0,002	
Σ SFA	Yöntem	1	0,384	153,760**
	Hata	2	0,002	
Oleik asit	Yöntem	1	0,048	2,299
	Hata	2	0,021	
Σ MUFA	Yöntem	1	0,040	2,030
	Hata	2	0,020	
Linoleik asit	Yöntem	1	0,185	28,891*
	Hata	2	0,006	
Σ PUFA	Yöntem	1	0,185	28,446*
	Hata	2	0,006	
n-3	Yöntem	1	$2,5 \times 10^{-5}$	0,111
	Hata	2	0,000	
n-6	Yöntem	1	0,181	28,113*
	Hata	2	0,006	
n-9	Yöntem	1	0,076	3,854
	Hata	2	0,020	
n-6/n-3	Yöntem	1	0,378	0,007
	Hata	2	50,420	
MUFA/SFA	Yöntem	1	0,500	84,375*
	Hata	2	0,006	
PUFA/SFA	Yöntem	1	0,040	3786,503**
	Hata	2	$1,06 \times 10^{-5}$	

Kızartma öncesi ve sonrası fındık yağına ait ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları Çizelge 4.15’de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere kızartma öncesi fındık yağının Σ SFA içeriğinin %7,97, Σ MUFA içeriğinin %75,42 ve Σ PUFA içeriğinin ise %16,62 olduğu belirlenmiştir. Kızartma öncesi fındık yağının Σ SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %68) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %31) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %1) oluşturduğu; Σ MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %99) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %1) oluşturduğu; Σ PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %98) ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.17. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası fındık yağının ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları ($\bar{x} \pm SD$)

Yağ Asidi	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
Palmitik asit (C16:0)	5,43 $\pm$ 0,01b	5,69 $\pm$ 0a
Stearik asit (C18:0)	2,44 $\pm$ 0,06b	2,67 $\pm$ 0a
Diğer doymuş yağ asitleri	0,1 $\pm$ 0,01	0,22 $\pm$ 0,01
Σ SFA	7,97 $\pm$ 0,07b	8,59 $\pm$ 0,00a
Oleik asit (C18:1n9c)	74,98 $\pm$ 0,21	74,76 $\pm$ 0,01
Diğer tekli doymamış yağ asitleri	0,44 $\pm$ 0,01	0,47 $\pm$ 0,01
Σ MUFA	75,42 $\pm$ 0,20	75,22 $\pm$ 0,01
Linoleik asit (C18:2n6c)	16,20 $\pm$ 0,11a	15,77 $\pm$ 0b
Diğer çoklu doymamış yağ asitleri	0,42 $\pm$ 0,02	0,42 $\pm$ 0,01
Σ PUFA	16,62 $\pm$ 0,11a	16,19 $\pm$ 0,01b
n-3	0,19 $\pm$ 0	0,19 $\pm$ 0,02
n-6	16,43 $\pm$ 0,11a	16,01 $\pm$ 0,01b
n-9	75,15 $\pm$ 0,20	74,88 $\pm$ 0,01
n-6/n-3	86,47 $\pm$ 0,60	87,09 $\pm$ 10,02
Σ MUFA/ Σ SFA	9,46 $\pm$ 0,11a	8,76 $\pm$ 0b
Σ PUFA/ Σ SFA	2,09 $\pm$ 0a	1,89 $\pm$ 0b

Mevcut araştırmada derin yağda kızartma öncesi fındık yağında tespit edilen yağ asidi kompozisyonunun Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği’ne (Tebliğ No:2012/29) uygun olduğu belirlenmiştir. Anılan tebliğe göre fındık yağının, palmitik asit içeriğinin %4,2-8,9, stearik asit içeriğinin TED-%3,2, oleik asit içeriğinin %71,0-

91,0 ve linoleik asit içeriğinin ise %5,2-22,3 arasında değişmesi gerektiği belirtilmektedir.

Özdemir *et al.* (2001) yaptıkları çalışmada farklı çeşitte fındık yağlarının palmitik asit içeriğinin %6,6-8,3, stearik asit içeriğinin %2,8-3,8, oleik asit içeriğinin %75,7-77,7, linoleik asit içeriğinin ise %11,1-13,8 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Balta *et al.* (2006) ise farklı çeşitte fındık yağlarının palmitik asit içeriğinin %4,39-8,85, stearik asit içeriğinin %1,67-3,18, oleik asit içeriğinin %74,46-81,57, linoleik asit içeriğinin ise %10,46-15,61 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Mevcut araştırmada kızartma sonrası fındık yağının Σ SFA içeriğinin %8,59, Σ MUFA içeriğinin %75,22 ve Σ PUFA içeriğinin ise %16,19 olduğu belirlenmiştir. Kızartma sonrası fındık yağının Σ SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %66) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %31) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %3) oluşturduğu; Σ MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %99) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %1) oluşturduğu; Σ PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %97) ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %3) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Mevcut araştırmada kızartma işlemi ile fındık yağının palmitik asit, stearik asit ve Σ SFA içeriğinin istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p<0,05$) arttığı, oleik asit ve Σ MUFA içeriğinin istatistiksel olarak önemli olmayan düzeyde ($p>0,05$) azaldığı, linoleik asit ve Σ PUFA içeriklerinde ise istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p<0,05$) azalmanın olduğu belirlenmiştir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir. Nitekim Okur (2008), yaptığı çalışmasında, derin yağda kızartma öncesi rafine fındık yağının palmitik asit içeriğini %5,20, stearik asit içeriğini %2,30, oleik asit içeriğini %76,95 ve linoleik asit içeriğini %14,71 olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, rafine fındık yağının Σ SFA içeriğinin %7,78, Σ MUFA içeriğinin %77,36 ve Σ PUFA içeriğinin ise %14,86 olduğunu bildirmiştir. Araştırmacı 175°C’de 4 dk kızarttıkları patates örneklerinden sonra analiz ettikleri ayçiçek yağının palmitik asit

içeriğini %5,43, stearik asit içeriğini %2,30, oleik asit içeriğini %76,93 ve linoleik asit içeriğini %14,50 olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, derin yağda kızartma sonrası rafine fındık yağının Σ SFA içeriğinin %8,01, Σ MUFA içeriğinin %77,34 ve Σ PUFA içeriğinin ise %14,65 olduğunu bildirmiştir.

Mevcut araştırmada fındık yağının derin yağda kızartma öncesi %0,19 olan n-3 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası aynı kaldığı, kızartma öncesi %16,43 olan n-6 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası azalarak %16,01 olduğu, kızartma öncesi %75,15 olan n-9 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası azalarak %74,88 olduğu, kızartma öncesi 86,47 olan n-6/n-3 oranının kızartma sonrası artarak 87,09 olduğu, kızartma öncesi 9,46 olan Σ MUFA/ Σ SFA oranının kızartma sonrası azalarak 8,76 olduğu ve kızartma öncesi 2,09 olan Σ PUFA/ Σ SFA oranının kızartma sonrası azalarak 1,89 olduğu belirlenmiştir. n-6 içeriği, Σ MUFA/ Σ SFA oranı ve Σ PUFA/ Σ SFA oranındaki azalmaların istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar literatürdeki diğer çalışmalarda da tespit edilmiştir. Okur (2008), yaptığı çalışmasında derin yağda kızartma öncesi rafine fındık yağının 9,94 olan Σ MUFA/ Σ SFA oranının kızartma sonrası 9,66'ya, kızartma öncesi 1,91 olan Σ PUFA/ Σ SFA oranının ise kızartma sonrası 1,83'e düştüğünü belirtmiştir.

4.7.3. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası kanola yağına ait yağ asidi kompozisyonu sonuçları

Derin yağda kızartma işleminin kanola yağının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisi Çizelge 4.16'da verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere palmitik asit, Σ SFA içeriği, oleik asit, Σ MUFA içeriği, n-3 yağ asitleri, n-9 yağ asitleri, Σ MUFA/ Σ SFA ve Σ PUFA/ Σ SFA oranı üzerine örnekler arası önemli bir fark görülmezken ($p > 0,05$), stearik asit ve n-6/n-3 yağ asitleri oranı üzerine önemli ($p < 0,05$); linoleik asit, Σ PUFA içeriği ve n-6 yağ asitleri üzerine ise çok önemli ($p < 0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.18. Derin yağda kızartma işleminin kanola yağının yağ asidi kompozisyonu üzerine varyans analiz sonuçları

Yağ Asidi		Sd	KO	F
Palmitik asit	Yöntem	1	0,024	2,283
	Hata	2	0,011	
Stearik asit	Yöntem	1	0,031	49,000*
	Hata	2	0,001	
ΣSFA	Yöntem	1	0,164	10,703
	Hata	2	0,015	
Oleik asit	Yöntem	1	0,002	0,395
	Hata	2	0,004	
ΣMUFA	Yöntem	1	0,002	0,256
	Hata	2	0,008	
Linoleik asit	Yöntem	1	0,176	196,000**
	Hata	2	0,001	
ΣPUFA	Yöntem	1	0,123	84,483**
	Hata	2	0,001	
n-3	Yöntem	1	0,000	8,000
	Hata	2	5×10^{-5}	
n-6	Yöntem	1	0,137	136,900**
	Hata	2	0,001	
n-9	Yöntem	1	0,009	0,849
	Hata	2	0,011	
n-6/n-3	Yöntem	1	0,432	45,893*
	Hata	2	0,009	
ΣMUFA/ΣSFA	Yöntem	1	0,269	9,446
	Hata	2	0,028	
ΣPUFA/ΣSFA	Yöntem	1	0,052	14,478
	Hata	2	0,004	

Kızartma öncesi ve sonrası kanola yağına ait ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere kızartma öncesi kanola yağının ΣSFA içeriğinin %7,16, ΣMUFA içeriğinin %68,48 ve ΣPUFA içeriğinin ise %24,37 olduğu belirlenmiştir. Kızartma öncesi kanola yağının SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %72) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %26) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu; MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %89) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %11) oluşturduğu; PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %91)

ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %9) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.19. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası kanola yağının ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları ($\bar{x} \pm SD$)

Yağ Asidi	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
Palmitik asit (C16:0)	5,14±0,11	5,29±0,10
Stearik asit (C18:0)	1,84±0,02b	2,01±0,03a
Diğer doymuş yağ asitleri	0,18±0,01	0,26±0,00
ΣSFA	7,16±0,12	7,56±0,13
Oleik asit (C18:1n9c)	60,88±0,06	60,92±0,06
Diğer tekli doymamış yağ asitleri	7,61±0,02	7,51±0,01
ΣMUFA	68,48±0,10	68,44±0,08
Linoleik asit (C18:2n6c)	22,20±0a	21,78±0,04b
Diğer çoklu doymamış yağ asitleri	2,17±0,01	2,23±0,01
ΣPUFA	24,37±0,02a	24,02±0,05b
n-3	1,16±0,01	1,18±0,01
n-6	23,21±0,01a	22,84±0,04b
n-9	68,17±0,11	68,08±0,09
n-6/n-3	20,10±0,11a	19,44±0,08b
ΣMUFA/ΣSFA	9,57±0,17	9,05±0,16
ΣPUFA/ΣSFA	3,41±0,06	3,18±0,06

Mevcut araştırmamızda derin yağda kızartma öncesi kanola yağında tespit edilen yağ asidi kompozisyonunun Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği'ne (Tebliğ No:2012/29) uygun olduğu belirlenmiştir. Anılan tebliğe göre kanola yağının, palmitik asit içeriğinin %2,5-7,0, stearik asit içeriğinin %0,8-3,0, oleik asit içeriğinin %51,0-70,0 ve linoleik asit içeriğinin ise %15,0-30,0 arasında değişmesi gerektiği belirtilmektedir. İlaveten mevcut araştırmada kanola yağının ısıtılma işlem öncesi yağ asidi kompozisyonunun literatürdeki veriler ile uyum içerisinde olduğu da görülmektedir. Nitekim Zambiasi *et al.* (2007), kanola yağının ΣSFA içeriğinin %6,98, ΣMUFA içeriğinin %64,42 ve ΣPUFA içeriğinin ise %28,60 olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar kanola yağının SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %54) palmitik asit (C16:0) olduğunu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %27) geldiğini, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %19)

oluşturduğunu, MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %97) oleik asit (C18:1) olduğunu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %3) oluşturduğunu, PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %70) ise linoleik asit (C18:2) olduğunu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %30) oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Kostik *et al.* (2013), kanola yağının Σ SFA içeriğini ortalama %13,5, Σ MUFA içeriğini ortalama %41,4 ve Σ PUFA içeriğini ise ortalama %45 olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar kanola yağının SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %58) palmitik asit (C16:0) olduğunu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %42) geldiğini, MUFA içeriğinin tamamının oleik asit (C18:1) olduğunu, PUFA içeriğinin ise yaklaşık %38'lik kısmını linoleik asidin (C18:2), kalan yaklaşık %62'lik kısmı linolenik asidin (C18:3) oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmamızda kızartma yağı olarak kullanılan kanola yağının PUFA içeriğinin, Zambiazi *et al.* (2007) ve Kostik *et al.* (2013)'nin yaptıkları çalışmada belirlenen PUFA içeriklerinden çok düşük olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca bitki çeşit farklılığı ve yağ yapım teknolojisinin etki ettiği düşünülmektedir. Zira batı dünyasında PUFA içeriğini arttırma yönünde yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Nitekim Kostik *et al.* (2013) 2 farklı varyetede kanola yağı kullanarak yaptıkları çalışmada; Çeşit 1'de sırasıyla %59,5 ve %30,7 olarak belirledikleri Σ MUFA ve Σ PUFA içeriklerini, Çeşit 2'de sırasıyla %23,20 ve %59,2 olarak belirlemişlerdir. Ülkemizde ise kanola yağı ile yapılan çalışmalarda mevcut araştırma ile benzer sonuçlar tespit edilmiştir. Nitekim Sarıkaya (2010) yaptığı çalışmada kanola yağının palmitik asit içeriğinin %5,10, stearik asit içeriğinin %1,72, oleik asit içeriğinin %60,71 ve linoleik asit içeriğinin ise %20,71 olduğunu belirtmiştir.

Mevcut araştırmada kızartma sonrası kanola yağının Σ SFA içeriğinin %7,56, Σ MUFA içeriğinin %68,44 ve Σ PUFA içeriğinin ise %24,02 olduğu belirlenmiştir. Kızartma sonrası kanola yağının SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %70) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %27) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %3) oluşturduğu; MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %89) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %11) oluşturduğu; PUFA içeriğinin büyük bir

kısımının (yaklaşık %91) ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %9) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Mevcut araştırmada kızartma işlemi ile kanola yağının palmitik asit, stearik asit ve Σ SFA içeriğinin arttığı, ancak bu artışlardan sadece stearik asit içeriğindeki artışın istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu, palmitik asit ve Σ SFA içeriğindeki artışın ise istatistiksel olarak önemli ($p > 0,05$) olmadığı belirlenmiştir. Kızartma işlemi ile kanola yağının oleik asit içeriğinde istatistiksel olarak önemli olmayan düzeyde ($p > 0,05$) artış, Σ MUFA içeriğinde ise istatistiksel olarak önemli olmayan düzeyde ($p > 0,05$) azalma tespit edilmiştir. Kanola yağında oleik asit içeriğindeki artışa rağmen, Σ MUFA içeriğindeki azalışa; kızartma sonrası cis-11-eikosenoikasit (gondoik asit) içeriğinde istatistiksel olarak önemli olmayan düzeyde ($p > 0,05$) belirlenen azalışın, oleik asit içeriğinde belirlenen artıştan daha fazla olmasının etki ettiği düşünülmektedir. Araştırmamızda diğer kızartma yağlarına kıyasla kanola yağının gerek kızartma öncesi gerekse kızartma sonrası tekli doymamış bir yağ asidi olan cis-11-eikosenoic acid (gondoic acid)'i yüksek miktarda içerdiği belirlenmiştir. Öte yandan, kızartma öncesi %7,18 olan cis-11-eikosenoic acid (gondoic acid) içeriği, derin yağda kızartma sonrası %7,05'e düşmüştür. Ayrıca kızartma işlemi linoleik asit ve Σ PUFA içeriklerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) düzeyde azalmaya neden olmuştur. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir. Nitekim Sarıkaya (2010) birinci kızartma sonrası kanola yağının palmitik asit içeriğini %5,52, stearik asit içeriğini %1,95, oleik asit içeriğini %60,03, linoleik asit içeriğini ise %18,04 olarak belirlemiştir.

Jensen *et al.* (2003), kanola yağının Σ SFA içeriğinin %4,6, Σ MUFA içeriğinin %62,9 ve Σ PUFA içeriğinin ise %32,5 olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmada, kanola yağının SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %67) palmitik asit (C16:0) olduğu ve kalan kısmın (yaklaşık %33) stearik asit (C18:0) olduğunu, MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %96) oleik asit (C18:1) olduğu ve kalan kısmın diğer tekli doymamış yağ asitleri olduğu (yaklaşık %4), diğer tekli doymamış yağ asitleri içerisinde büyük bir kısmın (yaklaşık %57) cis-11-eikosenoic acid (gondoic acid) olduğu, PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %62) ise linoleik asit (C18:2) olduğu,

diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %38) oluşturduğu belirtilmiştir.

Mevcut araştırmada kanola yağının derin yağda kızartma öncesi %1,16 olan n-3 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası artarak %1,18 olduğu, kızartma öncesi %23,21 olan n-6 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası azalarak %22,84 olduğu, kızartma öncesi %68,17 olan n-9 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası azalarak %68,08 olduğu, kızartma öncesi 20,10 olan n-6/n-3 oranının kızartma sonrası azalarak 19,44 olduğu, kızartma öncesi 9,57 olan Σ MUFA/ Σ SFA oranının kızartma sonrası azalarak 9,05 olduğu ve kızartma öncesi 3,41 olan Σ PUFA/ Σ SFA oranının kızartma sonrası azalarak 3,18 olduğu belirlenmiştir. Bu değişikliklerden sadece n-6 ve n-6/n-3 oranındaki azalmaların istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu diğerlerinin ise önemli olmadığı ($p > 0,05$) tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir. Kanola yağının Σ PUFA/ Σ SFA oranını Zambiasi *et al.* (2007) 4,10, Kostik *et al.* (2013) ise 3,3 olarak belirlemiştir. Jensen *et al.* (2003) ise kanola yağının n-6 içeriğini %20,2, n-3 içeriğini %12,0 ve n-6/n-3 içeriğini 1,68 olarak tespit etmişlerdir. Mevcut araştırma ile kıyaslandığında, n-6 içeriğinin benzer, n-3 içeriğinin ise çok yüksek olduğu, bu nedenle de n-6/n-3 oranının diğer araştırmada daha düşük olduğu görülmektedir.

4.7.4. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası karışım yağına ait yağ asidi kompozisyonu sonuçları

Derin yağda kızartma işleminin karışım yağının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisi Çizelge 4.18'de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere oleik asit, Σ MUFA içeriği, linoleik asit, Σ PUFA içeriği, n-3 yağ asitleri, n-6 yağ asitleri, n-9 yağ asitleri ve n-6/n-3 yağ asitleri oranı üzerine örnekler arası önemli bir fark görülmezken ($p > 0,05$), stearik asit, Σ MUFA/ Σ SFA oranı, Σ PUFA/ Σ SFA oranı üzerine önemli ($p < 0,05$), palmitik asit ve Σ SFA içeriği üzerine çok önemli ($p < 0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.20. Derin yağda kızartma işleminin karışım yağının yağ asidi kompozisyonu üzerine varyans analiz sonuçları

Yağ Asidi		Sd	KO	F
Palmitik asit	Yöntem	1	0,164	123,792**
	Hata	2	0,001	
Stearik asit	Yöntem	1	0,055	33,985*
	Hata	2	0,002	
ΣSFA	Yöntem	1	0,533	129,976**
	Hata	2	0,004	
Oleik asit	Yöntem	1	0,016	0,667
	Hata	2	0,023	
ΣMUFA	Yöntem	1	0,007	0,206
	Hata	2	0,035	
Linoleik asit	Yöntem	1	0,449	12,383
	Hata	2	0,036	
ΣPUFA	Yöntem	1	0,449	12,132
	Hata	2	0,037	
n-3	Yöntem	1	$2,5 \times 10^{-5}$	0,059
	Hata	2	0,00	
n-6	Yöntem	1	0,442	12,448
	Hata	2	0,036	
n-9	Yöntem	1	0,018	0,657
	Hata	2	0,028	
n-6/n-3	Yöntem	1	0,064	0,002
	Hata	2	41,953	
ΣMUFA/ΣSFA	Yöntem	1	0,01	28,429*
	Hata	2	$4,06 \times 10^{-5}$	
ΣPUFA/ΣSFA	Yöntem	1	0,002	35,940*
	Hata	2	$5,48 \times 10^{-5}$	

Kızartma öncesi ve sonrası karışım yağına ait ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları Çizelge 4.19’da verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere kızartma öncesi karışım yağının ΣSFA içeriğinin %30,32, ΣMUFA içeriğinin %40,29 ve ΣPUFA içeriğinin ise %29,41 olduğu belirlenmiştir. Kızartma öncesi karışım yağının SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %84) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %12) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %4) oluşturduğu; MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %99) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %1) oluşturduğu; PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %97)

ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %3) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.21. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası karışım yağının ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları ($\bar{x} \pm SD$)

Yağ Asidi	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
Palmitik asit (C16:0)	25,47±0,01b	25,88±0,05a
Stearik asit (C18:0)	3,75±0,03b	3,98±0,03a
Diğer doymuş yağ asitleri	1,1±0,01	1,20±0,02
ΣSFA	30,32±0,07b	31,05±0,06a
Oleik asit (C18:1n9c)	39,92±0,13	39,79±0,17
Diğer tekli doymamış yağ asitleri	0,37±0,03	0,42±0,01
ΣMUFA	40,29±0,18	40,21±0,19
Linoleik asit (C18:2n6c)	28,48±0,14	27,81±0,14
Diğer çoklu doymamış yağ asitleri	0,93±0,01	0,94±0,01
ΣPUFA	29,41±0,24	28,74±0,13
n-3	0,31±0,01	0,30±0,03
n-6	29,11±0,25	28,44±0,10
n-9	40,05±0,16	39,92±0,18
n-6/n-3	95,46±3,02	95,21±8,65
ΣMUFA/ΣSFA	1,33±0,00a	1,29±0,01b
ΣPUFA/ΣSFA	0,97±0,01a	0,93±0,00b

Mevcut araştırmada kızartma yağı olarak kullanılan karışım yağının ürün etiketinde, karışım yağının palm süper olein ve ayçiçek yağının bir karışımı olduğu ve antioksidan olarak tersiyer bütillenmiş hidroksikinin (TBHQ) içerdiği belirtilmektedir. Ancak etiket üzerinde karışım oranları ile antioksidan miktarı bulunmamaktadır.

Kızartma sonrası karışım yağının ΣSFA içeriğinin %31,05, ΣMUFA içeriğinin %40,21 ve ΣPUFA içeriğinin ise %28,74 olduğu belirlenmiştir. Kızartma sonrası karışım yağının SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %83) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %13) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %4) oluşturduğu; MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %99) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %1) oluşturduğu; PUFA içeriğinin büyük bir kısmının

(yaklaşık %97) ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %3) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Mevcut araştırmada kızartma işlemi ile karışım yağının palmitik asit, stearik asit ve Σ SFA içeriklerinin istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p<0,05$) arttığı, oleik asit ve Σ MUFA içeriği ile linoleik asit ve Σ PUFA içeriğinin ise istatistiksel olarak önemli olmayan düzeyde ($p>0,05$) azaldığı tespit edilmiştir.

Mevcut araştırmada palm süper olein yağı tek başına kızartma yağı olarak kullanılmamış ve dolayısıyla da yağ asidi kompozisyonu belirlenmemiştir. Bu nedenle palm süper olein yağı ile ilgili gerekli bilgiler literatürde yer alan bilgiler ışığında tartışılmaya çalışılmıştır. Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği'ne (Tebliğ No:2012/29) göre palm süper olein yağının palmitik asit içeriğinin %30-39, stearik asit %2,8-4,5 oleik asit içeriğinin %43,0-49,5, linoleik asit içeriğinin %10,5-15,0 arasında olması gerektiği belirtilmektedir. Rossi *et al.* (2007) rafine bitkisel yağların yağ asidi kompozisyonunu belirledikleri çalışmasında, iki farklı palm süper olein yağının palmitik asit içeriğini %33,9, %35,8, stearik asit içeriğini %3,41, %3,42, oleik asit içeriğini %45,0, %47,4 ve linoleik asit içeriğini ise %12,7 ve %12,6 olarak belirlemişlerdir. Aynı çalışmada ayçiçek yağının palmitik asit içeriği %6,07, stearik asit içeriği %3,12, oleik asit içeriği %24,5 ve linoleik asit içeriği ise %64,1 olduğu tespit edilmiştir. Mevcut araştırmada ise ayçiçek yağının kızartma öncesi ayçiçek yağının palmitik asit içeriği %6,05, stearik asit içeriği %3,39, oleik asit içeriği %31,81 ve linoleik asit içeriği ise %57,02 olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda, ayçiçek yağının Σ SFA ve Σ MUFA içeriklerinin palm süper olein yağına kıyasla çok düşük, buna karşın Σ PUFA içeriğinin ise çok yüksek olduğu görülmektedir. Analizi yapılan karışım kızartma yağının yağ asidi kompozisyonunun dağılımına bakıldığında, karışım kızartma yağında palm süper olein yağının oransal olarak daha fazla kullanıldığı (%60-70) düşünülmektedir.

Mevcut araştırmada karışım yağının derin yağda kızartma öncesi %0,31 olan n-3 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası azalarak %0,30 olduğu, kızartma öncesi %29,11 olan n-

6 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası azalarak %28,44 olduğu, kızartma öncesi %40,05 olan n-9 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası azalarak %39,92 olduğu, kızartma öncesi 95,46 olan n-6/n-3 oranının kızartma sonrası azalarak 95,21 olduğu, kızartma öncesi 1,33 olan Σ MUFA/ Σ SFA oranının kızartma sonrası azalarak 1,29 olduğu ve kızartma öncesi 0,97 olan Σ PUFA/ Σ SFA oranının kızartma sonrası azalarak 0,93 olduğu belirlenmiştir. Bu azalışlar içerisinde sadece Σ MUFA/ Σ SFA ve Σ PUFA/ Σ SFA oranlarındaki azalmanın istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğu diğerlerinin ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

4.7.5. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası mısır yağına ait yağ asidi kompozisyonu sonuçları

Derin yağda kızartma işleminin mısır yağının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisi Çizelge 4.20’de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere oleik asit, Σ MUFA içeriği, n-3 yağ asitleri, n-9 yağ asitleri ve n-6/n-3 yağ asitleri oranı üzerine örnekler arası önemli bir fark görülmezken ($p>0,05$), palmitik asit, Σ SFA içeriği, linoleik asit, Σ PUFA içeriği, n-6 yağ asitleri, Σ MUFA/ Σ SFA oranı, Σ PUFA/ Σ SFA oranı üzerine önemli ($p<0,05$) ve stearik asit üzerine ise çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.22. Derin yağda kızartma işleminin mısır yağının yağ asidi kompozisyonu üzerine varyans analiz sonuçları

Yağ Asidi		Sd	KO	F
Palmitik asit	Yöntem	1	0,031	15,123*
	Hata	2	0,02	
Stearik asit	Yöntem	1	0,046	73,960**
	Hata	2	0,001	
ΣSFA	Yöntem	1	0,245	42,799*
	Hata	2	0,006	
Oleik asit	Yöntem	1	0,004	1,756
	Hata	2	0,002	
ΣMUFA	Yöntem	1	0,002	16,200
	Hata	2	0,000	
Linoleik asit	Yöntem	1	0,181	20,702*
	Hata	2	0,009	
ΣPUFA	Yöntem	1	0,216	43,904*
	Hata	2	0,005	
n-3	Yöntem	1	0,000	2,000
	Hata	2	0,000	
n-6	Yöntem	1	0,198	29,891*
	Hata	2	0,007	
n-9	Yöntem	1	0,011	11,919
	Hata	2	0,001	
n-6/n-3	Yöntem	1	32,337	1,306
	Hata	2	24,768	
ΣMUFA/ΣSFA	Yöntem	1	0,008	38,427*
	Hata	2	0,000	
ΣPUFA/ΣSFA	Yöntem	1	0,032	40,160*
	Hata	2	0,001	

Kızartma öncesi ve sonrası mısır yağına ait ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları Çizelge 4.21’de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere kızartma öncesi mısır yağının ΣSFA içeriğinin %13,38, ΣMUFA içeriğinin %31,70 ve ΣPUFA içeriğinin ise %54,93 olduğu belirlenmiştir. Kızartma öncesi mısır yağının SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %84) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %15) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %1) oluşturduğu; MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %98) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu; PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %98)

ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.23. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası mısır yağının ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları ($\bar{x} \pm SD$)

Yağ Asidi	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
Palmitik asit (C16:0)	11,20±0,03b	11,37±0,03a
Stearik asit (C18:0)	2,01±0,01b	2,22±0,01a
Diğer doymuş yağ asitleri	0,18±0,01	0,28±0,01
ΣSFA	13,38±0,11b	13,87±0,01a
Oleik asit (C18:1n9c)	30,94±0,03	30,88±0,03
Diğer tekli doymamış yağ asitleri	0,77±0,04	0,78±0,00
ΣMUFA	31,70±0,01	31,66±0,01
Linoleik asit (C18:2n6c)	53,90±0,06a	53,48±0,06b
Diğer çoklu doymamış yağ asitleri	1,03±0,02	0,99±0,02
ΣPUFA	54,93±0,10a	54,47±0,01b
n-3	0,41±0,01	0,39±0,01
n-6	54,52±0,11a	54,08±0,02b
n-9	31,53±0,04	31,43±0,01
n-6/n-3	133,06±4,87	138,75±5,09
ΣMUFA/ΣSFA	2,37±0,02a	2,28±0,00b
ΣPUFA/ΣSFA	4,11±0,04a	3,93±0,00b

Mevcut araştırmamızda derin yağda kızartma öncesi mısır yağında tespit edilen yağ asidi kompozisyonunun Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği'ne (Tebliğ No:2012/29) uygun olduğu belirlenmiştir. Anılan tebliğe göre mısır yağının, palmitik asit içeriğinin %8,6-16,5, stearik asit içeriğinin TED-%3,3, oleik asit içeriğinin %20,0-42,2 ve linoleik asit içeriğinin ise %34,0-65,6 arasında değişmesi gerektiği belirtilmektedir.

Zambiasi *et al.* (2007), mısır yağının ΣSFA içeriğini ortalama %13,67, ΣMUFA içeriğini ortalama %25,44 ve ΣPUFA içeriğini ortalama ise %60,90 olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmada mısır yağının SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %76) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %15) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %9) oluşturduğu, MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %98) oleik asit (C18:1)

olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu, PUFA içeriğinin ise büyük bir kısmının (yaklaşık %98) linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu tespit edilmiştir. Kostik *et al.* (2013), mısır yağının Σ SFA içeriğinin ortalama %25,10, Σ MUFA içeriğinin ortalama %26,80 ve Σ PUFA içeriğinin ise ortalama %48,00 olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar mısır yağının SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %40) palmitik asit (C16:0) olduğunu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %14) geldiğini, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %46) oluşturduğunu, MUFA içeriğinin neredeyse tamamının oleik asit (C18:1), PUFA içeriğinin ise neredeyse tamamının linoleik asit (C18:2) olduğunu tespit etmişlerdir. Jensen *et al.* (2003) ise mısır yağının Σ SFA içeriğini %12,7, Σ MUFA içeriğini %24,2 ve Σ PUFA içeriğini %63,1 olarak belirlemişlerdir. Araştırmada mısır yağının Σ SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %86) palmitik asit (C16:0) olduğu ve kalan kısmın (yaklaşık %14) stearik asit (C18:0) olduğunu, Σ MUFA içeriğinin tamamının oleik asit (C18:1) olduğu, Σ PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %92) ise linoleik asit (C18:2) olduğu, diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %8) oluşturduğu belirtilmiştir.

Mevcut araştırmada kızartma sonrası mısır yağının Σ SFA içeriğinin %13,87, Σ MUFA içeriğinin %31,66 ve Σ PUFA içeriğinin ise %54,47 olduğu belirlenmiştir. Kızartma sonrası mısır yağının SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %82) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %16) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu; MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %98) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu; PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %98) ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Mevcut araştırmada kızartma işlemi ile mısır yağının palmitik asit, stearik asit ve Σ SFA içeriğinin istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı, buna karşın oleik asit ve Σ MUFA içeriğinde istatistiksel olarak önemli olmayan ($p>0,05$) azalma, linoleik asit ve Σ PUFA

içeriklerinde ise istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p<0,05$) azalma belirlenmiştir. Benzer şekilde Sarıkaya (2010), mısır yağının kızartma öncesi palmitik asit içeriğini %10,83, stearik asit içeriğini %2,02, oleik asit içeriğini %25,41, linoleik asit içeriğini ise %59,53 olarak belirlerken, birinci kızartma sonrası palmitik asit içeriğini %11,16, stearik asit içeriğini %2,44, oleik asit içeriğini %25,01, linoleik asit içeriğini ise %54,07 olarak belirlemiştir.

Okur (2008), derin yağda kızartma öncesi rafine mısırözü yağının palmitik asit içeriğini %11,55, stearik asit içeriğini %2,06, oleik asit içeriğini %30,43 ve linoleik asit içeriğini %53,15 olarak belirlemiştir. Araştırmacı, mısırözü yağının Σ SFA içeriğinin %14,52, Σ MUFA içeriğinin %30,79 ve Σ PUFA içeriğinin ise %54,69 olduğunu bildirmiştir. Aynı çalışmada 175°C 'de 4 dk kızartılan patates örneklerinden sonra analiz edilen mısırözü yağının palmitik asit içeriği %11,69, stearik asit içeriği %2,07, oleik asit içeriği %30,43 ve linoleik asit içeriği ise %52,92 olarak belirlenmiştir. Kızartma sonrası mısırözü yağının Σ SFA içeriğinin %14,67, Σ MUFA içeriğinin %30,85 ve Σ PUFA içeriğinin ise %54,48 olduğu bildirilmiştir.

Mevcut araştırmada mısır yağının derin yağda kızartma öncesi %0,41 olan n-3 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası azalarak %0,39 olduğu, kızartma öncesi %54,52 olan n-6 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası azalarak %54,08 olduğu, kızartma öncesi %31,53 olan n-9 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası azalarak %31,43 olduğu, kızartma öncesi 133,06 olan n-6/n-3 oranının kızartma sonrası artarak 138,75 olduğu, kızartma öncesi 2,37 olan Σ MUFA/ Σ SFA oranının kızartma sonrası azalarak 2,28 olduğu ve kızartma öncesi 4,11 olan Σ PUFA/ Σ SFA oranının kızartma sonrası azalarak 3,93 olduğu belirlenmiştir. Bu değişimler içerisinde sadece n-6 yağ asitleri, Σ MUFA/ Σ SFA ve Σ PUFA/ Σ SFA oranındaki azalmaların istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0,05$), diğerlerinin önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir. Mısır yağının Σ PUFA/ Σ SFA oranını; Zambiasi *et al.* (2007) 4,46, Kostik *et al.* (2013) ise 1,91 olarak belirlemişlerdir. Öte yandan Jensen *et al.* (2003) mısır yağının n-6 içeriğini %58,0, n-3 içeriğini %0,7 ve n-6/n-3 içeriğini 82,9 olarak bulmuşlardır.

4.7.6. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası riviera zeytinyağına ait yağ asidi kompozisyonu sonuçları

Derin yağda kızartma işleminin riviera zeytinyağının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisi Çizelge 4.22’de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere palmitik asit, stearik asit, Σ SFA içeriği, oleik asit, Σ MUFA içeriği, n-3 yağ asitleri, n-9 yağ asitleri, n-6/n-3 yağ asitleri oranı, Σ MUFA/ Σ SFA oranı üzerine örnekler arası önemli bir fark görülmezken ($p>0,05$), linoleik asit, Σ PUFA içeriği, n-6 yağ asitleri, Σ PUFA/ Σ SFA oranı üzerine ise önemli ($p<0,05$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.24. Derin yağda kızartma işleminin riviera zeytinyağının yağ asidi kompozisyonu üzerine varyans analiz sonuçları

Yağ Asidi		Sd	KO	F
Palmitik asit	Yöntem	1	0,032	2,880
	Hata	2	0,011	
Stearik asit	Yöntem	1	0,065	32,11
	Hata	2	0,002	
Σ SFA	Yöntem	1	0,297	11,501
	Hata	2	0,026	
Oleik asit	Yöntem	1	0,144	2,507
	Hata	2	0,058	
Σ MUFA	Yöntem	1	0,112	2,804
	Hata	2	0,040	
Linoleik asit	Yöntem	1	0,038	60,840*
	Hata	2	0,001	
Σ PUFA	Yöntem	1	0,038	37,098*
	Hata	2	0,01	
n-3	Yöntem	1	$2,5 \times 10^{-5}$	0,014
	Hata	2	0,002	
n-6	Yöntem	1	0,040	80,000*
	Hata		0,001	
n-9	Yöntem	1	0,160	2,896
	Hata	2	0,055	
n-6/n-3	Yöntem	1	0,415	0,032
	Hata	2	12,963	
Σ MUFA/ Σ SFA	Yöntem	1	0,029	8,608
	Hata	2	0,003	
Σ PUFA/ Σ SFA	Yöntem	1	0,001	33,101*
	Hata	2	$4,33 \times 10^{-5}$	

Kızartma öncesi ve sonrası riviera zeytinyağına ait yağ asidi kompozisyonu ortalama ve standart sapmaları Çizelge 4.23’de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere kızartma öncesi riviera zeytinyağının Σ SFA içeriğinin %15,89, Σ MUFA içeriğinin %71,68 ve Σ PUFA içeriğinin ise %12,43 olduğu belirlenmiştir. Kızartma öncesi riviera zeytinyağının SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %81) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %18) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %1) oluşturduğu; MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %98) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu; PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %91) ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %9) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.25. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası riviera zeytinyağının ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları ($\bar{x} \pm SD$)

Yağ Asidi	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
Palmitik asit (C16:0)	12,88 $\pm$ 0,15	13,06 $\pm$ 0,02
Stearik asit (C18:0)	2,81 $\pm$ 0,06	3,06 $\pm$ 0,00
Diğer doymuş yağ asitleri	0,21 $\pm$ 0,01	0,32 $\pm$ 0,00
Σ SFA	15,89 $\pm$ 0,23	16,44 $\pm$ 0,02
Oleik asit (C18:1n9c)	70,05 $\pm$ 0,34	69,67 $\pm$ 0,00
Diğer tekli doymamış yağ asitleri	1,63 $\pm$ 0,04	1,68 $\pm$ 0,01
Σ MUFA	71,68 $\pm$ 0,28	71,35 $\pm$ 0,01
Linoleik asit (C18:2n6c)	11,32 $\pm$ 0,00a	11,13 $\pm$ 0,04b
Diğer çoklu doymamış yağ asitleri	1,11 $\pm$ 0,02	1,11 $\pm$ 0,04
Σ PUFA	12,43 $\pm$ 0,04a	12,23 $\pm$ 0,03b
n-3	0,38 $\pm$ 0,02	0,38 $\pm$ 0,06
n-6	12,05 $\pm$ 0,01a	11,85 $\pm$ 0,03b
n-9	70,73 $\pm$ 0,33	70,33 $\pm$ 0,01
n-6/n-3	32,18 $\pm$ 1,78	31,54 $\pm$ 4,77
Σ MUFA/ Σ SFA	4,51 $\pm$ 0,08	4,34 $\pm$ 0,01
Σ PUFA/ Σ SFA	0,78 $\pm$ 0,01a	0,74 $\pm$ 0,00b

Mevcut araştırmamızda derin yağda kızartma öncesi riviera zeytinyağında tespit edilen yağ asidi kompozisyonunun Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina yağı Tebliği’ne göre (Tebliğ No:2010/35) uygun olduğu belirlenmiştir. Anılan tebliğe göre riviera zeytinyağının, palmitik asit içeriğinin %7,5-20,0, stearik asit içeriğinin %0,5-5,0, oleik asit içeriğinin %55,0-83,0 ve linoleik asit içeriğinin ise %3,5-21,0 arasında değişmesi

gerektiği belirtilmektedir. *Zambiasi et al.* (2007), riviera zeytinyağının (olive oil) Σ SFA içeriğini ortalama %15,28, Σ MUFA içeriğini ortalama %77 ve Σ PUFA içeriğini ise ortalama %7,72 olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar riviera zeytinyağının SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %71) palmitik asit (C16:0) olduğunu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %24) geldiğini, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %5) oluşturduğunu, MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %98) oleik asit (C18:1) olduğunu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğunu, PUFA içeriğinin ise büyük bir kısmının (yaklaşık %91) linoleik asit (C18:2) olduğunu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %9) oluşturduğunu tespit etmişlerdir. *Lopez-Lopez et al.* (2011), yaptıkları çalışmalarında köfte yapımında kullandıkları zeytinyağının yağ asidi kompozisyonunun %13'ünün Σ SFA, %79'unun Σ MUFA ve %8'inin ise Σ PUFA olduğunu belirtmişlerdir.

Rodriguez-Carpena et al. (2012) riviera zeytinyağının (olive oil) Σ SFA içeriğinin %13,38, Σ MUFA içeriğinin %80,58 ve Σ PUFA içeriğinin ise %6,04 olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmada riviera zeytinyağının SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %72) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %22) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %6) oluşturduğu, MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %95) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %5) oluşturduğu, PUFA içeriğinin ise büyük bir kısmının (yaklaşık %89) linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %11) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Kızartma sonrası riviera zeytinyağının Σ SFA içeriğinin %16,44, Σ MUFA içeriğinin %71,35 ve Σ PUFA içeriğinin ise %12,23 olduğu belirlenmiştir. Kızartma sonrası riviera zeytinyağının SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %79) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %19) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu; MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %98) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu; PUFA içeriğinin büyük bir kısmının

(yaklaşık %91) ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %9) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Mevcut araştırmada kızartma işlemi ile riviera zeytinyağının palmitik asit, stearik asit ve Σ SFA içeriğinin istatistiksel olarak önemli olmayan düzeyde ($p>0,05$) arttığı, buna karşın oleik asit ve Σ MUFA içeriğinde istatistiksel olarak önemli olmayan düzeyde ($p>0,05$) azalma olduğu, linoleik asit ve Σ PUFA içeriklerinde ise istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p<0,05$) azalma olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde Okur (2008), derin yağda kızartma öncesi riviera zeytinyağının palmitik asit içeriğini %11,91, stearik asit içeriğini %2,75, oleik asit içeriğini %72,83 ve linoleik asit içeriğini %9,69 olarak belirlemiştir. Araştırmacı, kızartma öncesi riviera zeytinyağının Σ SFA içeriğinin %15,41, Σ MUFA içeriğinin %73,87 ve Σ PUFA içeriğinin ise %10,72 olduğunu bildirmiştir. Aynı çalışmada 175 °C'de 4 dk kızartılan patates örneklerinden sonra analiz edilen riviera zeytinyağının palmitik asit içeriği %12,07, stearik asit içeriği %2,77, oleik asit içeriği %72,72 ve linoleik asit içeriği ise %9,65 olarak belirlenmiştir. Kızartma sonrası riviera zeytinyağının Σ SFA içeriğinin %15,59, Σ MUFA içeriğinin %73,75 ve Σ PUFA içeriğinin ise %10,66 olduğu bildirilmiştir.

Mevcut araştırmada riviera zeytinyağının derin yağda kızartma öncesi %0,38 olan n-3 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası aynı kaldığı, kızartma öncesi %12,05 olan n-6 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası azalarak %11,85 olduğu, kızartma öncesi %70,73 olan n-9 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası azalarak %70,33 olduğu, kızartma öncesi 32,18 olan n-6/n-3 oranının kızartma sonrası azalarak 31,54 olduğu, kızartma öncesi 4,51 olan Σ MUFA/ Σ SFA oranının kızartma sonrası azalarak 4,34 olduğu ve kızartma öncesi 0,78 olan Σ PUFA/ Σ SFA oranının kızartma sonrası azalarak 0,74 olduğu belirlenmiştir. Bu değişimlerden sadece n-6 yağ asitleri ve Σ PUFA/ Σ SFA oranındaki azalmaların istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0,05$) diğerlerinin önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir. *Zambiazi et al.* (2007), yaptıkları çalışmada riviera zeytinyağının Σ PUFA/ Σ SFA oranının 0,50 olduğunu belirtmişlerdir.

4.7.7. Derin yağda kızartma öncesi de sonrası natürel sızma zeytinyağına ait yağ asidi kompozisyonu sonuçları

Derin yağda kızartma işleminin natürel sızma zeytinyağının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisi Çizelge 4.24'te verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere n-3 yağ asitleri, n-6/n-3 yağ asitleri ve Σ PUFA/ Σ SFA oranı üzerine örnekler arası önemli bir fark görülmezken ($p>0,05$), palmitik asit, oleik asit, Σ MUFA içeriği, linoleik asit, Σ PUFA içeriği, n-6 yağ asitleri, n-9 yağ asitleri üzerine önemli ($p<0,05$), stearik asit, Σ SFA içeriği ve Σ MUFA/ Σ SFA oranı üzerine ise çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.26. Derin yağda kızartma işleminin naturel sızma zeytinyağının yağ asidi kompozisyonu üzerine varyans analiz sonuçları

Yağ Asidi		Sd	KO	F
Palmitik asit	Yöntem	1	0,106	65,000*
	Hata	2	0,002	
Stearik asit	Yöntem	1	0,073	162,000**
	Hata	2	0,000	
Σ SFA	Yöntem	1	0,511	130,248**
	Hata	2	0,004	
Oleik asit	Yöntem	1	0,331	20,761*
	Hata	2	0,016	
Σ MUFA	Yöntem	1	0,260	19,630*
	Hata	2	0,013	
Linoleik asit	Yöntem	1	0,032	14,400*
	Hata	2	0,002	
Σ PUFA	Yöntem	1	0,044	16,642*
	Hata	2	0,003	
n-3	Yöntem	1	$2,5 \times 10^{-5}$	1,000
	Hata	2	$2,5 \times 10^{-5}$	
n-6	Yöntem	1	0,042	17,330*
	Hata	2	0,002	
n-9	Yöntem	1	0,342	21,490*
	Hata	2	0,016	
n-6/n-3	Yöntem	1	0,023	0,120
	Hata	2	0,187	
Σ MUFA/ Σ SFA	Yöntem	1	0,077	87,114**
	Hata	2	0,001	
Σ PUFA/ Σ SFA	Yöntem	1	0,002	10470,596
	Hata	2	$2,19 \times 10^{-5}$	

Kızartma öncesi ve sonrası natürel sızma zeytinyağına ait ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları Çizelge 4.25'te verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere kızartma öncesi natürel sızma zeytinyağının Σ SFA içeriğinin %14,49, Σ MUFA içeriğinin %75,02 ve Σ PUFA içeriğinin ise %10,51 olduğu belirlenmiştir. Kızartma öncesi natürel sızma zeytinyağına SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %80) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %19) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %1) oluşturduğu; MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %98) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu, PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %85) ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %15) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.27. Derin yağda kızartma öncesi ve sonrası natürel sızma zeytinyağının ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları ($\bar{x} \pm SD$)

Yağ Asidi	Kızartma Öncesi	Kızartma Sonrası
Palmitik asit (C16:0)	11,60 $\pm$ 0,05b	11,92 $\pm$ 0,03a
Stearik asit (C18:0)	2,76 $\pm$ 0,02b	3,03 $\pm$ 0,02a
Diğer doymuş yağ asitleri	0,14 $\pm$ 0,01	0,26 $\pm$ 0,01
Σ SFA	14,49 $\pm$ 0,08b	15,20 $\pm$ 0,04a
Oleik asit (C18:1n9c)	73,48 $\pm$ 0,15a	72,90 $\pm$ 0,10b
Diğer tekli doymamış yağ asitleri	1,54 $\pm$ 0,01	1,61 $\pm$ 0,01
Σ MUFA	75,02 $\pm$ 0,13a	74,51 $\pm$ 0,09b
Linoleik asit (C18:2n6c)	8,98 $\pm$ 0,06a	8,80 $\pm$ 0,02b
Diğer çoklu doymamış yağ asitleri	1,53 $\pm$ 0,0	1,50 $\pm$ 0,01
Σ PUFA	10,51 $\pm$ 0,04a	10,30 $\pm$ 0,04b
n-3	0,33 $\pm$ 0,00	0,33 $\pm$ 0,01
n-6	10,18 $\pm$ 0,06a	9,97 $\pm$ 0,03b
n-9	74,14 $\pm$ 0,15a	73,55 $\pm$ 0,10b
n-6/n-3	30,83 $\pm$ 0,19	30,68 $\pm$ 0,58
Σ MUFA/ Σ SFA	5,18 $\pm$ 0,04a	4,90 $\pm$ 0,02b
Σ PUFA/ Σ SFA	0,73 $\pm$ 0,00	0,68 $\pm$ 0,00

Mevcut araştırmamızda derin yağda kızartma öncesi natürel sızma zeytinyağında tespit edilen yağ asidi kompozisyonunun Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina yağı Tebliği'ne göre (Tebliğ No:2010/35) uygun olduğu belirlenmiştir. Anılan tebliğe göre natürel sızma zeytinyağının, palmitik asit içeriğinin %7,5-20, stearik asit içeriğinin

%0,5-50, oleik asit içeriğinin %55-83 ve linoleik asit içeriğinin ise %3,5-21 arasında değişmesi gerektiği belirtilmektedir.

Zambiazi *et al.* (2007), natürel sızma zeytinyağının (extra virgin oil) Σ SFA içeriğinin ortalama %12,98, Σ MUFA içeriğinin ortalama %77,44 ve Σ PUFA içeriğinin ise ortalama %9,58 olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmada natürel sızma zeytinyağının SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %67) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %27) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %6) oluşturduğu, MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %99) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %1) oluşturduğu, PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %90) ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %10) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Kızartma sonrası natürel sızma zeytinyağının Σ SFA içeriğinin %15,20, Σ MUFA içeriğinin %74,51 ve Σ PUFA içeriğinin ise %10,30 olduğu belirlenmiştir. Kızartma sonrası natürel sızma zeytinyağının SFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %78) palmitik asit (C16:0) olduğu ve bu yağ asidini takiben stearik asidin (C18:0) (yaklaşık %20) geldiği, diğer doymuş yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu; MUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %98) oleik asit (C18:1) olduğu ve diğer tekli doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %2) oluşturduğu; PUFA içeriğinin büyük bir kısmının (yaklaşık %85) ise linoleik asit (C18:2) olduğu ve diğer çoklu doymamış yağ asitlerinin kalan kısmı (yaklaşık %15) oluşturduğu tespit edilmiştir.

Kızartma işlemi ile natürel sızma zeytinyağının palmitik asit, stearik asit ve Σ SFA içeriklerinin istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p<0,05$) artma, buna karşın oleik asit ve Σ MUFA içeriğinde istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p<0,05$) azalma, linoleik asit ve Σ PUFA içeriğinde ise istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p<0,05$) azalma belirlenmiştir.

Mevcut araştırmada natürel sızma zeytinyağının derin yağda kızartma öncesi %0,33 olan n-3 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası aynı kaldığı, kızartma öncesi %10,18 olan n-6 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası azalarak %9,97 olduğu, kızartma öncesi %74,14 olan n-9 yağ asidi içeriğinin kızartma sonrası azalarak %73,55 olduğu, kızartma öncesi 30,83 olan n-6/n-3 oranının kızartma sonrası azalarak 30,68 olduğu, kızartma öncesi 5,18 olan Σ MUFA/ Σ SFA oranının kızartma sonrası azalarak 4,90 olduğu ve kızartma öncesi 0,73 olan Σ PUFA/ Σ SFA oranının kızartma sonrası azalarak 0,68 olduğu belirlenmiştir. Bu değişimlerden sadece n-6 yağ asitleri, n-9 yağ asitleri ve Σ MUFA/ Σ SFA azalmaların istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0,05$) diğerlerinin ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir. Zambiazi *et al.* (2007), natürel sızma zeytinyağının Σ PUFA/ Σ SFA 0,74 olduğunu tespit etmişlerdir.

4.7.8. Farklı kızartma yağlarının kızartma öncesi ve sonrası yağ asidi kompozisyonlarının karşılaştırması

Farklı kızartma yağlarının derin yağda kızartma işlemi öncesi ve sonrası yağ asidi kompozisyonu üzerine yağ çeşidinin etkisi Çizelge 4.26'da verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere yağ çeşidinin kızartma öncesi ve sonrası palmitik asit, stearik asit, Σ SFA içeriği, oleik asit, Σ MUFA içeriği, linoleik asit, Σ PUFA içeriği, n-3 yağ asitleri, n-6 yağ asitleri, n-9 yağ asitleri, n-6/n-3 yağ asitleri, Σ MUFA/ Σ SFA ve Σ PUFA/ Σ SFA üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.28. Farklı Kızartma Yağlarının Kızartma Öncesi yağ asidi kompozisyonu üzerine varyans analiz sonuçları

Yağ Asidi			Sd	KO	F
Palmitik asit	Kızartma Öncesi	Yöntem	6	101,080	11393,927**
		Hata	7	0,009	
	Kızartma Sonrası	Yöntem	6	102,456	50153,139**
		Hata	7	0,002	
Stearik asit	Kızartma Öncesi	Yöntem	6	0,958	563,422**
		Hata	7	0,002	
	Kızartma Sonrası	Yöntem	6	1,003	3119,74**
		Hata	7	0,000	
ΣSFA	Kızartma Öncesi	Yöntem	6	124,372	7431,519**
		Hata	7	0,017	
	Kızartma Sonrası	Yöntem	6	126,299	39645,491**
		Hata	7	0,003	
Oleik asit	Kızartma Öncesi	Yöntem	6	781,591	24880,121**
		Hata	7	0,031	
	Kızartma Sonrası	Yöntem	6	769,492	120907,843**
		Hata	7	0,006	
ΣMUFA	Kızartma Öncesi	Yöntem	6	850,156	30946,909**
		Hata	7	0,027	
	Kızartma Sonrası	Yöntem	6	837,693	110534,409**
		Hata	7	0,008	
Linoleik asit	Kızartma Öncesi	Yöntem	6	775,208	32591,342**
		Hata	7	0,024	
	Kızartma Sonrası	Yöntem	6	762,931	300028,946**
		Hata	7	0,003	
ΣPUFA	Kızartma Öncesi	Yöntem	6	774,740	34248,043**
		Hata	7	0,023	
	Kızartma Sonrası	Yöntem	6	761,410	245051,352**
		Hata	7	0,003	
n-3	Kızartma Öncesi	Yöntem	6	0,204	1900,489**
		Hata	7	0,000	
	Kızartma Sonrası	Yöntem	6	0,216	318,702**
		Hata	7	0,001	
n-6	Kızartma Öncesi	Yöntem	6	774,575	33162,221**
		Hata	7	0,023	
	Kızartma Sonrası	Yöntem	6	761,945	367835,714**
		Hata	7	0,002	
n-9	Kızartma Öncesi	Yöntem	6	831,584	26250,686**
		Hata	7	0,032	
	Kızartma Sonrası	Yöntem	6	819,245	111461,948**
		Hata	7	0,007	
n-6/n-3	Kızartma Öncesi	Yöntem	6	5358,357	1017,062**
		Hata	7	5,268	
	Kızartma Sonrası	Yöntem	6	5913,384	184,624**
		Hata	7	32,029	

Çizelge 4.28. (devam)

ΣMUFA/ΣSFA	Kızartma Öncesi	Yöntem	6	21,386	2839,880**
		Hata	7	0,008	
	Kızartma Sonrası	Yöntem	6	18,473	4773,961**
		Hata	7	0,004	
ΣPUFA/ΣSFA	Kızartma Öncesi	Yöntem	6	8,273	2694,956**
		Hata	7	0,003	
	Kızartma Sonrası	Yöntem	6	7,077	13326,158**
		Hata	7	0,001	

Farklı kızartma yağlarının derin yağda kızartma öncesi ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları Çizelge 4.27’de verilmiştir. Farklı kızartma yağlarının tamamında SFA’ların büyük bir çoğunluğunun palmitik asit ve stearik asit, MUFA’ların büyük bir çoğunluğunun oleik asit ve PUFA’ların ise büyük bir çoğunluğunun linoleik asit olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.29. Farklı kızartma yağlarının kızartma öncesi ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları ($\bar{x} \pm SD$)

Yağ Asidi	Ayçiçek yağı	Fındık yağı	Kanola yağı	Karışım yağı	Mısır yağı	Riviera zeytinyağı	Natürel sızma zeytinyağı
Palmitik asit (C16:0)	6,05±0,15e	5,43±0,01f	5,14±0,11g	25,47±0,01a	11,20±0,06d	12,88±0,15b	11,60±0,05c
Stearik asit (C18:0)	3,39±0,01b	2,44±0,06d	1,84±0,02f	3,75±0,05a	2,01±0,04e	2,81±0,06c	2,76±0,02c
Diğer doymuş yağ asitleri	0,15	0,1	0,18	1,1	0,17	0,20	0,13
ΣSFA	9,59±0,16e	7,97±0,07f	7,16±0,12g	30,32±0,07a	13,38±0,11d	15,89±0,13b	14,49±0,08c
Oleik asit (C18:1n9c)	31,81±0,12f	74,98±0,21a	60,88±0,06d	39,92±0,13e	30,94±0,06g	70,05±0,34c	73,48±0,15b
Diğer tekli doymamış yağ asitleri	0,24	0,44	7,6	0,33	0,76	1,63	1,54
ΣMUFA	32,05±0,11f	75,42±0,20a	68,48±0,10d	40,29±0,18e	31,70±0,01f	71,68±0,28c	75,02±0,13b
Linoleik asit (C18:2n6c)	57,02±0,27a	16,20±0,11e	22,20±0,00d	28,48±0,25c	53,90±0,13b	11,32±0,00f	8,98±0,06g
Diğer çoklu doymamış yağ asitleri	1,34	0,42	2,17	0,93	1,03	1,11	1,53
ΣPUFA	58,36±0,27a	16,62±0,04e	24,37±0,02d	29,41±0,24c	54,93±0,10b	12,43±0,04f	10,51±0,06g
n-3	0,39±0,00bc	0,19±0,00f	1,16±0,01a	0,31±0,01e	0,41±0,01b	0,38±0,02c	0,33±0,00d
n-6	57,97±0,27a	16,43±0,11e	23,21±0,01d	29,11±0,25c	54,52±0,11b	12,05±0,01f	10,18±0,06g
n-9	31,90±0,11f	75,15±0,20a	68,17±0,11d	40,05±0,16e	31,53±0,04f	70,73±0,33c	74,14±0,15b
n-6/n-3	148,64±0,69a	86,47±0,60d	20,10±0,11f	95,46±3,02c	133,06±4,87b	32,18±1,78e	30,83±0,19e
ΣMUFA/ΣSFA	3,34±0,04 d	9,46±0,11 a	9,57±0,17 a	1,33±0,0 f	2,37±0,02 e	4,51±0,08 c	5,18±0,04 b
ΣPUFA/ΣSFA	6,09±0,13a	2,09±0,00d	3,41±0,06c	0,97±0,10e	4,11±0,04b	0,78±0,01f	0,73±0,00f

Palmitik asidin insanlarda plazma kolesterol seviyesini artırması nedeniyle “hiperkolesterolemik” olduğu, stearik asidin ise plazma kolesterol seviyesi üzerine herhangi bir etkiye sahip olmaması nedeniyle “nötral yağ” olduğu belirtilmektedir (Juarez *et al.* 2010). Öte yandan, Johnson *et al.* (1994) ise stearik asidin plazma kolesterol seviyesini azalttığını belirtmiştir. Mevcut araştırmada kızartma öncesi farklı kızartma yağlarında istatistiksel olarak en yüksek palmitik asit içeriği sırasıyla; karışım yağı (%25,47) > riviera zeytinyağı (%12,88) > natürel sızma zeytinyağı (%11,60) > mısır yağı (%11,20) > ayçiçek yağı (%6,05) > fındık yağı (%5,43) > kanola yağında (%5,14), en yüksek stearik asit içeriği sırasıyla; karışım yağı (%3,75) > ayçiçek yağı (%3,39) > riviera zeytinyağı (%2,81) = natürel sızma zeytinyağı (%2,76) > fındık yağı (%2,44) > mısır yağı (%2,01) > kanola yağında (%1,84) ve en yüksek Σ SFA içeriği ise palmitik asit sıralamasında olduğu gibi sırasıyla; karışım yağı (%30,32) > riviera zeytinyağı (%15,89) > natürel sızma zeytinyağı (%14,49) > mısır yağı (%13,38) > ayçiçek yağı (%9,59) > fındık yağı (%7,97) > kanola yağında (%7,16) belirlenmiştir. Bitkisel yağların Σ SFA içeriklerinin düşük olduğu bilinmektedir. Araştırmada en yüksek Σ SFA içeriğinin karışım yağında tespit edildiği belirlenmiştir. Bu sonuç; karışım yağının üreten firmanın ürün etiketinde belirttikleri üzere karışım yağı üretiminde palm süper olein yağının kullanmasına bağlanmaktadır. Zira yapılan çalışmalarda palm süper olein yağının Σ SFA içeriğinin yüksek olduğu belirtilmektedir (Rossi *et al.* 2007; Anonim 2012b).

Bitkisel yağlardaki yüksek MUFA içeriğinin, serum kolesterol değerini düşürmesi nedeniyle kalp-damar hastalıkları riskini azalttığı ve neticede yüksek MUFA içerikli yağların sağlık üzerine olumlu etkiye neden olduğu belirtilmektedir (Mattson and Grundy 1985; Alireza *et al.* 2010). Kızartma öncesi farklı kızartma yağlarında istatistiksel olarak en yüksek oleik asit içeriği sırasıyla; fındık yağı (%74,98) > natürel sızma zeytinyağı (%73,48) > riviera zeytinyağı (%70,05) > kanola yağı (%60,88) > karışım yağı (%39,92) > ayçiçek yağı (%31,81) > mısır yağında (%30,94), en yüksek Σ MUFA içeriği ise sırasıyla; fındık yağı (%75,42) > natürel sızma zeytinyağı (%75,02) > riviera zeytinyağı (%71,68) > kanola yağı (%68,48) > karışım yağı (%40,29) > ayçiçek yağı (%32,05) = mısır yağında (%31,70) belirlenmiştir. Kanola yağı hariç diğer

kızartma yağlarının MUFA içeriğinin yaklaşık %98-99'luk kısmını oleik asit oluştururken, kanola yağında bu oran yaklaşık %89'a düşmekte ve kalan kısmın yaklaşık %95'ini cis-11-eikosenoik asit (gondoik asit)'in oluşturmaktadır. Kanola yağının oleik asit haricindeki Σ MUFA içeriğinin büyük bir kısmının cis-11-eikosenoik asit (gondoik asit) olduğu diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (Zambiasi *et al.* 2007).

Diyette çoklu doymamış yağ asidi içeriğinin artması insan sağlığının iyileşmesine olumlu katkı sağlamaktadır (Wood *et al.* 2004). Kızartma öncesi farklı kızartma yağlarında istatistiksel olarak en yüksek linoleik asit içeriği sırasıyla; ayçiçek yağı (%57,02) > mısır yağı (%53,90) > karışım yağı (%28,48) > kanola yağı (%22,20) > findık yağı (%16,20) > riviera zeytinyağı (%11,32) > natürel sızma zeytinyağında (%8,98), en yüksek Σ PUFA içeriği ise linoleik asit sıralamasında olduğu gibi sırasıyla; ayçiçek yağı (%58,36) > mısır yağı (%54,93) > karışım yağı (%29,41) > kanola yağı (%24,37) > findık yağı (%16,62) > riviera zeytinyağı (%12,43) > natürel sızma zeytinyağında (%10,51) belirlenmiştir.

Beslenme açısından n-3, n-6 ve n-9 yağ asitleri ile n-6/n-3, Σ MUFA/ Σ SFA ve Σ PUFA/ Σ SFA oranlarının önemli olduğu bilinmektedir. Araştırmada kızartma öncesi farklı kızartma yağlarında istatistiksel olarak en yüksek n-3 yağ asitleri içeriği sırasıyla; kanola yağı (%1,16) > mısır yağı (%0,41) $\geq$ ayçiçek yağı (%0,39) $\geq$ riviera zeytinyağı (%0,38) > natürel sızma zeytinyağı (%0,33) > karışım yağı (%0,31) > findık yağında (%0,19), en yüksek n-6 yağ asitleri içeriği linoleik asit ve PUFA'da olduğu gibi sırasıyla; ayçiçek yağı (%57,97) > mısır yağı (%54,52) > karışım yağı (%29,11) > kanola yağı (%23,21) > findık yağı (%16,43) > riviera zeytinyağı (%12,05) > natürel sızma zeytinyağında (%10,18), en yüksek n-9 yağ asitleri içeriği MUFA'da olduğu gibi sırasıyla; findık yağı (%75,15) > natürel sızma zeytinyağı (%74,14) > riviera zeytinyağı (%70,73) > kanola yağı (%68,17) > karışım yağı (%40,05) > ayçiçek yağı (%31,90) = mısır yağında (%31,53), en yüksek n-6/n-3 yağ asitleri oranı sırasıyla; ayçiçek yağı (148,64) > mısır yağı (133,06) > karışım yağı (95,46) > findık yağı (86,47) > riviera zeytinyağı (32,18) = natürel sızma zeytinyağı (30,83) > kanola yağında (20,10), en

yüksek Σ MUFA/ Σ SFA yağ asitleri oranı sırasıyla; kanola yağı (9,57) = fındık yağı (9,46) > natürel sızma zeytinyağı (5,18) > riviera zeytinyağı (4,51) > ayçiçek yağı (3,34) > mısır yağı (2,37) > karışım yağında (1,33), en yüksek Σ PUFA/ Σ SFA yağ asitleri oranı ise sırasıyla ayçiçek yağı (6,09) > mısır yağı (4,11) > kanola yağı (3,41) > fındık yağı (2,09) > karışım yağı (0,97) > riviera zeytinyağı (0,78) = natürel sızma zeytinyağı (0,73) olarak belirlenmiştir.

Bitkisel sıvı yağlar genellikle cis formunda yağ asitleri içermekte, ancak yağların rafinasyonunda uygulanan yüksek sıcaklık ve basınç nedeniyle çok az miktarlarda trans formundaki yağ asitlerine de rastlanabilmektedir. Trans formdaki yağ asitlerinin cis formdaki yağ asitlerine kıyasla 25-30°C gibi daha yüksek sıcaklıklarda erimesi nedeniyle trans yağ asitlerinin doymuş yağ asitleri gibi beslenme fizyolojisi ve kalp-damar hastalıkları açısından olumsuz etkiye sahip oldukları düşünülmektedir (Zhang *et al.* 2012; Saldamalı 2014). WHO ve FAO hazırladıkları teknik raporlarda trans yağ alımının mümkün olduğu kadar azaltılması gerektiğini, trans yağlardan gelen enerjinin günlük alınan enerjinin %1'ini aşmaması (2000 kcal'lik enerjiye ihtiyaç duyan birinin 2 gramdan fazla trans yağ tüketmemesi) gerektiğini belirtmektedir (Anonymous 2003). Mevcut araştırmada kızartma öncesi analizi yapılan kızartma yağlarından sadece mısır yağının %0,01 seviyesinde trans yağ asidi içerdiği, diğer yağların ise trans yağ asidi içermediği belirlenmiştir. Öte yandan ülkemizde 2007 yılından itibaren, beslenme etiketlenmesi yapıldığı durumlarda trans yağ oranının verilme zorunluluğu getirilmiş ve ürün içindeki toplam yağın 100 gramında 1 gramdan az trans yağ bulunması durumunda ürünlerin “trans yağ içermez” olarak etiketlenebileceği belirtilmektedir.

Farklı kızartma yağlarının kızartma sonrası ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları Çizelge 4.28'de verilmiştir. Mevcut araştırmada kızartma sonrası farklı kızartma yağlarında istatistiksel olarak en yüksek palmitik asit içeriği sırasıyla; karışım yağı (%25,88) > riviera zeytinyağı (%13,06) > natürel sızma zeytinyağı (%11,92) > mısır yağı (%11,37) > ayçiçek yağı (%6,41) > fındık yağı (%5,69) > kanola yağında (%5,29), en yüksek stearik asit içeriği sırasıyla; karışım yağı (%3,98) > ayçiçek yağı (%3,61) > riviera zeytinyağı (%3,06) = natürel sızma zeytinyağı (%3,03) > fındık

yağı (%2,67) > mısır yağı (%2,22) > kanola yağında (%2,01), en yüksek Σ SFA içeriği palmitik asit içeriğinde olduğu gibi sırasıyla; karışım yağı (%31,05) > riviera zeytinyağı (%16,44) > natürel sızma zeytinyağı (%15,20) > mısır yağı (%13,87) > ayçiçek yağı (%10,31) > fındık yağı (%8,59) > kanola yağında (%7,56) belirlenmiştir. Farklı kızartma yağlarında belirlenen istatistiksel olarak en yüksek palmitik asit, stearik asit ve Σ SFA içerik sıralamasının, kızartma işlemi neticesinde değişmediği belirlenmiştir.



Çizelge 4.30. Farklı kızartma yağlarının kızartma sonrası ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları ($\bar{x} \pm SD$)

Yağ Asidi	Ayçiçek yağı	Fındık yağı	Kanola yağı	Karışım yağı	Mısır yağı	Riviera zeytinyağı	Natürel sızma zeytinyağı
Palmitik asit (C16:0)	6,41±0,03e	5,69±0,00f	5,29±0,10g	25,88±0,05a	11,37±0,00d	13,06±0,02b	11,92±0,03c
Stearik asit (C18:0)	3,61±0,01b	2,67±0,00d	2,01±0,03f	3,98±0,03a	2,22±0,00e	3,06±0,00c	3,03±0,02c
Diğer doymuş yağ asitleri	0,29	0,23	0,26	1,19	0,28	0,32	0,25
ΣSFA	10,31±0,02e	8,59±0,00f	7,56±0,13g	31,05±0,06a	13,87±0,01d	16,44±0,02b	15,20±0,04c
Oleik asit (C18:1n9c)	31,83±0,04f	74,76±0,01a	60,92±0,06d	39,79±0,17e	30,88±0,01g	69,67±0,00c	72,90±0,01b
Diğer tekli doymamış yağ asitleri	0,31	0,46	7,52	0,42	0,78	1,68	1,61
ΣMUFA	32,14±0,04f	75,22±0,01a	68,44±0,01d	40,21±0,19e	31,66±0,01g	71,35±0,01c	74,51±0,09b
Linoleik asit (C18:2n6c)	56,25±0,04a	15,77±0,00e	21,78±0,04d	27,81±0,11c	53,48±0,04b	11,13±0,04f	8,80±0,02g
Diğer çoklu doymamış yağ asitleri	1,31	0,42	2,24	0,93	0,99	1,1	1,5
ΣPUFA	57,56±0,03a	16,19±0,01e	24,02±0,05d	28,74±0,13c	54,47±0,01b	12,23±0,03f	10,30±0,04g
n-3	0,37±0,00b	0,19±0,02d	1,18±0,01a	0,30±0,03c	0,39±0,01b	0,38±0,06b	0,33±0,01bc
n-6	57,19±0,03a	16,01±0,01e	22,84±0,04d	28,44±0,10c	54,08±0,02b	11,85±0,03f	9,97±0,03g
n-9	31,91±0,04f	74,88±0,01a	68,08±0,09d	39,92±0,18e	31,43±0,01g	70,33±0,01c	73,55±0,10b
n-6/n-3	154,57±0,08a	87,09±10,02c	19,44±0,08d	95,21±8,65c	138,75±5,09b	31,54±4,77d	30,68±0,58d
ΣMUFA/ΣSFA	3,12±0,01 e	8,76±0,0 b	9,05±0,16 a	1,30±0,01 g	2,28±0,0 f	4,34±0,01 d	4,90±0,02 c
ΣPUFA/ΣSFA	5,59±0,01a	1,88±0,01d	3,18±0,06c	0,93±0,00e	3,93±0,00b	0,74±0,00f	0,68±0,00g

Kızartma sonrası farklı kızartma yağlarında istatistiksel olarak en yüksek oleik asit içeriği sırasıyla; findık yağı (%74,76) > natürel sızma zeytinyağı (%72,90) > riviera zeytinyağı (%69,67) > kanola yağı (%60,92) > karışım yağı (%39,79) > ayçiçek yağı (%31,83) > mısır yağında (%30,88), en yüksek Σ MUFA içeriği oleik asit sıralamasında olduğu gibi sırasıyla; findık yağı (%75,22) > natürel sızma zeytinyağı (%74,51) > riviera zeytinyağı (%71,35) > kanola yağı (%68,44) > karışım yağı (%40,21) > ayçiçek yağı (%32,14) > mısır yağında (%31,66) belirlenmiştir. Kızartma işleminin farklı kızartma yağlarında belirlenen istatistiksel olarak en yüksek Σ MUFA içerik sıralamasında değişikliğe neden olduğu, bu sonuca ise kızartma sonrası ayçiçek yağının Σ MUFA içeriğindeki artış ve mısır yağının Σ MUFA içeriğindeki azalışın neden olduğu gözlenmiştir.

Kızartma sonrası farklı kızartma yağlarında istatistiksel olarak en yüksek linoleik asit içeriği sırasıyla; ayçiçek yağı (%56,25) > mısır yağı (%53,48) > karışım yağı (%27,81) > kanola yağı (%21,78) > findık yağı (%15,77) > riviera zeytinyağı (%11,13) > natürel sızma zeytinyağı (%8,80), en yüksek Σ PUFA içeriği linoleik asit içeriğinde olduğu gibi sırasıyla; ayçiçek yağı (%57,56) > mısır yağı (%54,47) > karışım yağı (%28,74) > kanola yağı (%24,02) > findık yağı (%16,19) > riviera zeytinyağı (%12,23) > natürel sızma zeytinyağı (%10,30) belirlenmiştir. Farklı kızartma yağlarında belirlenen istatistiksel olarak en yüksek linoleik asit ve Σ PUFA içerik sıralamasının, kızartma işlemi neticesinde değişmediği belirlenmiştir.

Kızartma sonrası farklı kızartma yağlarında istatistiksel olarak en yüksek n-3 yağ asitleri sırasıyla; kanola yağı (%1,18) > mısır yağı (%0,39) = riviera zeytinyağı (%0,38) = ayçiçek yağı (%0,37) $\geq$ natürel sızma zeytinyağı (%0,33) $\geq$ karışım yağı (%0,30) > findık yağında (%0,19), en yüksek n-6 yağ asitleri Σ PUFA içeriğinde olduğu gibi sırasıyla; ayçiçek yağı (%57,19) > mısır yağı (%54,08) > karışım yağı (%28,44) > kanola yağı (%22,84) > findık yağı (%16,01) > riviera zeytinyağı (%11,85) > natürel sızma zeytinyağı (%9,97), en yüksek n-9 yağ asitleri Σ MUFA içeriğinde olduğu gibi sırasıyla; findık yağı (%74,88) > natürel sızma zeytinyağı (%73,55) > riviera zeytinyağı (%70,33) > kanola yağı (%68,08) > karışım yağı (%39,92) > ayçiçek yağı (%31,91) >

mısır yağında (%31,43), en yüksek n-6/n-3 yağ asitleri oranı sırasıyla; ayçiçek yağı (154,57) > mısır yağı (138,75) > karışım yağı (95,21) = fındık yağı (87,09) > riviera zeytinyağı (31,54) = natürel sızma zeytinyağı (30,68) = kanola yağında (19,44), en yüksek Σ MUFA/ Σ SFA oranı sırasıyla; kanola yağı (9,05) > fındık yağı (8,76) > natürel sızma zeytinyağı (4,90) > riviera zeytinyağı (4,34) > ayçiçek yağı (3,12) > mısır yağı (2,28) > karışım yağında (1,30), en yüksek Σ PUFA/ Σ SFA oranı sırasıyla; ayçiçek yağı (5,59) > mısır yağı (3,93) > kanola yağı (3,18) > fındık yağı (1,88) > karışım yağı (0,93) > riviera zeytinyağı (0,74) > natürel sızma zeytinyağı (0,68) olarak belirlenmiştir. Kızartma işleminin neden olduğu yağ asidi kompozisyonundaki değişikliklerin, farklı kızartma yağlarında belirlenen istatistiksel olarak en yüksek n-3 yağ asitleri, n-9 yağ asitleri, n-6/n-3 oranı, Σ MUFA/ Σ SFA ve Σ PUFA/ Σ SFA oranlarındaki sıralamayı değiştirdiği, buna karşın n-6 yağ asitleri içeriğindeki sıralamanın kızartma öncesi sıralama ile aynı olduğu belirlenmiştir.

Mevcut araştırmada kızartma işlemi sonrası ayçiçek yağı, fındık yağı, riviera zeytinyağı ve natürel sızma zeytinyağında kızartma öncesinde olduğu gibi trans yağ asidi tespit edilememişken kanola ve mısır yağında %0,01, karışım yağında ise %0,02 seviyesinde trans yağ asidi belirlenmiştir.

Derin yağda kızartma işlemi neticesinde farklı kızartma yağlarının yağ asitlerinde görülen değişiklikler incelendiğinde; kullanılan farklı kızartma yağlarının tamamında, derin yağda kızartma işlemi sonrası palmitik asit, stearik asit ve Σ SFA içeriklerinde artış tespit edilmiştir. Palmitik asit içeriğinde görülen artışın; ayçiçek yağı, kanola yağı, riviera zeytinyağında istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p>0,05$) belirlenirken, fındık yağı, karışım yağ, mısır yağı ve natürel sızma zeytinyağında ise önemli olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir. Stearik asit içeriğinde görülen artışın; riviera zeytinyağında istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p>0,05$), diğer kızartma yağlarında (ayçiçek yağı, fındık yağı, kanola yağı, karışım yağ, mısır yağı ve natürel sızma zeytinyağı) ise önemli düzeyde ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir. Σ SFA içeriğinde görülen artışın ise; kanola yağı ve riviera zeytinyağında istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p>0,05$), ayçiçek yağı, fındık

yağı, karışım yağ, mısır yağı ve natürel sızma zeytinyağında önemli ($p<0,05$) düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Derin yağda kızartma sonrası palmitik asit, stearik asit ve Σ SFA içeriğindeki artışta; ısıtma işleminin katalizlediği oksidasyon reaksiyonlarında özellikle linoleik asit başta olmak üzere PUFA'ların muhtemel substrat olmaları ile kızartma şartlarına karşı stabil olmayan doymamış yağ asitlerindeki çift bağların kopması sonucu daha stabil ve daha küçük molekül ağırlıklı yağ asitlerinin oluşumunun etkili olduğu düşünülmektedir (Girard 1992; Ünsal vd 1992; Gerde *et al.* 2007; Okur 2008; Saldamlı 2014). Nitekim mevcut araştırma sonuçlarından da görüleceği gibi kullanılan farklı kızartma yağlarının tamamında, derin yağda kızartma işlemi sonrasında çoklu doymamış yağ asidi içeriklerinde azalmalar tespit edilmiştir. Ayrıca otooksidasyon olayının, yağ asitlerinin bünyesinde barındırdıkları çift bağ sayısına ve derin yağda kızartma gibi pişirme koşulları altındaki yüksek sıcaklık derecesi, kızartılan gıdanın nemi, yağ ile temas eden hava miktarı ve antioksidan varlığı gibi faktörlere bağlı olduğu da bilinmektedir (Ünsal vd 1992). Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (Houhoula *et al.* 2002; Onal-Ulusoy *et al.* 2005; Okur 2008). Öte yandan Daniel *et al.* (2005), kızartma yağı olarak pamuk yağı, kanola ve soya yağı kullandıkları ve 5 gün boyunca günde 8 saat ısıtma ve kızartma yaptıkları çalışmalarında, stearik asit içeriğinin azaldığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu azalışı oksidatif strese bağlamışlardır.

Mevcut araştırmada derin yağda kızartma işlemi sonrasında ayçiçek yağı ile kanola yağının oleik asit içeriği artış gösterirken, fındık yağı, karışım yağ, mısır yağı, riviera zeytinyağı ve natürel sızma zeytinyağının ise oleik asit içeriğinde azalma tespit edilmiştir. Ancak natürel sızma zeytinyağı hariç kullanılan diğer kızartma yağlarının oleik asit içeriğindeki kızartma sonrası görülen değişimlerin istatistiksel olarak önemli ($p>0,05$) olmadığı tespit edilmiştir. Derin yağda kızartma işlemi sonrasında ayçiçek yağı hariç kullanılan diğer tüm yağların tekli doymamış yağ asidi içerikleri kızartma sonrasında azalma göstermiştir. Ancak oleik asit içeriğinde olduğu gibi natürel sızma zeytinyağı hariç kullanılan diğer kızartma yağlarının tekli doymamış yağ asidi içeriğindeki kızartma sonrası görülen değişimlerin istatistiksel olarak önemli ($p>0,05$)

olmadığı tespit edilmiştir. Oleik asit içeriğindeki kızartma sonrası görülen değişimler literatürde farklılık göstermektedir. Bazı çalışmalar kullanılan yağ çeşidine bağlı olarak oleik asit miktarının arttığını (Daniel *et al.* 2005; Gerde *et al.* 2007), bazı çalışmalar (Houhoula *et al.* 2002; Daniel *et al.* 2005) ise azaldığını belirtmiştir. Oleik asit miktarında kızartma sonucu görülen artışlar; kullanılan kızartma yağlarında çoklu doymamış yağ asitlerinin ağırlıklı olarak bulunması, oleik asidin oksidasyon hızının, linoleik ve linolenik asitlerin oksidasyon hızından çok daha düşük olması ve çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyon sonucu kendilerine göre daha stabil olan oleik aside dönüşümü ile açıklanmaktadır (Onal-Ulusoy *et al.* 2005; Rossi *et al.* 2007; Okur 2008). Öte yandan oleik asit miktarında kızartma sonucu görülen azalma ise doymamış yağ asitleri içerisindeki oleik asit miktarının yüksek olmasına bağlanmaktadır (Okur 2008).

Mevcut araştırmada kullanılan farklı kızartma yağlarının tamamında derin yağda kızartma işlemi sonrasında linoleik asit ve PUFA içeriklerinde azalma tespit edilmiştir. Linoleik asit ve PUFA içeriğinde kızartma sonrası görülen bu azalmanın karışım yağı hariç kullanılan diğer kızartma yağlarında istatistiksel olarak önemli olduğu ($p < 0,05$) tespit edilmiştir. Bu azalmada PUFA'ların oksidasyona karşı diğer yağ asitlerine kıyasla çok daha hassas olmalarının etkili olduğu düşünülmektedir. Öte yandan, linoleik asit/palmitik asit oranının (C18:2/C16:0) linoleat esterlerinin oksidasyona oldukça hassas, buna karşın palmitat esterlerinin ise stabil olması nedeniyle yağların bozulma derecelerinin değerlendirilmesinde bir indikatör olarak kullanılabileceğini belirtilmektedir (Houhoula *et al.* 2002; Onal-Ulusoy *et al.* 2005). Bu oran; derin yağda kızartma öncesi ayçiçek yağında 9,42, fındık yağında 2,98, kanola yağında 4,32, karışım yağında 1,12, mısır yağında 4,81, riviera zeytinyağında 0,88 ve natürel sızma zeytinyağında 0,77 olarak belirlenirken, kullanılan kızartma yağlarının tamamında derin yağda kızartma işlemi neticesinde, linoleik asit miktarının azalması ve palmitik asit miktarının artması neticesinde azalmış ve ayçiçek yağında 8,77, fındık yağında 2,77, kanola yağında 4,12, karışım yağında 1,07, mısır yağında 4,70, riviera zeytinyağında 0,85 ve natürel sızma zeytinyağında 0,74 olarak tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (Houhoula *et al.* 2002; Onal-Ulusoy *et al.*

2005; Okur 2008). Öte yandan mevcut araştırmada kızartma sonrası Σ PUFA içeriğindeki azalışlar ve Σ SFA içeriğindeki artışlar; n-6 yağ içeriği, Σ MUFA/ Σ SFA ile Σ PUFA/ Σ SFA oranlarının azalmasına ve n-6/n-3 oranının artmasına neden olmuştur.

Mevcut araştırmada kullanılan kızartma yağlarının yağ asidi kompozisyonunda meydana gelen değişimlerin yağ çeşidine bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Nitekim Librelotto *et al.* (2008) kızartma boyunca yağ asidi kompozisyonunda meydana gelen değişimlerin kızartma ortamından gıdaya veya gıdadan kızartma ortamına geçen yağ asitleri nedeniyle değişiklik gösterdiğini belirtmektedir. Öte yandan Ramirez *et al.* (2005) ise farklı kızartma yağlarının kızartma öncesi ve sonrası yağ asidi profillerini belirledikleri çalışmalarında, kızartma işleminin yağların yağ asidi profilini değiştirmediğini bulmuşlar ve bu durumu kızartma süresini çok kısa tutmalarına (2 dk) bağlamışlardır. Nitekim Girard (1992) ısıtma işlem sonrası bitkisel yağların yağ asidi kompozisyonundaki değişimlerde ısıtma işleminin (sıcaklık ve süre) çok büyük etkisinin olduğunu belirtmektedir.

Yağların yağ asidi kompozisyonunun fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisi kadar kızartma performansı üzerine de etkisi bulunmaktadır. Derin yağda kızartma esnasında kızartma yağlarının yağ asidi profillerinin kızartma koşullarının teşvik ettiği polimerik, hidrolitik, oksidatif ve diğer kimyasal reaksiyonlar ile siklizasyon ve polimerizasyon nedeniyle değişmektedir. Kızartma esnasında yağ asidi profilini görüntülemek yağ degradasyonu ile ilişkili olan bu yapısal değişimler hakkında sadece sınırlı bilgi vermektedir. Diğer taraftan kullanılmamış yağın yağ asidi profili kızartma esnasındaki stabilite ve performansını tahmin etmek için kullanılabilir (Xu *et al.* 1999).

Önceki çalışmalar bitkisel yağlardaki linolenik asit içeriğinin azaltılarak yağların oksidatif stabilitesinin artırılacağını göstermektedir (Xu *et al.* 1999). Öte yandan derin yağda kızartma işlemi boyunca miktarı önemli derecede düşen linoleik asidin yağ stabilitesi ve kızartılmış gıdaların duyu özellikleri üzerine açık bir negatif etkisinin olmadığı hatta oleik asit ve palmitik asit ile dengeli bir düzeyde bulunan linoleik asit içeriğinin kızartma yağlarının tat ve genel kalitesini artırabileceği belirtilmektedir.

Mevcut araştırmamızda kızartma öncesi yağların linoleik asit içeriğinin %8,98-57,02 arasında, α -linolenik yağ asidi içeriğinin %0,15-1,06 arasında değiştiği, ancak yapılan istatistiksel analiz sonucunda yağların α -linolenik yağ asidi içeriklerinde gerek kızartma öncesi gerek kızartma sonrası bir farklılık olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir. Öte yandan kızartma sonrası ise yağların linoleik asit içeriğinin azalarak %8,80-56,25 arasında, α -linolenik yağ asidi içeriğinin azalarak %0,14-1,04 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

4.7.9. Köftelerin yağ asidi kompozisyonu

Literatürde pişirme işleminin, etin yağ asidi kompozisyonu üzerine farklı etkilerinin olduğu görölmektedir. Bazı araştırmacılar (Dal Bosco *et al.* 2001; Badiani *et al.* 2002; Echarte *et al.* 2003; Gerber *et al.* 2009) pişirme işleminin, etin yağ asidi kompozisyonunu önemli oranda etkilediğini belirtirken, bazıları (Smith *et al.* 1989; Harris *et al.* 1992; Johnson *et al.* 1994) ise önemli etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Bu farklılığa; toplam lipit ekstraktlarındaki bazı varyasyonların göz ardı edilmesi, kastaki PUFA içeriğinin düşük olması durumunda ihmal edilmesi ve etteki fosfolipid seviyesinin çok düşük olması durumunda ihmal edilmesinin neden olduğu belirtilmektedir (Duckett and Wagner 1998; Dal Bosco *et al.* 2001). Ancak ısıl işlem esnasında gerçekte enzim inaktivasyonu, uçucu yağ asitlerinin kaybı, yağ asitlerinin kas içinden diğer kısımlara göçü ve termal hidrolizin yağ asidi kompozisyonunda değişimlere neden olabileceği belirtilmektedir (Juárez *et al.* 2010). Yapılan araştırmalar, pişirme işleminin, lipid oksidasyonu nedeniyle özellikle de esansiyel yağ asidi içeriğini azaltarak, etin besin değerinde arzu edilmeyen değişikliklere neden olabileceğini göstermiştir (Rodriguez-Estrada *et al.* 1997; Badiani *et al.* 2002).

Isıl işlem görmemiş ve farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin yağ asidi kompozisyonu üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları Çizelge 4.29'da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartma işleminin köftelerin palmitik asit içeriği, stearik asit içeriği, Σ SFA, oleik asit içeriği, Σ MUFA içeriği, linoleik asit içeriği, Σ PUFA içeriği, n-

3 yağ asitleri, n-6 yağ asitleri, n-9 yağ asitleri, n-6/n-3 oranı, Σ MUFA/ Σ SFA ve Σ PUFA/ Σ SFA oranı üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.31. Isıl işlem görmemiş ve farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin yağ asidi kompozisyonu üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları

Yağ Asidi		Sd	KO	F
Palmitik asit	Yöntem	7	23,802	300,49**
	Hata	8	0,079	
Stearik asit	Yöntem	7	9,009	205,841**
	Hata	8	0,044	
Σ SFA	Yöntem	7	70,790	268,933**
	Hata	8	0,263	
Oleik asit	Yöntem	7	113,754	1201,121**
	Hata	8	0,095	
Σ MUFA	Yöntem	7	114,008	751,971**
	Hata	8	0,152	
Linoleik asit	Yöntem	7	111,276	331,376**
	Hata	8	0,336	
Σ PUFA	Yöntem	7	115,143	360,490**
	Hata	8	0,319	
n-3	Yöntem	7	0,022	56,179**
	Hata	8	0,000	
n-6	Yöntem	7	114,472	348,748**
	Hata	8	0,328	
n-9	Yöntem	7	119,045	1164,606**
	Hata	8	0,102	
n-6/n-3	Yöntem	7	2173,387	31,973**
	Hata	8	67,975	
Σ MUFA/ Σ SFA	Yöntem	7	0,273	237,191**
	Hata	8	0,001	
Σ PUFA/ Σ SFA	Yöntem	7	0,115	180,819**
	Hata	8	0,001	

Isıl işlem görmemiş ve farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama yağ asidi kompozisyonları ve standart sapmaları Çizelge 4.30'da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere ısıtılmış köftelerde %27,41 olan palmitik asit içeriği, derin yağda kızartma sonucu köftelerin tümünde azalmış ve %18,41-25,86 arasında değişiklik göstermiştir. Derin yağda kızartılan köftelerde istatistiksel olarak en yüksek palmitik asit içeriği sırasıyla; karışım yağı (%25,86) >

mısır yağı (%20,67) = riviera zeytinyağı (%20,34) = natürel sızma zeytinyağı (%20,03) > kanola yağı (%18,67) = ayçiçek yağı (18,66) = findık yağında (18,41) kızartılan köftelerde belirlenmiştir. Isıl işlem görmemiş köftelerde %15,22 olan stearik asit içeriği, derin yağda kızartma sonucu köftelerin tümünde azalmış ve %8,80-9,66 arasında değişiklik göstermiştir. Derin yağda kızartılan köftelerde istatistiksel olarak en yüksek stearik asit içeriği sırasıyla; ayçiçek yağı (9,66) $\geq$ findık yağı (9,51) = karışım yağı (%9,45) $\geq$ kanola yağı (%9,24) = mısır yağı (%9,21) $\geq$ natürel sızma zeytinyağı (%9,02) $\geq$ riviera zeytinyağında (%8,80) kızartılan köftelerde belirlenmiştir. Isıl işlem görmemiş köftelerde %48,00 olan Σ SFA içeriği ise, derin yağda kızartma sonucu palmitik asit ve stearik asit içeriklerinde olduğu gibi köftelerin tümünde azalmış ve %31,04-38,59 arasında değişiklik göstermiştir. Derin yağda kızartılan köftelerde istatistiksel olarak en yüksek Σ SFA içeriği sırasıyla; karışım yağı (%38,59) > mısır yağı (%33,00) $\geq$ riviera zeytinyağı (%31,97) = natürel sızma zeytinyağı (%31,91) $\geq$ ayçiçek yağı (%31,38) = findık yağı (%31,07) = kanola yağında (%31,04) kızartılmış köftelerde belirlenmiştir.

Çizelge 4.32. Isıl işlem görmemiş ve farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama yağ asidi kompozisyonu ve standart sapmaları ($\bar{x} \pm SD$)

Yağ asidi	Çiğ	Ayçiçek yağı	Fındık yağı	Kanola yağı	Karışım yağı	Mısır yağı	Riviera zeytinyağı	Natürel sızma zeytinyağı
Palmitik asit	27,41±0,00a	18,66±0,34d	18,41±0,62d	18,67±0,01d	25,86±0,03b	20,67±0,00c	20,34±0,18c	20,03±0,31c
Stearik asit	15,22±0,17a	9,66±0,33b	9,51±0,20bc	9,24±0,12bcd	9,45±0,27bc	9,21±0,22bcd	8,80±0,20d	9,02±0,05cd
Diğer doymuş yağ asitleri	5,37	3,06	3,15	3,13	3,28	3,12	2,83	2,86
ΣSFA	48,00±0,28a	31,38±0,79d	31,07±0,91d	31,04±0,13d	38,59±0,41b	33,00±0,33c	31,97±0,45cd	31,91±0,28cd
Oleik asit	43,22±0,04d	40,97±0,45e	56,90±0,47ab	51,53±0,21c	43,37±0,21d	40,22±0,18f	56,24±0,08b	57,41±0,46a
Diğer tekli doymamış yağ asitleri	6,1	4,04	3,79	6,74	4,15	4,37	4,4	4,39
ΣMUFA	49,32±0,02d	45,01±0,59f	60,69±0,76b	58,27±0,26c	47,52±0,18e	44,59±0,25f	60,64±0,04b	61,80±0,35a
Linoleik asit	2,36±0,25f	22,67±1,43a	7,70±0,15d	9,73±0,11c	13,15±0,21b	21,63±0,57a	6,74±0,41de	5,46±0,10e
Diğer çoklu doymamış yağ asitleri	0,34	0,95	0,53	0,99	0,74	0,79	0,66	0,85
ΣPUFA	2,70±0,28e	23,62±1,38a	8,23±0,14d	10,72±0,13c	13,89±0,23b	22,42±0,55a	7,40±0,42de	6,31±0,08e
n-3	0,13±0,01d	0,25±0,04b	0,13±0,00d	0,47±0,02a	0,20±0,04c	0,22±0,00bc	0,21±0,00bc	0,21±0,00bc
n-6	2,57±0,26f	23,37±1,41a	8,10±0,14d	10,25±0,11c	13,69±0,20b	22,20±0,55a	7,19±0,42de	6,10±0,08e
n-9	44,12±0,01d	41,48±0,48e	57,42±0,47ab	54,51±0,24c	43,91±0,21d	40,92±0,19e	56,99±0,07b	58,15±0,47a
n-6/n-3	19,74±0,13c	96,81±19,74a	62,31±1,09b	22,06±0,76c	71,28±11,91b	100,91±2,51a	34,21±1,99c	29,05±0,40c
ΣMUFA/ΣSFA	1,03±0,01e	1,43±0,02b	1,95±0,08a	1,88±0,02a	1,23±0,02d	1,35±0,01c	1,90±0,03a	1,94±0,03a
ΣPUFA/ΣSFA	0,06±0,01f	0,75±0,06a	0,27±0,01d	0,35±0,00c	0,36±0,01c	0,68±0,02b	0,23±0,02de	0,20±0,00e

Isıl işlem görmemiş köftelerde %43,22 olan oleik asit içeriğinin, derin yağda kızartılmış köftelerde %40,22-57,41 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Oleik asit miktarının ayçiçek yağı ve mısır yağı kullanılarak kızartılan köftelerde ısıl işlem görmemiş köftelere kıyasla azaldığı, diğer kızartma yağları kullanılarak kızartılan köftelerde ise arttığı tespit edilmiştir. Bu sonuca; kızartma yağı olarak ayçiçek yağı ve mısır yağı kullanılması durumunda oleik asit gibi tekli doymamış yağ asitlerinden ziyade, linoleik asit gibi çoklu doymamış yağ asitlerinin miktarlarının kızartılan köftelerde artmasının etki ettiği düşünülmektedir. Zira bu yağlar kullanılarak kızartılan köftelerde diğer yağlarda kızartılan köftelere kıyasla oleik asit ve MUFA içeriği çok düşük, buna karşın linoleik asit ve PUFA içeriği ise çok daha yüksektir. Derin yağda kızartılan köftelerde istatistiksel olarak en yüksek oleik asit içeriği sırasıyla; natürel sızma zeytinyağı (%57,41) $\geq$ fındık yağı (%56,90) $\geq$ riviera zeytinyağı (%56,24) > kanola yağı (%51,53) > karışım yağı (%43,37) > ayçiçek yağı (%40,97) > mısır yağında (%40,22) kızartılan köftelerde belirlenmiştir. Isıl işlem görmemiş köftelerde %49,32 olan Σ MUFA içeriğinin, derin yağda kızartma sonucu köftelerde %44,59-61,80 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Derin yağda kızartılan köftelerde istatistiksel olarak en yüksek Σ MUFA içeriği sırasıyla; natürel sızma zeytinyağı (%61,80) > fındık yağı (%60,69) = riviera zeytinyağı (%60,64) > kanola yağı (%58,27) > karışım yağı (%47,52) > ayçiçek yağı (%45,01) = mısır yağında (%44,59) kızartılan köftelerde belirlenmiştir.

Isıl işlem görmemiş köftelerde %27,41 olan linoleik asit içeriği, derin yağda kızartma sonucu köftelerin tümünde artmış ve %5,46-22,67 arasında değişiklik göstermiştir. Derin yağda kızartılan köftelerde istatistiksel olarak en yüksek linoleik asit içeriği sırasıyla; ayçiçek yağı (%22,67) = mısır yağı (%21,63) > karışım yağı (%13,15) > kanola yağı (%9,73) > fındık yağı (%7,70) $\geq$ riviera zeytinyağı (%6,74) $\geq$ natürel sızma zeytinyağında (%5,46) kızartılmış köftelerde belirlenmiştir. Isıl işlem görmemiş köftelerde %2,70 olan Σ PUFA içeriği, derin yağda kızartma sonucu köftelerin tümünde linoleik asit içeriğinde olduğu gibi artmış ve %6,31-23,62 arasında değişiklik göstermiştir. Derin yağda kızartılan köftelerde istatistiksel olarak en yüksek Σ PUFA içeriği sırasıyla; ayçiçek yağı (%23,62) = mısır yağı (%22,42) > karışım yağı (%13,89)

> kanola yağı (%10,72) > fındık yağı (%8,23) ≥ riviera zeytinyağı (%7,40) ≥ natürel sızma zeytinyağında (%6,31) kızartılan köftelerde belirlenmiştir.

Çizelgeden de görüldüğü üzere ısıtma işlem görmemiş köftelerde %0,13 olan n-3 yağ asitleri, derin yağda kızartma sonucu köftelerde %0,13-0,47 arasında değişiklik göstermiştir. Derin yağda kızartılan köftelerde istatistiksel olarak en yüksek n-3 yağ asitleri içeriği sırasıyla; kanola yağı (%0,47) > ayçiçek yağı (%0,25) ≥ mısır yağı (%0,22) = riviera zeytinyağı (%0,21) = natürel sızma zeytinyağı (%0,21) ≥ karışım yağı (%0,20) > fındık yağında (%0,13) kızartılan köftelerde belirlenmiştir. Literatürde pişirme sonucu etlerin n-3 PUFA içerikleri ile ilgili bilgiler tartışmalıdır. Kouba *et al.* (2008) pişirme sonucu tavşan etinde PUFA içeriğinin arttığını ve bu artışı yapısal lipidler olan n-3 PUFA'ların pişirme işlemi ile oluşan değişikliklere karşı daha az hassas olmalarına bağlarken, Alfaia *et al.* (2010) ise pişmiş örneklerde PUFA içeriğinin azaldığını ve bu azalışı PUFA'ların oksidatif degradasyona karşı daha hassas olmalarına bağlamıştır.

Çizelgeden de görüldüğü üzere ısıtma işlem görmemiş köftelerde %2,57 olan n-6 yağ asitleri içeriği, derin yağda kızartma sonucu köftelerin tümünde artmış ve %6,10-23,37 arasında değişiklik göstermiştir. Derin yağda kızartılan köftelerde istatistiksel olarak en yüksek n-6 yağ asitleri içeriği sırasıyla; ayçiçek yağı (%23,37) = mısır yağı (%22,20) > karışım yağı (%13,69) > kanola yağı (%10,25) > fındık yağı (%8,10) ≥ riviera zeytinyağı (%7,19) ≥ natürel sızma zeytinyağı (%6,10) kızartılan köftelerde belirlenmiştir.

Çizelgeden de görüldüğü üzere ısıtma işlem görmemiş köftelerde %44,12 olan n-9 yağ asitleri içeriği, derin yağda kızartma sonucu köftelerde %40,92-58,15 arasında değişiklik göstermiştir. Derin yağda kızartılan köftelerde istatistiksel olarak en yüksek n-9 yağ asitleri içeriği sırasıyla; natürel sızma zeytinyağı (%58,15) ≥ fındık yağı (%57,42) ≥ riviera zeytinyağı (%56,99) > kanola yağı (%54,51) > karışım yağı (%43,91) > ayçiçek yağı (%41,48) = mısır yağında (%40,92) kızartılan köftelerde belirlenmiştir.

Çizelgeden de görüldüğü üzere ısıtma işlem görmemiş köftelerde 19,74 olan n-6/n-3 oranı, derin yağda kızartma sonucu köftelerin tümünde artmış ve 22,06-100,91 arasında değişiklik göstermiştir. Derin yağda kızartılan köftelerde istatistiksel olarak en yüksek n-6/n-3 oranı sırasıyla; mısır yağı (100,91) = ayçiçek yağı (96,81) > karışım yağı (71,28) = fındık yağı (62,31) > riviera zeytinyağı (34,21) = natürel sızma zeytinyağı (29,05) = kanola yağında (22,06) kızartılan köftelerde belirlenmiştir. Yüksek n-6/n-3 oranı ile kalp-damar hastalıkları, kanser gibi pek çok hastalık arasında pozitif ilişki olduğu belirtilmektedir (Simopoulos 2002). Bu nedenle kalp damar hastalıklarının önlenmesi için n-6/n-3 oranının 4'ün altına düşürülmesi gerektiği önerilmektedir. Badiani *et al.* (2002) sığır kasında bu oranın farklı pişirme yöntemlerinden etkilenmediğini bildirmiştir. Benzer şekilde Lopez-Lopez *et al.* (2011) da yaptıkları çalışmada pişirme işleminin n-6/n-3 oranı üzerine önemli bir etkisinin olmadığını belirtmiştir. Ancak Lopez-Lopez *et al.* (2011) çalışmalarında köfte yapımında zeytinyağı, tuz ve su gibi katkı maddeleri de kullandığı unutulmamalıdır.

Çizelgeden de görüldüğü üzere ısıtma işlem görmemiş köftelerde 1,03 olan Σ MUFA/ Σ SFA oranı, derin yağda kızartma sonucu köftelerin tümünde artmış ve 1,23-1,95 arasında değişiklik göstermiştir. Derin yağda kızartılan köftelerde istatistiksel olarak en yüksek Σ MUFA/ Σ SFA oranı sırasıyla; fındık yağı (1,92) = natürel sızma zeytinyağı (1,94) = riviera zeytinyağı (1,90) = kanola yağı (1,88) > ayçiçek yağı (1,43) > mısır yağı (1,35) > karışım yağında (1,23) kızartılan köftelerde belirlenmiştir.

Çizelgeden de görüldüğü üzere ısıtma işlem görmemiş köftelerde 0,06 olan Σ PUFA/ Σ SFA oranı, derin yağda kızartma sonucu köftelerin tümünde artmış ve 0,20-0,75 arasında değişiklik göstermiştir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (Igene and Pearson 1979; Ono *et al.* 1985; Scheeder *et al.* 2001). Derin yağda kızartılan köftelerde istatistiksel olarak en yüksek Σ PUFA/ Σ SFA oranı sırasıyla; ayçiçek yağı (0,75) > mısır yağı (0,68) > karışım yağı (0,36) = kanola yağı (0,35) > fındık yağı (0,27) $\geq$ riviera zeytinyağı (0,23) $\geq$ natürel sızma zeytinyağı (0,20) kızartılan köftelerde belirlenmiştir. Gerber *et al.* (2009) PUFA/SFA oranının, pişmiş örneklerde çiğ örneklerle kıyasla daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Araştırmacılar bu durumu

doymamış yağ asitlerinin özellikle PUFA'ların membran yapısının bir parçası olmaları nedeniyle pişirme işleminden daha az etkilenmelerine bağlamıştır. Böylelikle yağ asidi kompozisyonundaki oransal değişim, doymamış yağ asitlerinden nispeten daha fazla miktarda olan adipoz dokunun asıl olarak trigliseritleri içeren lipit kaybı ile açıklanabilmektedir. Diğer taraftan Badiani *et al.* (2002) yaptıkları çalışmada sığır kasındaki PUFA/SFA oranının farklı pişirme yöntemlerinden (kaynatma, ızgara yapma, fırında rosto ve mikrodalgada pişirme) etkilenmediğini belirtmiştir.

Yapılan çalışmalarda sığır ve tavuk etinin pişirme işlemi sonrası ısıl işlem görmemiş örneklerle kıyasla SFA içeriklerinin azaldığı, MUFA ve PUFA içeriklerinin ise arttığı belirlenmiştir (Igene and Pearson 1979). Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (Ono *et al.* 1985; Rodriguez-Estrada *et al.* 1997; Scheeder *et al.* 2001). Öte yandan ısıl işlemin et örneklerinin yağ asidi kompozisyonunu değiştirmediğini gösteren çalışmalarda bulunmaktadır.

Mevcut araştırmadaki natürel sızma zeytinyağında belirlenen sonuçlara benzer olarak, Librelotto *et al.* (2008) farklı katkı maddeleri kullanarak (sodyum kazeinat, mikrobiyal trans glutaminaz, sodyum klorür ve sodyum tripolifosfat) ürettikleri düşük ve yüksek yağlı bifteklerin natürel sızma zeytinyağı kullanarak tavada kızartılması sonucu palmitik asit ve stearik asit içeriğinin azaldığını, buna karşın oleik asit ve linoleik asit içeriklerinin ise ısıl işlem görmemiş örneklerle kıyasla arttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar düşük yağlı bifteklerde ısıl işlem öncesi %47,99 olan Σ SFA içeriğinin ısıl işlem sonrası %33,34'e düştüğünü, ısıl işlem öncesi %46,44 olan Σ MUFA içeriğinin ısıl işlem sonrası %57,10'a ve ısıl işlem öncesi %5,03 olan PUFA içeriğinin ise ısıl işlem sonrası %9,04'e yükseldiğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada yüksek yağlı bifteklerde ısıl işlem öncesi %53,25 olan Σ SFA içeriğinin ısıl işlem sonrası %44,56'ya düştüğü, ısıl işlem öncesi %42,23 olan Σ MUFA içeriğinin ısıl işlem sonrası %46,65'e ve ısıl işlem öncesi %3,93 olan Σ PUFA içeriğinin ise ısıl işlem sonrası %5,10'a yükseldiği bildirilmiştir.

Piştirme esnasında su kaybı ve lipit oksidasyonu, intramuscular yağ ve kızartma yağı arasındaki yağ asitlerinin difüzyonu ve değişimi gibi farklı mekanizmaların bazı yağ asitlerinde nispi değişimlere neden olabileceği bilinmektedir (Dal Bosco *et al.* 2011). Yağ asidi kompozisyonundaki bu oransal değişim, doymamış yağ asitlerinden nispeten daha fazla miktarda doymuş yağ asidi içeren adipoz dokunun asıl olarak trigliseritlerini içeren ve piştirme esnasında etten uzaklaşan suya (damlama kaybı) bağlanmaktadır. Mevcut araştırmada köftelerin pişirilmesi ile doymuş yağ asidi içeriğinin önemli düzeyde azaldığı, ısıl işlem görmüş köftelerde %48 olan SFA içeriğinin derin yağda kızartılan köftelerde %31,04-38,54 arasında değiştiği belirlenmiştir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (Dominguez *et al.* 2015).

Kızartma işlemi esnasında gıdadan kızartma ortamına veya kızartma ortamından gıdaya geçiş nedeniyle yağ asidi kompozisyonunda değişimler olabileceği bilinmektedir. Öte yandan bu duruma kızartma sıcaklığı ve süresi, gıdanın yüzey alanı ve gıdanın kompozisyonu gibi pek çok faktörün etki ettiği bilinmektedir (Miranda *et al.* 2010). Mevcut araştırmada derin yağda kızartma sonrası köftelerin Σ PUFA içeriklerinin artması, kızartmada kullanılan kızartma yağlarının PUFA içeriklerinin yüksek olması nedeniyle olabilir. Nitekim ısıl işlem görmemiş köftelerde %2,7 olan Σ PUFA içeriğinin, derin yağda kızartılan köftelerde %6,31-23,62 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar mikrodalgada pişirilen etler hariç diğer yöntemlerle pişirilen etlerde de tespit edilmiştir (Dominguez *et al.* 2015; Jiang *et al.* 2010; Juarez *et al.* 2010; Miranda *et al.* 2010). Öte yandan Dominguez *et al.* (2015) mikrodalgada pişirilen ette, taze ete kıyasla daha düşük Σ PUFA içeriğini tespit ettiğini belirtmiş ve bu durumu mikrodalga ve et yağı arasındaki interaksiyon nedeniyle Σ PUFA'ların oksidasyonuna ve bu yağ asitlerinden kaynaklı ikincil oksidasyon ürünlerinin artmasına bağlamıştır. Bu durum mikrodalgada pişirilen etlerde diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (Maranesi *et al.* 2005; Yoshida *et al.* 2005; Alfaia *et al.* 2010).

Echarte *et al.* (2003) 180°C sıcaklıktaki zeytinyağı içerisinde tavada 6 dk kızartma işleminin, ısıl işlem görmemiş %10 yağlı hazır köftelere kıyasla palmitik asit içeriğini %26,4'ten %25,11'e düşürdüğü, stearik asit içeriğini %14,75'ten %15,04'e yükselttiği,

oleik asit içeriğini %39,38'den %43,17'ye yükselttiğini ve linoleik asit içeriğini ise %6,07'den %4,07'ye düşürdüğünü bildirmişlerdir. Araştırmacılar belirtilen kızartma işleminin, ısıl işlem görmemiş %10 yağlı hazır köftelere kıyasla n-3 yağ asidi içeriğini %0,06'dan %0,08'e yükselttiği, n-6 yağ asidi içeriğini %0,64'ten %0,43'e düşürdüğü ve n-6/n-3 oranını ise %10,67'den %5,37'ye düşürdüğünü rapor etmişlerdir.

Mevcut araştırmada ısıl işlem görmemiş köftelerde olduğu gibi kanola yağı, riviera zeytinyağı ve natürel sızma zeytinyağında kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerde de trans yağ asitleri tespit edilememiş, buna karşın fındık yağı ve karışım yağında kızartılan köftelerde %0,15, ayçiçek yağında kızartılan köftelerde %0,19 ve mısır yağında kızartılan köftelerde ise %0,21 seviyesinde trans yağ asitleri tespit edilmiştir.

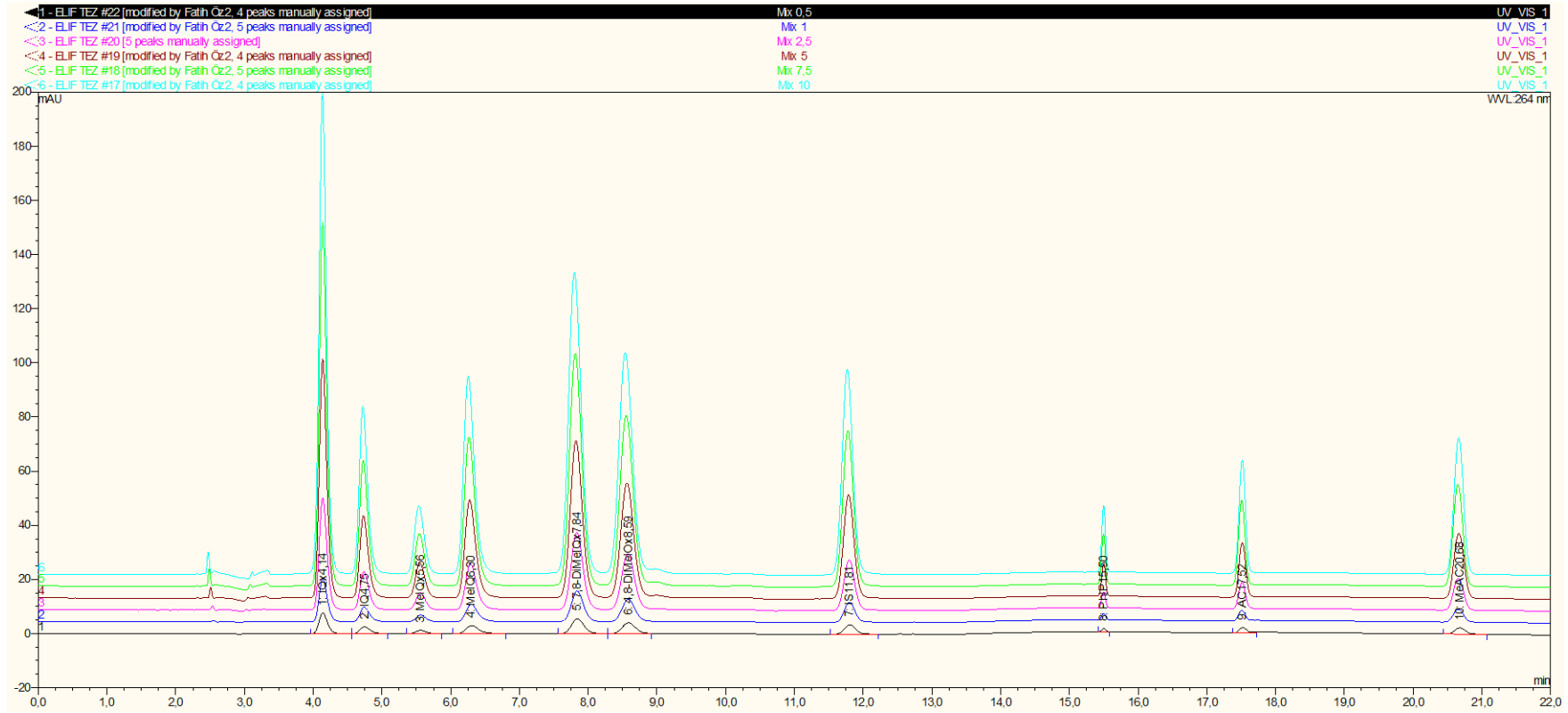
4.8. Heterosiklik Aromatik Amin İçeriği Sonuçları

4.8.1. Geri kazanımlar

Araştırmada HAA'ların geri kazanımlarını belirlemek için standart ilave metodu kullanılmış ve ısıl işlem görmemiş örneklerle ekstraksiyon öncesinde bilinen konsantrasyonlarda (10 ng/g, 7,5 ng/g, 5 ng/g, 2,5 ng/g, 1 ng/g, 0,5 ng/g) HAA mix stok solüsyonu eklenmiştir. Ardından yapılan ekstraksiyon ve analiz sonrası geri kazanım miktarları belirlenmiştir. Çizelge 4.33'te mevcut araştırmada çalışılan HAA'ların geri kazanım oranları, belirli konsantrasyonlardaki HAA konsantrasyonlarından Sinyal/Gürültü (S/N) oranlarına göre hesaplanan LOD (limit of detection=3) ve LOQ (limit of quantification=10) değerleri yer almaktadır. Mevcut araştırmada HAA bileşiklerinin belirlenen geri kazanımları (%28,94-82,15) literatürdeki veriler ile uyum içerisindedir (Felton *et al.* 1994; Knize *et al.* 1994; Murkovic *et al.* 1998; Messner and Murkovic 2004). HAA mix stok solüsyonunun (10 ng/g) HPLC kromatogramı Şekil 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.33. Analizi yapılan HAA'ların geri kazanım, LOD ve LOQ değerleri

HAA	Geri kazanım (%)	LOD (ng/g)	LOQ (ng/g)
IQx	61,08	0,004	0,013
IQ	36,21	0,009	0,029
MeIQx	62,45	0,024	0,081
MeIQ	28,94	0,014	0,047
7,8-DiMeIQx	58,24	0,005	0,018
4,8-DiMeIOx	59,29	0,008	0,025
PhIP	82,15	0,025	0,085
AαC	63,17	0,012	0,039
MeAαC	46,52	0,010	0,035



Şekil 4.1. Mix stok solüsyonları (10, 7,5, 5, 2,5, 1 ve 0,5 ng/g) HPLC kromatogramları

4.8.2. Heterosiklik aromatik amin miktarları

Araştırmada farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerde, analizi yapılan HAA'lardan sadece MeIQx bileşiği tespit edilmiş, diğer HAA'lar ise tespit edilememiştir (< LOD). Her bir bileşik aşağıda detaylı olarak tartışılmıştır.

4.8.2.a. Örneklerin IQx içeriği

IQx bileşiği literatürde az çalışılan HAA'lardan biridir. Farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin hiçbirinde IQx bileşiği belirlenememiştir (<0,004 ng/g). Literatürde IQx bileşiğinin farklı pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilen et ve et ürünlerinde belirlenemediğini gösteren çalışmalar mevcuttur. Nitekim Pais *et al.* (1999) 275°C'de 30dk kızartılan sığır etinde, Öz *et al.* (2017) 150°C'de kızartılan köftelerde IQx bileşiğini belirleyememiştir. Öte yandan IQx bileşiğinin et ve et ürünlerinde oluştuğunu gösteren çalışmalarda mevcuttur. Nitekim Fay *et al.* (1997) ızgarada pişirilen sığır etinde 1,5 ng/g, Turesky *et al.* (2005) tavada kızartılan sığır etinde 0,39 ng/g'a kadar belirlenmiştir. Öz (2011) ülkemizdeki 7 coğrafik bölgede belirledikleri pilot illerden (Ankara, İstanbul, İzmir, Erzurum, Samsun, Antalya ve Gaziantep) tüketime hazır halde satın aldıkları et ürünlerinin 1,59-3,81 ng/g arasında IQx içerdiğini belirlemiştir.

4.8.2.b. Örneklerin IQ içeriği

IQ bileşiği literatürde sık çalışılan HAA'lardan biridir. Farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin hiçbirinde IQ bileşiği belirlenememiştir (<0,009 ng/g). Literatürde IQ bileşiğinin farklı yöntemlerle pişirilen et ürünlerinde belirlenemediğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Nitekim kızartma (Gross *et al.* 1989; Turesky *et al.* 1989; Knize *et al.* 1998; Sinha *et al.* 1998; Pais *et al.* 1999; Busquets *et al.* 2004), mangalda (Johansson and Jägerstad 1994; Knize *et al.* 1998; Sinha *et al.* 1998), ızgarada (Fay *et al.* 1997; Öz *et al.* 2010), mikrodalgada (Öz *et al.* 2010) ve fırında pişirme (Sinha *et al.* 1998; Öz *et al.* 2010) yöntemleri ile pişirilen et

örneklerinde IQ bileşiği tespit edilememiştir. Öte yandan Felton *et al.* (1994) 250°C’de 12 dk kızartılan sığır eti köftelerinde 1 ng/g seviyesinde, Klassen *et al.* (2002) ticari olarak pişirilen hamburgerlerde 1,12 ng/g’a kadar, Rivera *et al.* (1996) mangalda pişirdikleri örneklerde 7 ng/g’a kadar IQ bileşiği tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Öz (2011) ülkemizdeki 7 coğrafik bölgede belirledikleri pilot illerden (Ankara, İstanbul, İzmir, Erzurum, Samsun, Antalya ve Gaziantep) tüketime hazır halde satın aldıkları et ürünlerinin 0,44-1,59 ng/g arasında IQ içerdiğini belirlemiştir.

4.8.2.c. Örneklerin MeIQx içeriği

MeIQx bileşiği et ve et ürünlerinde HAA’lar ile ilgili yapılan çalışmalarda en sık çalışılan bileşiklerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Mevcut araştırmada farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin tamamında MeIQx bileşiği tespit edilmiş ve miktarı 30,43-43,71 ng/g arasında değişiklik göstermiştir. Polak *et al.* (2009), 225°C’lik ızgarada 65°C iç sıcaklığa kadar kızarttıkları sığır etinde 0,36 ng/g’a kadar, 80°C iç sıcaklığa kadar kızarttıkları sığır etinde ise 0,15 ng/g’a kadar MeIQx bileşiği belirlemişlerdir. Ticari olarak pişirilmiş sığır etlerinde MeIQx bileşiğini Knize *et al.* (1995) 0,3 ng/g’a kadar, Knize *et al.* (1997) 0,89 ng/g’a kadar, Klassen *et al.* (2002) 1,64 ng/g’a kadar, Wong *et al.* (2005) 0,14 ng/g’a kadar ve Toribio *et al.* (2007) ise 1,7 ng/g’a kadar belirlemişlerdir. Buna karşın, Warzecha *et al.* (2004) 150-160°C sıcaklıkta 20 dk tavada kızarttıkları örneklerde MeIQx bileşiğini tespit etmiş, ancak miktarını belirleyememişlerdir. Öte yandan Öz *et al.* (2010) 200°C sıcaklıkta 3-12 dk fırında pişirilen, 2-8 dk mangalda pişirilen, 1,5-6 dk mikrodalgada pişirilen sığır eti örneklerinde, Öz and Kaya (2011a, 2011b) 175-225°C sıcaklıkta 15 dk tavada kızartılan köfte ve pirzola örneklerinde MeIQx bileşiğini tespit edemediklerini belirtmişlerdir.

Johansson *et al.* (1995) yaptıkları çalışmada 6 farklı kızartma yağı (tereyağı, margarin, margarin yağ fazı, sıvı margarin, kolza yağı ve ayçiçek yağı) kullanarak 200°C’lik tavada az yağda (40–50 g) 8 dk sığır et köftelerini kızartmışlar ve MeIQx içeriğini; tereyağında kızarttıkları köftelerde 1,2 ng/g, margarinde kızarttıkları köftelerde 1 ng/g,

margarin yağ fazında kızarttıkları köftelerde 1,2 ng/g, sıvı margarinde kızarttıkları köftelerde 1,1 ng/g, kolza yağında kızarttıkları köftelerde 1,6 ng/g ve ayçiçek yağında kızarttıkları köftelerde ise 1,2 ng/g olarak belirlemişlerdir. Mevcut araştırmada belirlenen MeIQx içeriklerinin Johansson *et al.* (1995)'in yaptıkları araştırmadaki sonuçlardan çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca mevcut araştırmada kullanılan pişirme yönteminin derin yağda kızartma olmasının etki ettiği düşünülmektedir. Zira kızartma işleminde kullanılan yağ miktarının ısı transferini artırdığı bilinmektedir (Öz and Kaya 2011c).

Yapılan çalışmalarda antioksidanların, serbest radikal ve oksijeni bağlamaları nedeniyle HAA'ların oluşumunu azalttığı belirtilmektedir (Johansson and Jägerstad 1996; Britt *et al.* 1998; Murkovic *et al.* 1998; Zöchling *et al.* 2002; Öz and Kaya 2011a-b-c). Ancak antioksidan kullanımının HAA oluşumunu artırdığını gösteren çalışmalarda bulunmaktadır. Bu nedenle pek çok antioksidanın, kullanım miktarına bağlı olarak antioksidan ve prooksidan etki gösterebileceği belirtilmektedir (Johansson and Jägerstad, 1996; Öz and Çakmak, 2016). Model sistem çalışmalarında BHA, BHT, propil gallat, alfa-tokoferol ve gama-tokoferol gibi sentetik ve doğal antioksidanların MeIQx oluşumunu %220'ye kadar artırdığını belirtilmektedir (Johansson and Jägerstad 1996). Ayrıca her bir HAA'nın farklı yollar ve mekanizmalar ile oluştuğu da bilinmektedir (Grivas 2000). Örneğin alkilpridin serbest radikalleri ve kreatinin IQ ve MeIQ bileşiklerini oluştururken, dialkilprazin serbest radikalleri ve kreatinin ise MeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşiklerini oluşturmaktadır (Pearson *et al.* 1992). İlaveten Milic *et al.* (1993) ise MeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşiklerinin oluşumlarının Maillard ve Strecker reaksiyonlarının kinetiklerine bağlı olduğunu ve bu bileşiklerin oluşumunda aminoasitlerin de etken rol oynadığını, oluşan HAA çeşit ve miktarlarının, mevcut aminoasitlere bağlı olduğunu belirtmektedir. Anılan bu nedenlerin mevcut araştırmada neden sadece MeIQx bileşiğinin oluştuğunu açıkladığı düşünülmektedir.

4.8.2.d. Örneklerin MeIQ içeriği

Mevcut araştırmada farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin hiçbirinde MeIQ bileşiği tespit edilememiştir ($<0,014$ ng/g). Literatürde MeIQ bileşiğinin farklı yöntemlerle pişirilen et ve et ürünlerinde belirlenemediğine dair çalışmalar bulunmaktadır (Yamaizumi *et al.* 1986; Felton *et al.* 1994; Johansson and Jägerstad 1994; Knize *et al.* 1998; Sinha *et al.* 1998; Busquets *et al.* 2004; Toribio *et al.* 2007; Öz *et al.* 2010). Öte yandan MeIQ bileşiğini; Abdulkarim and Smith (1998) 170°C 'lik tavada 16 dk kızarttıkları örneklerde 0,3-0,6 ng/g arasında, Balogh *et al.* (2000) $175\text{-}225^{\circ}\text{C}$ 'lik 12-20 dk tavada kızarttıkları örneklerde 0,1-3,5 ng/g arasında belirlemişlerdir. Öz (2011) ülkemizdeki 7 coğrafik bölgede belirledikleri pilot illerden (Ankara, İstanbul, İzmir, Erzurum, Samsun, Antalya ve Gaziantep) tüketime hazır halde satın aldıkları et ürünlerinin $0\text{-}0,66$ ng/g arasında MeIQ içerdiğini tespit etmiştir.

4.8.2.e. Örneklerin 7,8-DiMeIQx içeriği

Literatürde az çalışılan diğer bir HAA ise 7,8-DiMeIQx bileşiğidir. Mevcut araştırmada farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin hiçbirinde bu bileşik tespit edilememiştir ($<0,005$ ng/g). Literatürde 7,8-DiMeIQx bileşiğinin farklı yöntemlerle pişirilen et ve et ürünlerinde belirlenemediğine dair çalışmalar bulunmaktadır (Busquets *et al.* 2004; Wong *et al.* 2005; Öz *et al.* 2010). Öte yandan literatürde 7,8-DiMeIQx bileşiğinin et ve et ürünlerinin pişirilmesi esnasında oluştuğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur. Nitekim Turesky *et al.* (1988) 275°C 'lik sıcaklıkta 5-15 dk tavada kızarttıkları örneklerde 0,7 ng/g'a kadar, Fay *et al.* (1997) ızgara yaptıkları örneklerde 0,2 ng/g, Klassen *et al.* (2002) $160\text{-}220^{\circ}\text{C}$ 'lik sıcaklıkta 14 dk tavada kızarttıkları örneklerde 1,75 ng/g'a kadar 7,8-DiMeIQx bileşiğini tespit etmişlerdir. Öz (2011) ülkemizdeki 7 coğrafik bölgede belirledikleri pilot illerden (Ankara, İstanbul, İzmir, Erzurum, Samsun, Antalya ve Gaziantep) tüketime hazır halde satın aldıkları et ürünlerinin 0,10-0,43 ng/g arasında 7,8-DiMeIQx içerdiğini tespit etmiştir.

4.8.2.f. Örneklerin 4,8-DiMeIQx içeriği

4,8-DiMeIQx bileşiği literatürde en çok araştırılan HAA'lerden biridir. Mevcut araştırmada farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin hiçbirinde bu bileşiğe rastlanılmamıştır (<0,008 ng/g). Literatürde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin farklı yöntemlerle pişirilen et ve et ürünlerinde belirlenemediğine dair çalışmalar bulunmaktadır (Gross *et al.* 1989; Knize *et al.* 1997; Sinha *et al.* 1998; Öz *et al.* 2010). Öte yandan literatürde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin et ve et ürünlerinin pişirilmesi esnasında oluştuğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur. Nitekim Turesky *et al.* (1988) 275°C'lik sıcaklıkta tavada 5-15 dk kızarttıkları sığır etinde 3,9 ng/g'a kadar, Gross (1990) 190°C'lik sıcaklık tavada 6-13 dk kızarttıkları sığır etinde 2 ng/g'a kadar, Knize *et al.* (1995) mangalda pişirdikleri sığır etinde 2,7 ng/g'a kadar 4,8-DiMeIQx bileşiğinin tespit ettiklerini bildirmiştir. Johansson *et al.* (1995) yaptıkları çalışmada 6 farklı kızartma yağı (tereyağı, margarin, margarin yağ fazı, sıvı margarin, kolza yağı ve ayçiçek yağı) kullanarak 200°C'lik tavada az yağda (40–50 g) 8 dk sığır et köftelerini kızartmışlar ve 4,8-DiMeIQx içeriğini; tereyağında kızarttıkları köftelerde 0,2 ng/g, margarinde kızarttıkları köftelerde 0,4 ng/g, margarin yağ fazında kızarttıkları köftelerde 0,2 ng/g, sıvı margarinde kızarttıkları köftelerde 0,4 ng/g, kolza yağında kızarttıkları köftelerde 0,4 ng/g ve ayçiçek yağında kızarttıkları köftelerde ise 0,2 ng/g olarak belirlemişlerdir.

4.8.2.g. Örneklerin PhIP içeriği

PhIP bileşiği de MeIQx bileşiği gibi et ve et ürünlerinde HAA'lar ile ilgili yapılan çalışmalarda en sık çalışılan bileşiklerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Mevcut araştırmada farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin hiçbirinde PhIP bileşiği tespit edilememiştir (<0,025 ng/g). Buna karşın, literatürde ısıtıl işlem uygulanan etlerde en yaygın bulunan HAA'lerden birinin PhIP bileşiği olduğu belirtilmekte (Pais *et al.* 1999; Busquets *et al.* 2004; Warzecha *et al.* 2004; Turesky *et al.* 2005; Iwasaki *et al.* 2010; Liao *et al.* 2010; Viegas *et al.* 2012), ancak miktarı değişkenlik göstermektedir. Bazı çalışmalarda farklı yöntemlerle pişirilen et ve et

ürünlerinde PhIP bileşiğinin oluşmadığı belirtilmekte (Johansson and Jägerstad 1994; Knize *et al.* 1995; Sinha *et al.* 1998; Öz *et al.* 2010), bazı çalışmalarda PhIP miktarının 1 ng/g seviyesinin altında (Wakabayashi *et al.* (1993), bazı çalışmalarda 10 ng/g seviyesinin altında (Murkovic *et al.* 1998; Sinha *et al.* 1998; Klassen *et al.* 2002), bazı çalışmalarda ise 10 ng/g seviyesinin üstünde (Felton *et al.* 1994) olduğu belirtilmektedir. Miktarı o kadar değişkendir ki tavada 190°C sıcaklıkta 6-13 dk kızartılan örneklerde PhIP bileşiğini; Gross (1990) 48 ng/g'a kadar belirlerken, Wakabayashi *et al.* (1993) ise 0,56 ng/g'a kadar belirlemiştir. Öte yandan et ve et ürünlerinde PhIP bileşiğinin çok yüksek seviyelerde bulunduğunu gösteren çalışmalarda mevcuttur. Nitekim Sinha *et al.* (1995) çok iyi derecede ızgara ve mangal yaptıkları tavuk göğüs etinde 480 ng/g'a kadar PhIP bileşiğini belirlediklerini rapor etmişlerdir. Johansson *et al.* (1995) yaptıkları çalışmada 6 farklı kızartma yağı (tereyağı, margarin, margarin yağ fazı, sıvı margarin, kolza yağı ve ayçiçek yağı) kullanarak 200°C'lik tavada az yağda (40–50 g) 8 dk sığır et köftelerini kızartmışlar ve PhIP içeriğini; tereyağında kızarttıkları köftelerde 1 ng/g, margarinde kızarttıkları köftelerde 0,5 ng/g, margarin yağ fazında kızarttıkları köftelerde 1,5 ng/g, sıvı margarinde kızarttıkları köftelerde 1 ng/g, kolza yağında kızarttıkları köftelerde 1,1 ng/g ve ayçiçek yağında kızarttıkları köftelerde ise 0,9 ng/g olarak belirlemiştir. Öz (2011) ülkemizdeki 7 coğrafik bölgede belirledikleri pilot illerden (Ankara, İstanbul, İzmir, Erzurum, Samsun, Antalya ve Gaziantep) tüketime hazır halde satın aldıkları et ürünlerinin 0,46-1,93 ng/g arasında PhIP içerdiğini tespit etmiştir.

4.8.2.h. Örneklerin AαC içeriği

AαC bileşiği de literatürde az çalışılan HAA'lardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Mevcut araştırmada farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin hiç birinde AαC bileşiği tespit edilememiştir (<0,012 ng/g). Literatürde AαC bileşiğinin farklı yöntemlerle pişirilen et ve et ürünlerinde belirlenemediğine dair çalışmalar bulunmaktadır (Fay *et al.* 1997; Pais *et al.* 1999; Öz *et al.* 2010). Öte yandan literatürde AαC bileşiğinin et ve et ürünlerinin pişirilmesi esnasında oluştuğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur. Nitekim farklı yöntemlerle pişirilen et ve et ürünlerinde; 0,5

ng/g (Busquets *et al.* 2004), 1,41 ng/g (Toribio *et al.* 2007), 7,75 ng/g (Turesky *et al.* 2005) AαC bileşiğinin oluştuğu belirtilmektedir. Öz (2011) ülkemizdeki 7 coğrafik bölgede belirledikleri pilot illerden (Ankara, İstanbul, İzmir, Erzurum, Samsun, Antalya ve Gaziantep) tüketime hazır halde satın aldıkları et ürünlerinde 0,35 ng/g'a kadar AαC tespit etmiştir. Öte yandan yapılan çalışmalarda çok yüksek seviyelerde AαC bileşiğinin oluştuğu da belirlenmiştir. Nitekim Matsumoto *et al.* (1981) ısıtma işlem görmüş sığır etinde 650,8 ng/g seviyesine kadar AαC bileşiğini belirlediklerini bildirmişlerdir.

4.8.2.i. Örneklerin MeAαC içeriği

MeAαC bileşiği de AαC bileşiği gibi literatürde az çalışılan HAA'lardan birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Mevcut araştırmada farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin hiçbirinde MeAαC bileşiği tespit edilememiştir (<0,010 ng/g). Literatürde MeAαC bileşiğinin farklı yöntemlerle pişirilen et ve et ürünlerinde belirlenemediğine dair çalışmalar bulunmaktadır (Fay *et al.* 1997; Pais *et al.* 1999; Öz *et al.* 2010). Öte yandan literatürde MeAαC bileşiğinin et ve et ürünlerinin pişirilmesi esnasında oluştuğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur. Nitekim farklı yöntemlerle pişirilen et ve et ürünlerinde; 0,4 ng/g (Busquets *et al.* 2004), 0,15 ng/g (Toribio *et al.* 2007), 0,29 ng/g (Turesky *et al.* 2005) MeAαC bileşiğinin oluştuğu belirtilmektedir. Öz (2011) ülkemizdeki 7 coğrafik bölgede belirledikleri pilot illerden (Ankara, İstanbul, İzmir, Erzurum, Samsun, Antalya ve Gaziantep) tüketime hazır halde satın aldıkları et ürünlerinde 0,43 ng/g'a kadar MeAαC tespit etmiştir. Öte yandan yapılan çalışmalarda çok yüksek seviyelerde MeAαC bileşiğinin oluştuğu da belirlenmiştir. Nitekim Matsumoto *et al.* (1981) ısıtma işlem görmüş sığır etinde 63,5 ng/g seviyesine kadar AαC bileşiğini belirlediklerini bildirmişlerdir.

4.8.2.j. Toplam heterosiklik aromatik amin analizi sonuçları

Mevcut araştırmada farklı kızartma yağlarının derin yağda kızartma sonrası toplam HAA miktarı üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları Çizelge 4.34'de

verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere farklı kızartma yağlarının köftelerin toplam HAA miktarı üzerine çok önemli etkisinin olduğu ($p<0,01$) belirlenmiştir.

Çizelge 4.34. Köftelerin HAA değeri üzerine derin yağda kızartma işlemi ve farklı kızartma yağları arasındaki varyans analiz sonuçları

	Sd	KO	F
Yöntem	6	37,708	18,854**
Hata	7	2,00	

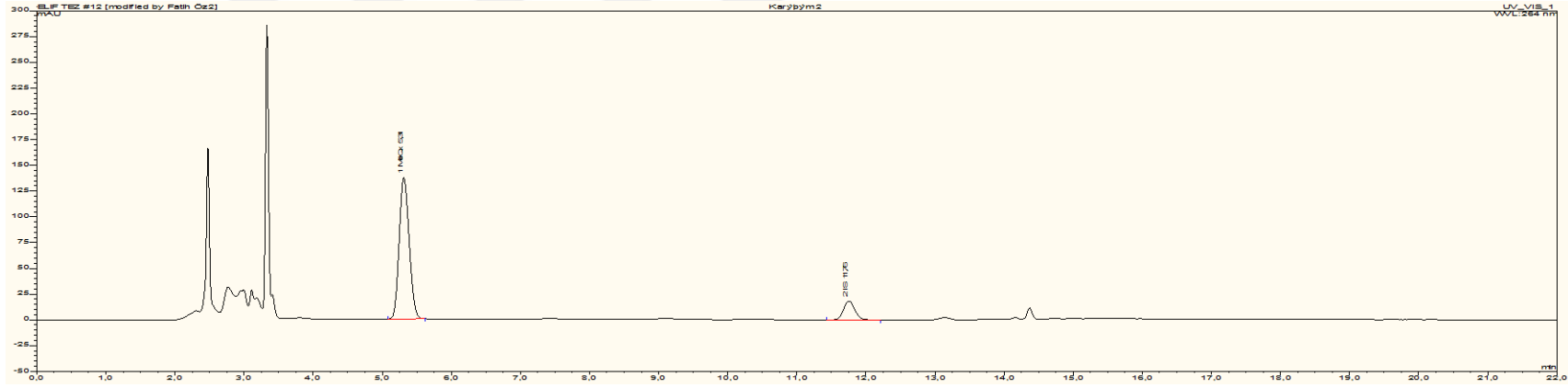
Farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin toplam HAA miktarları Çizelge 4.35’de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin ortalama HAA içeriklerinin 30,43-43,71 ng/g arasında değiştiği belirlenmiştir. Derin yağda kızartılan köfteler içerisinde istatistiksel olarak en yüksek toplam HAA içeriği sırasıyla; karışım yağı (43,71 ng/g) > riviera zeytinyağı (40,05 ng/g) = mısır yağı (39,85 ng/g) = natürel sızma zeytinyağı (39,23 ng/g) > kanola yağı (35,73 ng/g) = ayçiçek yağı (34,91 ng/g) > fındık yağında kızartılan köftelerde (30,43 ng/g) belirlenmiştir. Şekil 4.2’de en yüksek toplam HAA içeriğine sahip karışım yağında kızartılan köftelere ait kromatogram, Şekil 4.3’te ise en düşük toplam HAA içeriğine sahip fındık yağında kızartılan köftelere ait kromatogram verilmiştir.

Çizelge 4.35. Farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin toplam HAA içerikleri ve standart sapmaları ($\bar{x} \pm SD$)

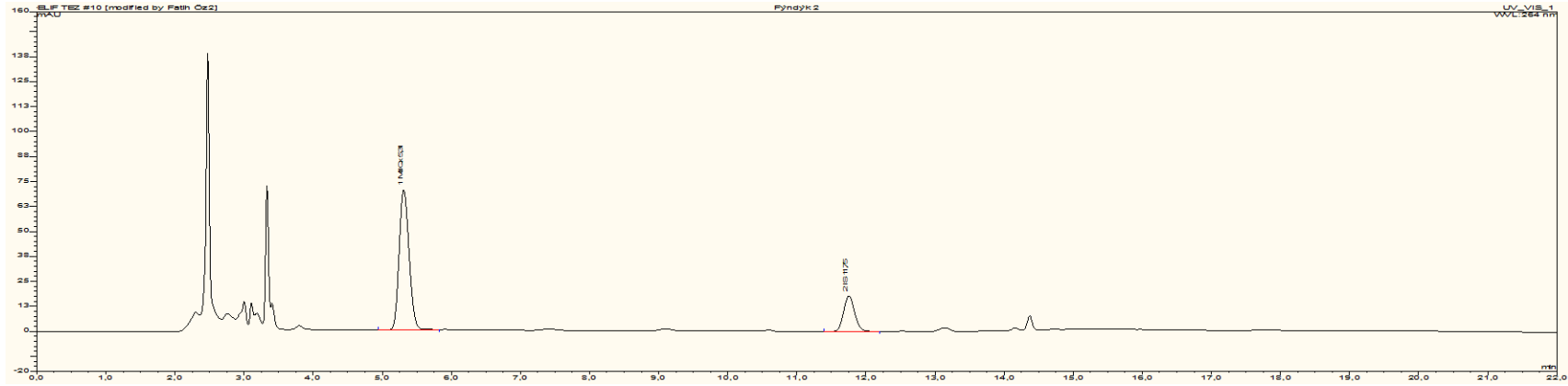
	n	Toplam HAA (ng/g)
Ayçiçek yağı	2	34,91±1,41 c
Fındık yağı	2	30,43±3,90 d
Kanola yağı	2	35,73±5,08 c
Karışım yağı	2	43,71±1,41 a
Mısır yağı	2	39,85±6,96 b
Riviera zeytinyağı	2	40,05±7,83 b
Natürel sızma zeytinyağı	2	39,23±7,94 b

n: Örnek sayısı, SD: Standart Sapma

Dünyanın farklı yerlerinde ve farklı kültürlerinde, farklı hayvansal ve bitkisel yağlar gerek yemek hazırlama menülerinde gerekse gıdaların pişirilmesi esnasında sıklıkla kullanılmaktadır. Buna karşın, son zamanlarda yapılan çalışmalarda, doymamış yağ asit içeriği yüksek olan bitkisel yağların, doymuş yağ asit içeriği yüksek olan hayvansal yağlardan daha sağlıklı olduğu belirtilmektedir (Wood *et al.* 2004). Öte yandan, bitkisel yağlardaki doymamış yağ asitleri, yüksek sıcaklıktaki oksidasyon ve dekompozisyona uğramaları nedeniyle pişirme işlemlerinde risk yaratabilmektedir. Guillen and Uriarte (2012) ve Katragadda *et al.* (2010) linoleik asidin, serbest radikaller, aldehitler ve ketonlar gibi potansiyel toksik bileşiklerin oluşumu ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Doymamış yağ asitlerinin peroksidasyonu ile oluşan bu reaktif oksijen türlerinin (ROS) Amadori bileşiklerinin dekompozisyonu ve Maillard Reaksiyonundaki Strecker aldehitleri, pirazinler ve piridinlerin oluşumu için ara ürünlerin oluşumuna neden olabilmekte ve neticede HAA'ların oluşumuna katkı sağlayabilmektedir (Zamaro and Hidalgo 2007). Ancak bitkisel yağların farklı seviyelerde, vitamin E, beta karoten ve fenolik bileşikler gibi antioksidanlar içerdiği de bilinmektedir (Johansson *et al.* 1995). Mevcut araştırmada kızartma yağı olarak kullanılan yağlarda antioksidan analizi yapılmamış olmasına rağmen, yağların tamamında doğal antioksidanların bulunduğu (Bakır 2005; Anonim 2006; Macit ve Şanlıer 2014; Kırılan vd 2005), ancak üretim prosesinde uygulanan bir takım işlemler nedeniyle miktarlarında azalmaların olduğu da bilinmektedir (Johnson 2008).



Şekil 4.2. Karışım yağında kızartılan köftelere ait kromatogram



Şekil 4.3. Fındık yağında kızartılan köftelere ait kromatogram

Serbest radikal tutucular olarak bilinen bu antioksidanların pişirme esnasında HAA'ların oluşumunu engelleyebileceği ve/veya azaltabileceği düşünülmektedir (Vitaglione and Fogliano 2004). Nitekim Balogh *et al.* (2000) kızartma öncesi sığır eti köftelerinin üzerine %1 vitamin E spreyleme işleminin HAA'ları (IQ, MeIQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx ve PhIP) %45-75 oranında azalttığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Cheng *et al.* (2007) epikateşin gallat, rosmarinik asit ve karnosik asit gibi fenolik bileşikler ile marine ettikleri ve pişirdikleri sığır etinde HAA'lar üzerine %24-70 oranında redüksiyon sağladıklarını bildirmişlerdir. Öte yandan et ürünlerinin üretiminde kullanılan antioksidanların kullanım miktarlarına bağlı olarak HAA'ların oluşumları üzerine inhibe edici veya teşvik edici etki gösterdiği de bilinmektedir (Murkovic *et al.* 1988; Pearson *et al.* 1992; Johansson and Jägerstad 1996; Britt *et al.* 1998; Zöchling *et al.* 2002; Öz and Kaya 2011a-b).

Yağların HAA'ların oluşumu üzerine etkisi de net olarak aydınlatılabilmiş değildir. Günümüze kadar yapılan ve HAA'ların oluşumu üzerine yağ içeriğinin ve kızartma yağlarının etkilerinin araştırıldığı araştırmaların sonuçları birbiriyle uyum içerisinde değildir (Johansson *et al.* 1995). Etin yağ içeriğinin HAA'ların oluşumu üzerine muhtemel etkisi bulunurken, fiziksel ve kimyasal etkilerini ayırt etmek oldukça zordur (Barnes *et al.* 1983; Holtz *et al.* 1985; Knize *et al.* 1985; Övervik *et al.* 1987). Yapılan model çalışmalarda yağların oksidasyon durumu ve antioksidan içeriklerinin HAA'lar üzerine etkisi tespit edilemezken, kullanılan belirli yağların HAA'ların oluşumunu artırdığını belirlenmiştir (Johansson and Jägerstad 1993; Johansson *et al.* 1993). Öte yandan, farklı kızartma yağlarının 200°C'de kızartılan domuz etinde mutajenik aktiviteyi etkilemediği de açıklanmıştır (Nilsson *et al.* 1996). Ancak 250°C kızartma sıcaklığında, ayçiçek yağı ve tereyağında kızartılan domuz etlerinin en yüksek mutajenik aktiviteye sahip olduğu belirlenirken, en düşük mutajenik aktivite ise zeytinyağı ve kuyruk yağında kızartılan etlerde tespit edilmiştir (Barrington *et al.* 1990). HAA'ların oluşumu üzerine yağların etkilerini belirlemek için yapılan çalışmaların çoğu, mutajenik aktivitenin belirlenmesine dayanmaktadır (Johansson *et al.* 1995).

Johansson *et al.* (1995) yaptıkları çalışmada 6 farklı kızartma yağı (tereyağı, margarin, margarin yağ fazı, sıvı margarin, kolza yağı ve ayçiçek yağı) kullanarak 200°C'lik tavada az yağda (40–50 g) 8 dk sığır et köftelerini kızartmışlar ve toplam HAA (MeIQx, 4,8-DiMeIQx ve PhIP) içeriğini; tereyağında kızarttıkları köftelerde 2,5 ng/g, margarinde kızarttıkları köftelerde 1,9 ng/g, margarin yağ fazında kızarttıkları köftelerde 3 ng/g, sıvı margarinde kızarttıkları köftelerde 2,4 ng/g, kolza yağında kızarttıkları köftelerde 3,2 ng/g ve ayçiçek yağında kızarttıkları köftelerde ise 2,3 ng/g olarak belirlemişlerdir. Öte yandan araştırmacılar tava kalıntılarında toplam HAA içeriğinin etlerden daha fazla olduğunu belirtmişler, toplam HAA içeriğini; tereyağı kızartma kalıntılarında 15,1 ng/g, margarin kızartma kalıntılarında 8,6 ng/g, margarin yağ fazı kızartma kalıntılarında 17,8 ng/g, sıvı margarin kızartma kalıntılarında 15,9 ng/g, kolza yağı kızartma kalıntılarında 14,8 ve ayçiçek yağı kızartma kalıntılarında ise 4,7 ng/g olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar kızartma yağ çeşidinin köftelerin HAA içeriği üzerine çok az bir etkiye sahip olduğunu, buna karşın tavada kalan kırıntılarda belirlenen HAA içeriği üzerine ise önemli etki ettiğini belirtmişler. Araştırmacılar yağların yağ asidi kompozisyonlarındaki farklılığın HAA oluşumunu etkilemediğini, buna karşın HAA oluşumları arasındaki farklılığın; kızartma yağlarının oksidasyon durumu (peroksit değeri ve anisidin değeri) ve antioksidan içeriklerinin farklılığından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Mevcut araştırmada da analizi yapılan HAA'lerden sadece MeIQx bileşiğinin oluşup diğerlerinin oluşmaması kızartma esnasında yağlarda görülen oksidasyon derecesi ve yağların doğal olarak ve/veya eklenen antioksidan içerikleri ile alakalı olabilir. Zira tokoferollerin HAA'ların oluşumu için gerekli olan kreatin ile dialkil-pirazin radikallerini bloke ettiği veya HAA'ların oluşumunu inhibe etmek için 4,8-DiMeIQx bileşiğinin prekürsörleri ile reaksiyona girebildiği bilinmektedir (Pearson *et al.* 1992; Vitaglione and Fogliano 2004). İlaveten fenolik bileşikler imidazokinokzalin tipi HAA'ların oluşumunu, Maillard Reaksiyonu esnasında veya farklı yollardan oluşan pirazin katyon radikaller ve diğer bazı karbon-merkezli radikalleri tutarak da önleyebilmektedir. Ayrıca fenolik bileşiklerin, Strecker degradasyonunda fenilalaninin, PhIP bileşiğinin oluşumunda bir ara ürün olan fenilasetaldehite dönüşümündeki karbonil bileşiklerini etkili bir şekilde bağlayabildiği de belirtilmektedir (Zamora and Hidalgo 2015). Öte yandan PhIP oluşumunun sıcaklıkla doğrudan ilgili olduğu ve 175-200°C sıcaklıklarda PhIP oluşumunun düşük seviyelerde

kaldığı (nd-6,91 ng/g), buna karşın sıcaklığın 200°C üzerine çıkması durumunda PhIP miktarında önemli artışlar (31,8 ng/g) olduğu belirtilmektedir (Gibis and Weiss 2012; Wong *et al.* 2012).

Britt *et al.* (1998) 170°C’de 16 dk kızartılan %15 yağlı köftelerde toplam HAA (IQ, MeIQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx ve PhIP) içeriğini 25,6 ng/g olarak, Shin *et al.* (2002b) 225°C’de 20 dk kızarttıkları sığır et köftelerinde toplam HAA (MeIQx, 4,8-DiMeIQx ve PhIP) içeriğini 24,6 ng/g olarak, Öz and Kaya (2011b) 175-225°C sıcaklıkta 15 dk kızarttıkları %15 yağlı köftelerde toplam HAA (IQ, MeIQ, 4,8-DiMeIQx ve PhIP) içeriğini 9,47 ng/g’a kadar belirlemişlerdir. Aynı şartlarda ısıtıl işlem uyguladıkları %30 yağlı köftelerde ise toplam HAA (IQ, MeIQ, 4,8-DiMeIQx ve PhIP) içeriğini 37,81 ng/g’a kadar tespit etmişlerdir.

Öz (2011) ülkemizdeki 7 coğrafik bölgede belirledikleri pilot illerden (Ankara, İstanbul, İzmir, Erzurum, Samsun, Antalya ve Gaziantep) tüketime hazır halde satın aldıkları et ürünlerinde toplam HAA (IQ, IQx, MeIQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx, PhIP, AαC ve MeAαC) içeriklerinin 2,63-7,73 ng/g arasında değiştiğini tespit etmiştir.

Keşkekoğlu and Üren (2014) 4 farklı pişirme yöntemi (fırında rosto, tavada kızartma, mangal ve derin yağda kızartma) kullanarak pişirdikleri kontrol grubu sığır eti köftelerinin toplam HAA (IQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, Harman ve Norharman) içeriğinin 50,83-346,42 ng/g arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Öz and Yüzer (2017) farklı pişirme yöntemlerinin (haşlama, tavada yağsız kızartma, ayçiçek yağı kullanarak derin yağda kızartma, ısıtıcı plaka üzerinde kızartma, fırında pişirme ve mikrodalgada pişirme) hindi göğüs ve but spesiyal etinde HAA’ların oluşumu üzerine etkisini belirledikleri çalışmada, göğüs etinin toplam HAA (IQ, IQx, MeIQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx, PhIP, AαC ve MeAαC) içeriğinin 2,90-52,34 ng/g arasında, but spesiyal etinin toplam HAA (IQ, IQx, MeIQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx, PhIP, AαC ve MeAαC) içeriğinin ise 2,38-21,35 ng/g arasında

değiştiğini ve hindi göğüs ve but spesiyal eti için en yüksek toplam HAA içeriklerinin derin yağda kızartılan köftelerde olduğunu tespit etmişlerdir.

Mevcut araştırmada HAA'lar ile ilgili sonuçları, literatürdeki veriler ile kıyaslamak oldukça zordur. Çünkü bireysel HAA'ların oluşumu ve toplam HAA içeriği üzerine, analiz edilen HAA sayısı, ürün üretiminde kullanılan kas çeşidi ve/veya katkı maddesi kullanımı, ürün çeşidi, ürünün boyutları, pişirme yöntemi, pişirme sıcaklığı, pişirme süresi, pişirme esnasında yağ kullanımı, kullanılan yağ çeşit ve miktarı, analiz teknikleri vb. pek çok faktörün etki ettiği bilinmektedir. Öte yandan anılan nedenlerdeki farklılıklara rağmen yine de sonuçların literatürdeki veriler ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

HAA'lara insanoğlunun maruz kalmasının sadece gıda çeşidi ve pişirme metodundan değil aynı zamanda porsiyon büyüklüğü ve tüketim sıklığından da etkilendiği bilinmektedir. Yapılan araştırmalar kişi başı günlük HAA alım miktarının 60-1820 ng arasında değiştiğini (Chiu *et al.* 1998; Nowell *et al.* 2002; Butler *et al.* 2003) ve maksimum alım miktarının 5000 ng olduğunu belirtmektedir. Aradaki farklılıkların diyet alışkanlıkları ve analiz metotlarındaki farklılıklardan kaynaklandığı belirtilmektedir (Butler *et al.* 2003). Öte yandan Skog (2002) HAA'ların kişi başı günlük alım miktarının 0-15µg arasında değiştiğini tahmin etmektedir. Mevcut araştırmada en yüksek toplam HAA içeriğine (43,71 ng/g) sahip karışım yağında kızartılan köftelerden 100 g tüketilmesi durumunda bile toplam alım miktarının 5 µg'ın altında olduğu görülmektedir.

4.9. Yapılan Analizler Arasındaki Korelasyonlar

Mevcut araştırmada yapılan analizler arasındaki korelasyonlar Çizelge.36'da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere su içeriğinin; pişirme kaybı ile korelasyonunun negatif ve çok önemli olduğu ($p<0,01$), TBARS değeri ve yağ içeriği ile korelasyonunun negatif ve önemli olduğu ($p<0,05$), stearik asit içeriği ve n-3 yağ asitleri ile

korelasyonunun pozitif ve önemli olduğu ($p<0,05$), diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Piştirme kaybının; su içeriği ile korelasyonunun negatif ve çok önemli ($p<0,01$), n-3 yağ asitleri ile korelasyonunun negatif ve önemli olduğu ($p<0,05$), toplam HAA içeriği ile korelasyonunun pozitif ve önemli ($p<0,05$), diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

pH değerinin; araştırmada yapılan analizlerin tamamı ile korelasyonunun istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir.

TBARS değerinin; su içeriği, Σ PUFA içeriği, n-6 yağ asitleri, n-6/n-3 oranı ile korelasyonunun negatif ve önemli ($p<0,05$), stearik asit içeriği, linoleik asit içeriği, Σ PUFA/ Σ SFA oranı ve trans yağ asitleri ile korelasyonunun negatif ve çok önemli ($p<0,01$), oleik asit içeriği, Σ MUFA içeriği, n-9 yağ asitleri ve Σ MUFA/ Σ SFA oranı ile korelasyonunun pozitif ve çok önemli ($p<0,01$) olduğu, diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Yağ içeriğinin; su içeriği, Σ PUFA içeriği ve Σ PUFA/ Σ SFA oranı ile korelasyonunun negatif ve önemli ($p<0,05$), oleik asit içeriği ile korelasyonunun pozitif ve önemli, diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Palmitik asit içeriğinin; Σ SFA içeriği ile korelasyonunun pozitif ve çok önemli ($p<0,01$), Σ MUFA/ Σ SFA oranı ile korelasyonunun negatif ve önemli olduğu ($p<0,05$) olduğu, diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Stearik asit içeriğinin; su içeriği ve trans yağ asidi içeriği ile korelasyonunun pozitif ve önemli ($p<0,05$), TBARS değeri ile korelasyonunun negatif ve çok önemli ($p<0,01$) olduğu, diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

SFA içeriğinin; palmitik asit içeriği ile korelasyonunun pozitif ve çok önemli ($p<0,01$), Σ MUFA/ Σ SFA oranı ile korelasyonunun negatif ve çok önemli ($p<0,01$) olduğu, diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Oleik asit içeriğinin; TBARS değeri, Σ MUFA içeriği, n-9 yağ asitleri içeriği, Σ MUFA/ Σ SFA oranı ile korelasyonunun pozitif ve çok önemli ($p<0,01$), yağ içeriği ile korelasyonunun pozitif ve önemli ($p<0,05$), linoleik asit içeriği, Σ PUFA içeriği, n-6 yağ asitleri içeriği, n-6/n-3 oranı, Σ PUFA/ Σ SFA oranı ve trans yağ asitleri içeriği ile korelasyonunun negatif ve çok önemli ($p<0,01$) olduğu, diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Σ MUFA içeriğinin; TBARS değeri, oleik asit içeriği, n-9 yağ asitleri içeriği ve Σ MUFA/ Σ SFA oranı ile korelasyonunun pozitif ve çok önemli ($p<0,01$), linoleik asit içeriği, Σ PUFA içeriği, n-6 yağ asitleri içeriği, n-6/n-3 oranı, Σ PUFA/ Σ SFA oranı ve trans yağ asitleri içeriği ile korelasyonunun negatif ve çok önemli ($p<0,01$) olduğu, diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Linoleik asit içeriğinin; TBARS değeri ile korelasyonunun negatif ve önemli ($p<0,05$), oleik asit içeriği, Σ MUFA içeriği, n-9 yağ asitleri ve Σ MUFA/ Σ SFA oranı ile korelasyonunun negatif ve çok önemli ($p<0,01$), Σ PUFA içeriği, n-6 yağ asitleri içeriği, n-6/n-3 oranı, Σ PUFA/ Σ SFA oranı ve trans yağ asitleri içeriği ile korelasyonunun pozitif ve çok önemli olduğu ($p<0,01$), diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Σ PUFA içeriğinin; TBARS değeri ve yağ içeriği ile korelasyonunun negatif ve önemli ($p<0,05$), oleik asit ve Σ MUFA içeriği ile korelasyonunun negatif ve çok önemli ($p<0,01$), linoleik asit içeriği, n-6/3 oranı, Σ PUFA/ Σ SFA oranı ve trans yağ asitleri ile korelasyonunun pozitif ve çok önemli ($p<0,01$) olduğu, diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

n-3 yağ asitlerinin; su içeriği ile korelasyonunun pozitif ve önemli ($p<0,05$), pişirme kaybı ile korelasyonunun negatif ve önemli ($p<0,05$) olduğu, diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

n-6 yağ asitlerinin; TBARS değeri ile korelasyonunun negatif ve önemli ($p<0,05$), oleik asit içeriği, Σ MUFA içeriği, n-9 yağ asitleri içeriği ve Σ MUFA/ Σ SFA oranı ile korelasyonunun negatif ve çok önemli ($p<0,01$), linoleik asit içeriği, Σ PUFA içeriği, n-6/n-3 oranı, Σ PUFA/ Σ SFA oranı ve trans yağ asitleri ile korelasyonunun pozitif ve çok önemli ($p<0,01$) olduğu, diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

n-9 yağ asitlerinin; TBARS değeri, oleik asit içeriği, MUFA içeriği ve Σ MUFA/ Σ SFA oranı ile korelasyonunun pozitif ve çok önemli ($p<0,01$), linoleik asit içeriği, PUFA içeriği, n-6 yağ asitleri içeriği, n-6/n-3 oranı, Σ PUFA/ Σ SFA oranı ve trans yağ asitleri içeriği ile korelasyonunun negatif ve çok önemli ($p<0,01$) olduğu, diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

n-6/n-3 oranının; TBARS değeri ile korelasyonunun negatif ve önemli ($p<0,05$), oleik asit içeriği, MUFA içeriği, n-9 yağ asitleri içeriği ve Σ MUFA/ Σ SFA oranı ile korelasyonunun negatif ve çok önemli ($p<0,01$), linoleik asit içeriği, PUFA içeriği, n-6 yağ asitleri içeriği, Σ PUFA/ Σ SFA oranı ve trans yağ asitleri içeriği ile korelasyonunun pozitif ve çok önemli ($p<0,01$) olduğu, diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

MUFA/SFA oranının; TBARS değeri, oleik asit içeriği, MUFA içeriği ve n-9 yağ asitleri içeriği ile korelasyonunun pozitif ve çok önemli ($p<0,01$), palmitik asit içeriği ile korelasyonunun negatif ve önemli ($p<0,05$), SFA içeriği, linoleik asit içeriği, PUFA içeriği, n-6 yağ asitleri içeriği, n-6/n-3 oranı, PUFA/SFA oranı ve trans yağ asitleri içeriği ile korelasyonunun negatif ve çok önemli ($p<0,05$) olduğu, diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

PUFA/SFA oranının; TBARS değeri ve yağ içeriği ile korelasyonunun negatif ve önemli ($p<0,05$), oleik asit içeriği, MUFA içeriği, n-9 yağ asitleri içeriği ve MUFA/SFA oranı ile korelasyonunun negatif ve çok önemli ($p<0,01$), linoleik asit içeriği, PUFA içeriği, n-6 yağ asitleri içeriği, n-6/n-3 oranı ve trans yağ asitleri içeriği ile korelasyonunun pozitif ve çok önemli ($p<0,01$) olduğu, diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Trans yağ asitleri içeriğinin; TBARS değeri, oleik asit içeriği, MUFA içeriği, n-9 yağ asitleri içeriği ve MUFA/SFA oranı ile korelasyonunun negatif ve çok önemli ($p<0,01$), stearik asit içeriği ile korelasyonunun pozitif ve önemli ($p<0,05$), linoleik asit içeriği, PUFA içeriği, n-6 yağ asitleri içeriği, n-6/n-3 oranı ve PUFA/SFA oranı ile korelasyonunun pozitif ve çok önemli ($p<0,01$) olduğu, diğer korelasyonlarının ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Toplam HAA içeriğinin; sadece TBARS değeri ile olan korelasyonunun pozitif ve önemli ($p<0,05$) olduğu, araştırmada yapılan diğer analizlerin tamamı ile korelasyonunun ise istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir.

Çizelge 4.36. Yapılan analizler arasındaki korelasyonlar

		Su	Piştirme Kaybı	pH	TBARS	Yağ	Palmitik asit	Stearik asit	SFA	Oleik asit	MUFA	Linoleik asit	PUFA	n-3	n-6	n-9	n-6/n-3	MUFA/SFA	PUFA/SFA	Trans	Toplam HAA
Su	P.K.	1	-,824**	,070	-,591*	-,587*	-,263	,625*	-,132	-,244	-,175	,236	,244	,567*	,236	-,173	,056	-,080	,265	,209	-,281
	S		,000	,811	,026	,027	,363	,017	,652	,401	,551	,417	,400	,035	,417	,554	,850	,787	,360	,473	,330
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Piştirme Kaybı	P.K.	-,824**	1	-,019	,357	,320	,351	-,384	,266	,000	-,067	-,015	-,026	-,580*	-,018	-,063	,211	-,163	-,063	,050	,537*
	S	,000		,948	,211	,265	,219	,175	,358	,999	,819	,960	,929	,030	,952	,830	,469	,577	,832	,866	,048
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
pH	P.K.	,070	-,019	1	-,304	,194	,388	,350	,442	-,231	-,211	,067	,068	,177	,065	-,213	,000	-,252	,014	,057	,011
	S	,811	,948		,291	,506	,170	,220	,114	,426	,468	,821	,819	,545	,825	,464	,999	,384	,961	,847	,971
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
TBARS	P.K.	-,591*	,357	-,304	1	,468	-,315	-,708**	-,446	,706**	,689**	-,597*	-,596*	-,075	-,596	,686**	-,586*	,680**	-,534*	-,700**	,052
	S	,026	,211	,291		,092	,273	,005	,110	,005	,006	,024	,024	,798	,025	,007	,028	,007	,049	,005	,859
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Yağ	P.K.	-,587*	,320	,194	,468	1	,042	-,162	-,002	,540*	,483	-,532	-,536*	-,423	-,530	,487	-,350	,426	-,539*	-,300	-,22
	S	,027	,265	,506	,092		,887	,581	,994	,046	,080	,050	,048	,132	,051	,077	,220	,129	,047	,297	,445
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Palmitik asit	P.K.	-,263	,351	,388	,315	,042	1	,023	,984**	-,354	-,375	,048	,044	-,249	,048	-,379	,155	-,625*	-,094	,159	,384
	S	,363	,219	,170	,273	,887		,937	,000	,214	,186	,871	,881	,391	,871	,182	,598	,017	,750	,587	,176
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Stearik asit	P.K.	,625*	-,384	,350	-,708**	-,162	,023	1	,197	-,459	,474	,453	,452	-,069	,453	-,464	,497	-,409	,432	,660*	-,204
	S	,017	,175	,220	,005	,581	,937		,500	,099	,087	,104	,105	,814	,104	,095	,071	,147	,123	,010	,485
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
SFA	P.K.	-,132	,266	,442	-,446	-,002	,984**	,197	1	-,430	,451	,126	,122	-,241	,125	,452	,236	-,684**	-,018	,272	,337
	S	,652	,358	,114	,110	,994	,000	,500		,125	,106	,668	,679	,407	,669	,104	,417	,007	,952	,347	,238
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Oleik asit	P.K.	-,244	,000	-,231	,706**	,540*	-,354	-,459	-,430	1	,992**	-,940**	-,940**	-,074	-,940**	,994**	-,811**	,941**	-,886**	-,749**	-,166
	S	,401	,999	,426	,005	,046	,214	,099	,125		,000	,000	,000	,802	,000	,000	,000	,000	,000	,002	,572
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
MUFA	P.K.	-,175	-,067	-,211	,689**	,483	-,375	-,474	-,451	,992**	1	-,942**	-,941**	,046	-,942**	1,000**	-,862**	,955**	-,884**	-,801**	-,166
	S	,551	,819	,468	,006	,080	,186	,087	,106	,000		,000	,000	,875	,000	,000	,000	,000	,000	,001	,571
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Linoleik asit	P.K.	,236	-,015	,067	-,597*	-,532	,048	,453	,126	-,940**	-,942**	1	1,000***	,023	1,000**	-,941**	,878**	-,805**	,989**	,796**	,057

Çizelge 4. 36. (devam)

	S	,417	,960	,821	,024	,050	,871	,104	,668	,000	,000		,000	,937	,000	,000	,000	,001	,000	,001	,847
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
PUFA	P.K.	,244	-,026	,068	-,596*	-,536*	,044	,452	,122	-,940**	-,941**	1,000**	1	,041	1,000**	-,940**	,869**	-,802**	,990**	,786**	,057
	S	,400	,929	,819	,024	,048	,881	,105	,679	,000	,000	,000		,890	,000	,000	,000	,001	,000	,001	,848
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
n-3	P.K.	,567*	-,580*	,177	-,075	-,423	-,249	-,069	-,241	-,074	,046	,023	,041	1	,026	,033	-,417	,127	,075	-,425	,102
	S	,035	,030	,545	,798	,132	,391	,814	,407	,802	,875	,937	,890		,930	,910	,138	,666	,798	,130	,729
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
n-6	P.K.	,236	-,018	,065	-,596*	-,530	,048	,453	,125	-,940**	-,942**	1,000**	1,000**	,026	1	-,941**	,876**	-,804**	,989**	,793**	,058
	S	,417	,952	,825	,025	,051	,871	,104	,669	,000	,000	,000	,000	,930		,000	,000	,001	,000	,001	,844
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
n-9	P.K.	-,173	-,063	-,213	,686**	,487	-,379	-,464	-,452	,994**	1,000**	-,941**	-,940**	,033	-,941**	1	-,854**	,955**	-,883**	-,790**	-,171
	S	,554	,830	,464	,007	,077	,182	,095	,104	,000	,000	,000	,001	,910	,000		,000	,000	,000	,001	,560
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
n-6/n-3	P.K.	,056	,211	,000	-,586*	-,350	,155	,497	,236	-,811**	-,862**	,878**	,869**	-,417	,876**	-,854**	1	-,777**	,841**	,947**	,141
	S	,850	,469	,999	,028	,220	,598	,071	,417	,000	,000	,000	,000	,138	,000	,000		,001	,000	,000	,631
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
MUFA/SFA	P.K.	-,080	-,163	-,252	,680**	,426	-,625*	-,409	-,684**	,941**	,955**	-,805**	-,802**	,127	-,804**	,955**	-,777**	1	-,711**	-,730**	-,259
	S	,787	,577	,384	,007	,129	,017	,147	,007	,000	,000	,001	,001	,666	,001	,000	,000		,004	,003	,372
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
PUFA/SFA	P.K.	,265	-,063	,014	-,534*	-,539*	-,094	,432	-,018	-,886**	-,884**	,989**	,990**	,075	,989**	-,883**	,841**	-,711**	1	,749**	,017
	S	,360	,832	,961	,049	,047	,750	,123	,952	,000	,000	,000	,000	,798	,000	,000	,000	,004		,002	,954
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Trans	P.K.	,209	,050	,057	-,700**	-,300	,159	,660*	,272	-,749**	-,801**	,796**	,786**	-,425	,793**	-,790**	,947**	-,730**	,749**	1	-,067
	S	,473	,866	,847	,005	,297	,587	,010	,347	,002	,001	,001	,001	,130	,001	,001	,000	,003	,002		,819
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Toplam HAA	P.K.	-,281	,537*	,011	,052	-,222	,384	-,204	,337	-,166	-,166	,057	,057	-,102	,058	-,171	,141	-,259	,017	-,067	1
	S	,330	,048	,971	,859	,445	,176	,485	,238	,572	,571	,847	,848	,729	,844	,560	,631	,372	,954	,819	
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerde heteosiklik aromatik amin (HAA) oluşumu ve derin yağda kızartma işleminin köfteler ile kızartma yağlarının yağ asidi kompozisyonunda neden olduğu değişimlerin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Araştırmada kullanılan et, et yağı, ısıtıl işlem görmemiş köfte ve farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerde hâkim doymuş yağ asitlerinin palmitik asit ve stearik asit, hakim tekli doymamış yağ asidinin oleik asit ve hakim çoklu doymamış yağ asidinin ise linoleik asit olduğu belirlenmiştir.
2. Kullanılan kızartma yağ çeşidinin köftelerin su içeriği, pH değeri, yağ asidi kompozisyonu, TBARS değeri ve toplam HAA içeriği üzerine çok önemli ($p<0,01$) ve pişirme kaybı üzerine önemli ($p<0,05$) etkisi belirlenirken, köftelerin yağ içeriği üzerine ise önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir.
3. Araştırmada ısıtıl işlem görmemiş köftelerde %65,66 olarak belirlenen su içeriğinin, farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerde azalarak %41,54-50,89 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.
4. Araştırmada farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerin pişirme kaybı değerlerinin %45,17-56,81 arasında değişiklik gösterdiği ve en düşük pişirme kaybının kanola yağında kızartılmış örneklerle ait olduğu, buna karşın en yüksek pişirme kaybının ise riviera zeytinyağında kızartılmış köftelere ait olduğu belirlenmiştir.
5. Araştırmada ısıtıl işlem görmemiş köftelerde 5,46 olarak belirlenen pH değerinin, farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerde artarak 5,89-6,09 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.
6. Araştırmada ısıtıl işlem görmemiş köftelerde %14,76 olarak belirlenen ham yağ içeriğinin, farklı kızartma yağları kullanılarak derin yağda kızartılan köftelerde %13,98-16,75 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

7. Derin yağda kızartma işlemi sonrası, araştırmada kullanılan tüm kızartma yağlarının Σ SFA içeriklerinde artış, Σ PUFA içeriklerinde ise azalış belirlenmiştir. Öte yandan kullanılan kızartma yağlarından ayçiçek yağı hariç diğer tüm yağların Σ MUFA içeriklerinde azalma belirlenmiştir.
8. Kızartma yağlarında en yüksek Σ SFA içeriği sırasıyla; karışım yağı (%30,32) > riviera zeytinyağı (%15,89) > natürel sızma zeytinyağı (%14,49) > mısır yağı (%13,38) > ayçiçek yağı (%9,59) > fındık yağı (%7,97) > kanola yağında (%7,16) belirlenirken, en yüksek Σ MUFA içeriği sırasıyla; fındık yağı (%75,42) > natürel sızma zeytinyağı (%75,02) > riviera zeytinyağı (%71,68) > kanola yağı (%68,48) > karışım yağı (%40,29) > ayçiçek yağı (%32,05) = mısır yağında (%31,70), en yüksek Σ PUFA içeriği ise sırasıyla; ayçiçek yağı (%58,36) > mısır yağı (%54,93) > karışım yağı (%29,41) > kanola yağı (%24,37) > fındık yağı (%16,62) > riviera zeytinyağı (%12,43) > natürel sızma zeytinyağında (%10,51) belirlenmiştir.
9. Derin yağda kızartma sonrası kızartma yağlarının Σ SFA ve Σ PUFA içerik sıralamalarının kızartma öncesi sıralamalar ile aynı olduğu, sadece Σ MUFA içerik sıralamasında değişiklik olduğu belirlenmiştir.
10. Isıl işlem görmemiş köftelerde %48,00 olan Σ SFA içeriğinin derin yağda kızartma sonucu köftelerin tümünde azaldığı ve %31,04-38,59 arasında değişiklik gösterdiği, ısıl işlem görmemiş köftelerde %49,32 olan Σ MUFA içeriğinin, derin yağda kızartma sonucu köftelerde %44,59-61,80 arasında değişiklik gösterdiği ve ısıl işlem görmemiş köftelerde %2,70 olan Σ PUFA içeriğinin, derin yağda kızartma sonucu köftelerin tümünde arttığı ve %6,31-23,62 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.
11. Isıl işlem görmemiş köftelerde 1,29 mg MDA/kg olarak belirlenen TBARS değerinin, derin yağda kızartılan örneklerde 1,87-2,49 mg MDA/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek TBARS içeriği riviera zeytinyağında kızartılmış köftelerde belirlenirken, en düşük TBARS içeriği ise karışım yağında kızartılmış köftelerde belirlenmiştir.
12. Derin yağda kızartılan örneklerde sadece MeIQx bileşiği belirlenmiş, analizi yapılan diğer HAA'lar ise (IQ, IQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AαC ve MeAαC) belirlenememiştir.

13. Örneklerin toplam HAA içeriğinin 30,43-43,71 ng/g arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük toplam HAA içeriği fındık yağında kızartılmış örneklerde belirlenirken, en yüksek toplam HAA içeriği ise karışım yağında kızartılmış örneklerde tespit edilmiştir.
14. Toplam HAA içeriğinin TBARS değeri ile olan korelasyonunun pozitif ve önemli ($p<0,05$) olduğu, araştırmada yapılan diğer analizlerin tamamı ile korelasyonunun ise istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir.



KAYNAKLAR

- Abdulkarim, B.G. and Smith, J.S., 1998. Heterocyclic amines in fresh and processed meat products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(11), 4680-4687.
- Aksu, M.I. and Kaya, M., 2002. Effect of commercial starter cultures on the fatty acid composition of pastırma (Turkish dry meat product). *Journal of Food Science*, 67, 2342-2345.
- Aksu, M.I., 2009. Fatty acid composition of beef intermuscular, sheep tail, beef kidney fats and its effects on shelf life and quality properties of kavurma. *Journal of Food Science*, 74, 65-72.
- Alfaia, C.M.M., Alves, S.P., Lopes, A.F., Fernandes, M.J.E., Costa, A.S.H., Fontes, C.M.G.A., Castro, M.L.F., Bessa, R.J.B. and Prates, J.A.M., 2010. Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. *Meat Science*, 84(4), 769-777.
- Alım, H., 1978. Derin yağda kızartma işlemi ve kızartma yağında oksidatif değişimler. *Gıda Dergisi*, Yıl 3, Sayı 6, 233-236.
- Alireza, S., Tan, C.P., Hamed, M. and Che Man, Y.B., 2010. Effect of frying process on fatty acid composition and iodine value of selected vegetable oils and their blends. *International Food Research Journal*, 17, 295-302.
- Alpaslan, M. ve Demirci, M., 1992. Tekirdağ limanından dış alımla sağlanan ham ayçiçeği ve soya yağlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar. *Gıda Dergisi*, 17(3), 187-190.
- Alsavar, C., Pelvan, E. and Topal, B., 2010. Effects of roasting on oil and fatty acid composition of Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana L.*). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61(6), 630-642.
- Andrikopoulos, N.K., Kalogeropoulos, N., Falirea, A. and Barbagianni, M.N., 2002. Performance of virgin olive oil and vegetable shortening during domestic deep-frying and pan-frying of potatoes. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 177-190.
- Anonim 2010, Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği (Tebliğ No: 2010/35)
- Anonim, 2006. MEGEP, Gıda Teknolojisi, Lipitler, Ankara, 2006.
- Anonim, 2012b. Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği (2012/29) <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/04/20120412-7.htm>
- Anonim, 2012a. Türk gıda kodeksi et ve et ürünleri tebliği, tebliğ no:2012/74.
- Aşçıoğlu, Ç., 2013. Farklı Pişirme Yöntemlerinin Sığır Bonfilelerinin (*Longissimus dorsi*) Besinsel ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek
- Badiani, A., Stipa, S., Bitossi, F., Gatta, P.P., Vignola, G. and Chizzolini, R., 2002. Lipid composition, retention and oxidation in fresh and completely trimmed beef muscles as affected by common culinary practices. *Meat Science*, 60, 169-186.
- Bakır, N., 2005. Fındık Yağının Enzimatik Olarak Konjuge Linoleik Asit İle Zenginleştirilmesi Ve Fonksiyonel (Yapılandırılmış) Yağ Eldesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- Balogh, Z., Gray, J.I., Gomaa, E.A. and Booren, A.M., 2000. Formation and inhibition of heterocyclic aromatic amines in fried ground beef patties. *Food and Chemical Toxicology*, 38(5), 395-401.
- Balta, M.F., Yarılgac, T., Aşkın, B.A., Kuçuk, M., Balta, F. and Özrenk, K., 2006. Determination of fatty acid compositions, oil contents and some quality traits of hazelnut genetic resources grown in eastern Anatolia of Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 681-686
- Bansal G., Zhou W., Barlow P.J., Joshi P., Neo F.L. and Lo H.L., 2010. Evaluation of commercially available rapid test kits for the determination of oil quality in deep-frying operations. *Food Chemistry*, 121, 621-626.
- Barnes, W.S., Maher, J.C. and Weisburger, J.H., 1983. High-pressure liquid chromatographic method for the analysis of 2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline, a mutagen formed during the cooking of food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31(4), 883-886.
- Barrington, P.J., Baker, R.S.U., Truswell, A.S., Bonin, A.M., Ryan, A.J. and Paulin, A.P., 1990. Mutagenicity of basic fractions derived from lamb and beef cooked by common household methods. *Food and Chemical Toxicology*, 28(3), 141-146.
- Bayrak, A. ve Bayraktar, N., 1995. Ayçiçek (*Helianthus annuus*) yağının yağ asitleri kompozisyonu. *Gıda Dergisi*, 20 (6), 393-396.
- Benitez-Sánchez, P.L., León-Camacho, M. and Aparicio, R., 2003. A comprehensive study of hazelnut oil composition with comparisons to other vegetable oils, particularly olive oil. *European Food Research and Technology*, 218, 13-19.
- Biesalski, H.K., 2005. Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet. *Meat Science*, 70(3), 509-524.
- Bilek, A.E. and Turhan, S., 2009. Enhancement of the nutritional status of beef patties by adding flaxseed flour. *Meat Science*, 82, 472-477.
- Blumenthal, M.M. and Stier R.F., 1991. Optimazition of deep-fat frying operations. *Trends in Food Science and Technology*, 144-148.
- Britt, C., Gomaa, E.A., Gray, J.I. and Booren, A.M., 1998. Influence of cherry tissue on lipid oxidation and heterocyclic aromatic amine formation in ground beef patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(12), 4891-4897.
- Busquets, R., Bordas, M., Toribio, F., Puignou, L. and Galceran, M.T., 2004. Occurrence of heterocyclic amines in several home-cooked meat dishes of the Spanish diet. *Journal of Chromatography B*, 802, 79-86.
- Butler, L.M., Sinha, R., Millikan, R.C., Martin, C.F., Newman, B. and Gammon, M.D., 2003. Heterocyclic amines, meat intake, and association with colon cancer in a population-based study. *American Journal of Epidemiology*, 157(5), 434-445.
- Candela, M., Astiasaran, I., and Bello, J., 1996. Effect of frying on the fatty acid profile of some meat dishes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 9, 277-282.
- Casal S., Malheiro R., Sendas A., Oliveira B.P.P., and Pereira J.A. 2010. Olive oil stability under deep-frying conditions. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 2972-2979.
- Chen, B.H., Lee, K. H. and Tai, C.Y., 2000. Formation of heterocyclic amines in fried fish fiber during processing and storage. *Journal of Food Protection*, 63 (10), 1415-1420.

- Chiu, C. P., Yang, D. Y. and Chen, B. H., 1998. Formation of Heterocyclic Amines in Cooked Chicken Legs. *Journal of Food Protection*, 61 (6), 712-719.
- Choe, E. and Min, D.B., 2007. Chemistry of Deep-Fat Frying Oils. *Journal of Food Science*, Vol. 00, Nr. 0, 2007.
- Çakmak, İ.H., 2015. Köfte Üretiminde Konjuge Linoleik Asit Kullanımının Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna Etkisi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- Çiftçi, Y., Bitkisel ve Hayvansal Katı ve Sıvı Yağlar, 2006.
- Dal Bosca, A., Castellini, C., and Bernardini, M., 2001. Nutritional quality of rabbit meat as affected by cooking procedure and dietary vitamin E. *Journal of Food Science*, 66 (7), 1047-1051.
- Daniel, D.R., Thompson, L.D., Shriver, B.J., Wu, C.K. and Hoover, L.C., 2005. Nonhydrogenated Cottonseed Oil Can Be Used as a Deep Fat Frying Medium to Reduce Trans-Fatty Acid Content in French Fries. *Journal of the American Dietetic Association*, 105, 1927-1932.
- Dıraman, H. ve Hışıl, Y., 2003. Gaz kromatografisinde farklı polaritede iki kapiler kolon kullanarak çeşitli yağlardaki yağ asitlerinin cis-trans izomerlerinin analiz. *Gıda Dergisi*, 28(5), 513-521.
- Domínguez, R., Borrajo, P. and Lorenzo, J.M., 2015. The effect of cooking methods on nutritional value of foal meat. *Journal of Food Composition and Analysis*, 43, 61-67.
- Domínguez, R., Gómez, M., Fonseca, S. and Lorenzo, J.M., 2014a. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. *Meat Science*, 97(2), 223-230.
- Domínguez, R., Gómez, M., Fonseca, S. and Lorenzo, J.M., 2014b. Influence of thermal treatment on formation of volatile compounds, cooking loss and lipid oxidation in foal meat. *LWT - Food Science and Technology*, 58(2), 439-445.
- Duckett, S.K. and Wagner, D.G., 1998. Effect of Cooking on the Fatty Acid Composition of Beef Intramuscular Lipid. *J. of Food Comp. and Anal.*, 11, 357-362.
- Echarte, M., Ansorena, D., and Astiasarán, I., 2003. Consequences of Microwave Heating and Frying on the Lipid Fraction of Chicken and Beef Patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 5941-5945.
- Enser, M., Hallett, K., Hewitt, B., Fursey, G.A.J. and Wood, J.D., 1996. Fatty acid composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science*, 42, 443-456.
- Fay, L.B., Ali, S. and Gross, G.A., 1997. Determination of heterocyclic aromatic amines in food products: automation of the sample preparation method prior to HPLC and HPLC-MS quantification. *Mutation Research*, 376(1-2), 29-35.
- Felton, J. S., Knize, M. G., Wood, C., Wuebbles, B. J., Healey, S. K., Stuermer, D. H., Bjeldanes, L. F., Kimbles, B. J. and Hatch, F. T., 1984. Isolation and Characterization of New Mutagens from Fried Ground Beef. *Carcinogenesis*, 5, 95-102.
- Felton, J.S., Fultz, E., Dolbeare, F.A. and Knize, M.G., 1994. Effect of microwave pretreatment on heterocyclic aromatic amine mutagens/carcinogens in fried beef patties. *Food and Chemical Toxicology*, 32(10), 897-903.

- Feroli, F., Caboni, M.F., Dutta, P.C., 2008. Evaluation of cholesterol and lipid oxidation in raw and cooked minced beef stored under oxygen-enriched atmosphere. *Meat Science*, 80 (3), 681-685.
- Frankel E.N., 1998. Lipid oxidation. Oily Press Dundee.
- Galanakis, C.M., Tornberg E. and Gekas, V., 2010. Dietary fiber suspensions from olive mill wastewater as potential fat replacements in meatballs. *LWT - Food Science and Technology*, 43, 1018–1025.
- García-Arias, M.T., Ivarez Pontes, E., García-Linares, M.C., García-Fernández, M.C. and Sánchez-Muniz, F.J., 2003. Cooking–freezing–reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. *Food Chemistry*, 83(3), 349-356.
- García-lomillo, J., Gonzales-Sanjose, M.L., Del Pino-García, R., Ortega-Heras, M. and Muñiz-Rodríguez, P., 2017. Antioxidant effect of seasonings derived from wine pomace on lipid oxidation in refrigerated and frozen beef patties. *LWT-Food Science and Technology*, 77, 85-91.
- Georgantelis, D., Blekas, G., Katikou, P., Ambrosiadis, I. and Fletouris, D.J., 2007. Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on lipid oxidation and colour stability during frozen storage of beef burgers. *Meat Science*, 75, 256-264.
- Gerber, N., Scheeder, M.R.L. and Wenk, C., 2009. The influence of cooking and fat trimming on the actual nutrient intake from meat. *Meat Science*, 81(1), 148-154.
- Gerde, J., Hardy, C., Fehr, W. and White, P.J., 2007. Frying performance of no-trans, low-linolenic acid soybean. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 84, 557-563.
- Gibis, M. and Weiss, J., 2010. Inhibitory effect of marinades with hibiscus extract on formation of heterocyclic aromatic amines and sensory quality of fried beef patties. *Meat Science*, 85, 735–742.
- Girard, P.J., 1992. Cooking. *Technology of Meat and Meat Products*. Fransa, 32-83.
- Gisslen, W., 2004. *Essentials of professional cooking*. John&Wiley Sons, New Jersey.
- Gökalp, H.Y., 1984. Genel Et Bilimi ve Teknolojisi Ders notları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Erzurum.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M. and Zorba, O. 2004. *Engineering of Meat Products Processing*, 5th Ed., Ataturk University, Erzurum, Turkey. (in Turkish). Ataturk Univ. Publ. No: 786. Faculty of Agric. No: 320. Erzurum.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y., Zorba, Ö., 2010. Et ve ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama klavuzu . (V. Baskı), Atatürk Üniv. Yayınları, Yayın No: 751, Ziraat Fak. Yayın No: 318.Ders kitapları seri no:69 Atatürk Üniv. Ofset Tesisi, Erzurum.
- Grivas, S., 2000. *Organic Synthesis of the Heterocyclic Amines*. Baffins Lane, Chichester, West Sussex, 373, England.
- Gross, G.A., 1990. Simple methods for quantifying mutagenic heterocyclic aromatic amines in food products. *Carcinogenesis*, 11(9), 1597-603.
- Gross, G.A., Philippossian, G. and Aeschbacher, H.U., 1989. An efficient and convenient method for the purification of mutagenic heterocyclic amines in heated meat products. *Carcinogenesis*, 10(7), 1175-1182.

- Guillén, M.D. and Uriarte P.S., 2012. Monitoring by ¹H nuclear magnetic resonance of the changes in the composition of virgin linseed oil heated at frying temperature. Comparison with the evolution of other edible oils. *Food Control*, 28, 59-68.
- Gunstone, F.D., 2002. *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses*. Published in the USA and Canada.
- Gürtürk, F., Kaymaz, Ş. ve Bozkurt, M., 1991. Kızartma sayısı ve süresine göre yağlarda meydana gelen değişiklikler üzerine araştırmalar. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 48, 1.
- Harris, K.B., Harberson, T.J., Savell, J.W., Cross, H.R., and Smith, S.B., 1992. Influences of Quality Grade, External Fat Level, and Degree of Doneness on Beef Steak Fatty Acids. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, 84-89.
- Hernández, P., Navarro, J.L. and Toldrá, F., 1999. Lipids of pork meat as affected by various cooking techniques / Modificaciones de los lípidos de carne de cerdo en función de su guiso. *Food Science and Technology International*, 5(6), 501-508.
- Holtz, E., Skjöldebrand, C., Jägerstad, M., Laser Reuterswärd, A. and Isberg, P-E., 1985. Effect of recipes on crust formation and mutagenicity in meat products during Baking. *Journal of Food Technology*, 20, 57-66.
- Houhoula, D.P., Oreopoula, V. and Tzia C., 2002. A kinetic study of oil deterioration during frying and a comparison with heating. *JAOCs*, 79, 133-137.
- Hwang, D and Ngadi M (2002). Kinetics of Heterocyclic Amines Formation in Meat Emulsion at Different Fat Contents. *Lebensm. – wiss. U-Technol.*, 35: 600-606.
- Igene, J.O. and Pearson, A.M., 1979. Role of Phospholipids and Triglycerides in Warmed-Over Flavor Development in Meat Model Systems. *Institute of Food Technologists*, 44, 1285-1290.
- International Agency for Research on Cancer (IARC)., 1993. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Some natural occurring substances: Food items and constituents. Heterocyclic amines and mycotoxins. Vol. 56, pp. 163-242. Lyon: International Agency for Research on Cancer.
- Iwasaki, M., Kataoka, H., Ishihara, J., Takachi, R., Hamada, G.S., Sharma, S., Marchand, L.L. and Tsugane, S., 2010. Heterocyclic amines content of meat and fish cooked by brazilian methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 61-69.
- Jägerstad, M., Reuterswärd, A.L., Olsson, R., Grivas, S., Nyhammar, T., Olsson, K. and Dahlqvist, A., 1983. Creatin(in)e and Maillard reaction products as precursors of mutagenic compounds: Effects of various amino acids. *Food Chemistry*, 12(4), 255-264.
- Jägerstad, M., Skog K., Arvidsson, P., and Solyakov, A., 1998. Chemistry, Formation and occurrence of genotoxic heterocyclic amines identified in model systems and cooked foods. *Z. Lebensm. Unters Forsch. A*, 207, 419–427.
- Jiang, T., Busboom, J.R., Nelson, M.L., O’Fallon, J., Rinkob, T.P., Joos, D., Piper, K., 2010. Effect of Sampling Fat Location and Cooking on Fatty Acid Composition of Beef Steaks. *Meat Science*, 84, 86-92.
- Johansson, M., Skog, K. and Jägerstad, M., 1993. Effects of edible oils and fatty acids on the formation of mutagenic heterocyclic amines in a model system. *Carcinogenesis*, 14 (1), 89–94.

- Johansson, M.A. and Jägerstad, M., 1994. Occurrence of mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in meat and fish products, including pan residues, prepared under domestic conditions. *Carcinogenesis*, 15(8), 1511-8.
- Johansson, M.A., Fredholm, L., Bjerne, I. and Jägerstad, M., 1995. Influence of frying fat on the formation of heterocyclic amines in fried beefburgers and pan residues. *Food and Chemical Toxicology*, 33(12), 993-1004.
- Johansson, M.A.E. and Jägerstad, M., 1996. Influence of pro- and antioxidants on the formation of mutagenic-carcinogenic heterocyclic amines in a model system. *Food Chemistry*, 56 (1), 69-75.
- Johnson, L., Oil recovery from soybeans, in *Soybeans, Chemistry, Production, Processing and Utilization*, AOCS Press, Champaign, IL, 2008, p. 351.
- Johnson, L.P., Williams, S.E., Neel, S.W. and Reagan, J.O., 1994. Foodservice Industry Market Profile Study: Nutritional and Objective Textural Profile of Foodservice Ground Beef. *J. Anim. Sci.*, 72, 1487-1491.
- Juárez, M., Failla, S., Ficco, A., Peña, F., Avilés, C. and Polvillo, O., 2010. Buffalo meat composition as affected by different cooking methods. *Food and Bioproducts Processing*, 88(2-3), 145-148.
- Juárez, M., Failla, S., Ficco, A., Peña, F., Avilés, C., Polvillo, O., 2010. Buffalo Meat Composition as Affected by Different Cooking Methods. *Food and Bioproducts processing*, 88, 145-148.
- Karaali, A., 1987. Yemeklik yağ sanayinde yeni ürünler. *Gıda Sanayi Dergisi*, 2, 49-52.
- Kaya, M., 2013. Et teknolojisi ders notu. Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Kayahan, M., 2002. Yağ Tüketimi ve Sağlık. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 12, 39-47.
- Keating, G.A. and Bogen, K.T., 2001. Methods for estimating heterocyclic amine concentrations in cooked meats in the US diet. *Food and Chemical Toxicology*, 39(1), 29-43.
- Keşkekoğlu, H. and Üren, A., 2014. Inhibitory effects of pomegranate seed extract on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef and chicken meatballs after cooking by four different methods. *Meat Science*, 96, 1446-1451.
- Kılıç, B. and Richards, M., 2003. Lipid oxidation in poultry döner kebab: Pro-oxidative and anti-oxidative factors. *Journal of Food Science*, 68(2), 1-5.
- Kırılan, M., Yorulmaz, A. ve Ercoşkun, H., 2005. Sızma Zeytinyağının Fenolik Bileşiklerine Ve Oksidasyon Stabilitesine İşleme Aşamalarının Etkileri. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 19, 28-34.
- Klassen, R.D., Lewis, D., Lau, B.P.Y. and Sen, N.P., 2002. Heterocyclic aromatic amines in cooked hamburgers and chicken obtained from local fast food outlets in the Ottawa region. *Food Research International*, 35(9), 837-847.
- Knasmüller, S., Steinkellner, H., Hirschl, A. M., Rabot, S., Nobis, E. C. and Kassie, F., 2001. Impact of Bacteria in Dairy Products and of the Intestinal Microflora on the Genotoxic and Carcinogenic Effects of Heterocyclic Aromatic Amines. *Mutation Research*, 480-481, 129-138.
- Knize, M. G. Salmon, C. P., Mehta, S. S. and Felton, J. S., 1997a. Analysis of Cooked Muscle Meats for Heterocyclic Aromatic Amine Carcinogens. *Mutation Research*, 376, 129-134.
- Knize, M. G., Dolbeare, F. A., Cunningham, P. L. and Felton, J. S., 1995b. Proceedings of the 23rd International Symposium of the Princess Takamatsu Cancer

- Research Fund, Heterocyclic Amines in Cooked Foods: Possible Human Carcinogens, 30-38, USA.
- Knize, M.G., Andresen, B.D., Healy, S.K., Shen, N.H., Lewis, P.R., Bjeldanes, L.F., Hatch, F.T. and Felton, J.S., 1985. Effects of temperature, patty thickness and fat content on the production of mutagens in fried ground beef. *Food and Chemical Toxicology*, 23, 1035-1040.
- Knize, M.G., Cunningham, P.L., Griffin, E.A., JR., Jones, A.L. and Felton, J.S., 1994a. Characterization of mutagenic activity in cooked-grain-food products. *Food and Chemical Toxicology*, 32 (1), 15-21.
- Knize, M.G., Dolbeare, F.A., Carroll, K.L., Moore, D.H., and Felton, J.S., 1994b. Effect of cooking time and temperature on the heterocyclic amine content of fried beef patties. *Food and Chemical Toxicology*, 32(7), 595-603.
- Knize, M.G., Salmon, C.P., Hopmans, E.C. and Felton, J.S., 1997. Analysis of foods for heterocyclic aromatic amine carcinogens by solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 763(1-2), 179-85.
- Knize, M.G., Sinha, R., Brown, E.D., Salmon, C.P., Levander, O.A., Felton, J.S. and Rothman, N., 1998. Heterocyclic amine content in restaurant-cooked hamburgers, steaks, ribs, and chicken. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(11), 4648-4651.
- Knize, M.G., Sinha, R., Rothman, N., Brown, E.D., Salmon, C.P., Levander, O.A., Cunningham, P.L. and Felton, J.S., 1995. Heterocyclic amine content in fast-food meat products. *Food and Chemical Toxicology*, 33(7), 545-51.
- Kostik, V., Memeti, S. and Bauer, B., 2013. Fatty Acid Composition of Edible Oils And Fats. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 112-116.
- Labuza, T.P. and Dugan, L.R. 1971. Kinetics of lipid oxidation in foods. *Food Science and Nutrition*, 355-405.
- Laser Reuterswärd, A., Skog, K. and Jägerstad, M., 1987a. effects of creatine and creatinine content on the mutagenic activity of meat extracts, bouillons and gravies from different sources. *Food and Chemical Toxicology*, 25 (10), 747-754.
- Laser Reuterswärd, A., Skog, K. and Jägerstad, M., 1987b. Mutagenicity of pan-fried bovine tissues in relation to their content of creatine, creatinine, monosaccharides and free amino acids. *Food and Chemical Toxicology*, 25 (10), 755-762.
- Lawrie, R., 1974. *Meat science*. 2nd edition, Pergamon press, SARL, Paris, France.
- Lawrie, R., 1991. *Developments in meat science*1, Applied Sci., London, England.
- Lepper-Blilie, A.N., Berg, E.P., Buchanan, D.S., Keller, W.L., Maddock-Carlin, K.R. and Berg, P.T., 2014. Effectiveness of oxygen barrier oven bags in low temperature cooking on reduction of warmed-over flavor in beef roasts. *Meat Science*, 96(3), 1361-1364.
- Lewis, N.M., Seburg, S. and Flanagan, N.L., 2000. "Enriched Eggs as a Source of N-3 Polyunsaturated Fatty Acids for Humans", Partially Funded By The University of Nebraska Agricultural Research Division (J. Series No 12898).
- Li, X., Babol, J., Wallby, A., Lundström, K., 2013. Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef gluteus medius aged in a dry ageing bag or vacuum. *Meat Science*, 95, 229-234.

- Liao, G.Z., Wang, G.Y., Xu, X.L. and Zhou, G.H., 2010. Effect of cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and duck breast. *Meat Science*, 85, 149-154.
- Librelotto, J., Bastida, S., Serrano, A., Cofrades, S., Jiménez-Colmenero, F. and Sánchez-Muniz, F.J., 2008. Changes in fatty acids and polar material of restructured low-fat or walnut-added steaks pan-fried in olive oil. *Meat Science*, 80, 431-441.
- López-López, I., Cofrades, S., Cañeque, V., Díaz, M.T., López, O. and Jiménez-Colmenero, F., 2011. Effect of cooking on the chemical composition of low-salt, low-fat Wakame/olive oil added beef patties with special reference to fatty acid content. *Meat Science*, 89, 27-34.
- Macit, S. ve Şanlıer, N., 2014. Palm yağı ve sağlık. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 2/1, 13-20.
- Maranesi, M., Bochicchio, D., Montellato, L., Zaghini, A., Pagliuca, G. and Badiani, A., 2005. Effect of microwave cookin or broiling on selected nutrient contents, fatty acid patterns and true retention values in separable lean from lamb ribloins, with emphasis on cunjugateed linoleic acid. *Food Chemistry*, 90, 207-218.
- Masson, L., Robert, P., Izaurieta, M., Romero, N. and Ortiz, J. 1999. Fat deterioration in deep fat frying of «french fries» potatoes at restaurant and food sliop sector. *Grasas y Aceites*, 50, 460-468.
- Matsumoto, T., Yoshida, D. and Tomita, H., 1981. Determination of Mutagens, Amino-A-Carbolines in Grilled Foods And Cigarette Smoke Condensate. *Cancer Letters*, 12, 105-110.
- Mattson, F.H. and Grundy, S.M., 1985. Comparison of effects of dietary saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins in man. *Journal of Lipid Research*, 26, 194-202.
- Meinert, L., Andersen, L.T., Bredie, W.L.P., Bjerregaard, C. and Aaslyng, M.D., 2007. Chemical and sensory characterisation of pan-fried pork flavour: Interactions between raw meat quality, ageing and frying temperature. *Meat Science*, 75(2), 229-242.
- Messner, C. and Murkovic, M., 2004. Evaluation of a new model system for studying the formation of heterocyclic amines. *Journal of Chromatography B*, 802 (1), 19-26.
- Milic, B. Lj., Djilas, S. M. and Čanadanović-Brunet, J.M., 1993. Synthesis of some heterocyclic amino-imidazoazaarenes. *Food Chemistry*, 46, 273-276.
- Miranda, J.M., Martínez, B., Pérez Antón, X., Vázquez, B.I., Fente, C.A., Franco, C.M., Rodríguez, J.L. and Cepeda, A., 2010. The effects of industrial pre-frying and domestic cooking methods on the nutritional compositions and fatty acid profiles of two different frozen breaded foods. *LWT - Food Science and Technology*, 43, 1271-1276.
- Mubiru, E., Shrestha, K., Papastergiadis, A. and Meulenaer, B., 2013. Improved gas chromatography-flame ionization detector analyticalmethod for the analysis of epoxy fatty acids. *Journal of Chromatography A*, 1318, 217- 225.
- Murkovic, M., Steinberger, D. and Pfannhauser, W., 1998. Antioxidant spices reduce the formation of heterocyclic amines in fried meat. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A*, 207(6), 477-480.

- Nagao, M., Honda, M., Seino, Y., Yahagi, T. and Sugimura, T., 1977. Mutagenicities of smoked condensates and the charred surface of fish and meat. *Cancer Letters*, 2, 221–226.
- Nas, S., Gökalp, Y.H. ve Ünsal, M., 2001. Bitkisel Yağ Teknolojisi. Pamukkale Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Matbaası, 322.
- Nowell, S., Coles, B., Sinha, R., Macleod, S., Luke Ratnasinghe, D. and Stotts, C., 2002. Analysis of total meat intake and exposure to individual heterocyclic amines in a case-control study of colorectal cancer: Contribution of metabolic variation to risk. *Mutation Research*, 506-507(C), 175.
- O'Grady, M.N., Carpenter, R., Lynch, P.B., O'Brien, N.M. and Kerry, J.P., 2008. Addition of grape seed extract and bearberry to porcine diets: Influence on quality attributes of raw and cooked pork. *Meat Science*, 78(4), 438-446.
- Okur, A., 2008. Derin Yağda Kızartma İşleminin Bazı Bitkisel Sıvı Yağların Yağ Asiti Bileşimleri İle Oksidatif Stabiliteleri Üzerine Etkileri. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Onal-Ulusoy, B., Hammond, E. and White, P. 2005. Linalyl Oleate as a Frying Oil Autoxidation Inhibitor. *JAOCs*, 82, 433–438.
- Onal-Ulusoy, B., Karabulut, H. and Turan, S. 2004. Performance of some edible oils during heating in a steam pressure cooker. *Journal of Lipids*, 11, 234-241.
- Ono, K., Berry, B. W. and Paroczay, E., 1985. Contents and Retention of Nutrients in Extra Lean, Lean, and Regular Ground Beef. *Journal of Food Science*, 50, 701-706.
- Orsavova, J., Misurcova, L., Ambrozova, J.V., Vicha, R. and Mlcek, J., 2015. Fatty acids composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids. *International Journal of Molecular Sciences*, 16, 12871-1289.
- Önal, B., 2002. Kanola Yağında Derin Kızartma Sırasında Meydana Gelen Değişimler İle Eklenen α -Tokoferol ve Askorbil Palmitatın Kanola Yağının Termik Oksidasyonuna Antioksidatif Etkileri, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Övervik, E., Nilsson, L., Fredholm, L., Levin, Ö., Nord, C.-E. and Gustafsson, J.A., 1987. Mutagenicity of Pan Residues and Gravy From Fried Meat. *Mutation Research*, 187, 47–53.
- Öz, F. and Kaya, M., 2011a. The inhibitory effect of black pepper on formation of heterocyclic aromatic amines in high-fat meatball. *Food Control*, 22(3–4), 596-600.
- Öz, F. and Kaya, M., 2011b. The inhibitory effect of red pepper on heterocyclic aromatic amines in fried beef *longissimus dorsi* muscle. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(6), 806-812.
- Öz, F. and Kaya, M., 2011c. Heterocyclic aromatic amines in meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(6), 739-753.
- Öz, F. and Yuzer, M.O., 2017. The effects of different cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines in turkey meat. *Journal of Processing and Preservation*, in press.
- Öz, F. 2014. Effects of water extract of *Urtica dioica* L. on the quality of meatballs. *J. of Food Processing and Preservation*, 38, 1356-1363.

- Öz, F. and Çakmak İ.H., 2016. The effects of conjugated linoleic acid usage in meatball production on the formation of heterocyclic aromatic amines. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 1031-1037.
- Öz, F. and Zikirov, E., 2015. The effects of sous-vide cooking method on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chops. *LWT - Food Science and Technology*, 64, 120-125.
- Öz, F., 2011. Quantitation of heterocyclic aromatic amines in ready to eat meatballs by ultra fast liquid chromatography. *Food Chem*, 126(4), 2010-2016.
- Öz, F., 2017a. Et tüketimi ve sağlık ilişkisi. Yüksek Lisans Ders Notu, Atatürk Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum.
- Öz, F., 2017b. Et Teknolojisinde Pişirme Ve Yöntemleri . Yüksek Lisans Ders Notu, Atatürk Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum.
- Öz, F., and Kızıl, M., 2013. Determination of heterocyclic amines in cooked commercial frozen meat products by ultra fast liquid chromatography. *Food Analytical Methods*, 6: 1370-1378.
- Öz, F., Kaban, G., and Kaya, M., 2010. Heterocyclic aromatic amine contents of beef and lamb chops cooked by different methods to varying levels. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 9, 1436-1440.
- Öz, F., Kızıl, M., Zaman, A. and Turhan, S., 2016a. The effects of direct addition of low and medium molecular weight chitosan on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chop. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 861-867.
- Öz, F., Kızıl, M., Çakmak, I. and Aksu, M.I., 2015. The effect of direct addition of conjugated linoleic acid on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chops. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 2820–2833.
- Öz, F., Zaman, A. and Kaya, M., 2017. Effect of chitosan on the formation of heterocyclic aromatic amines and some quality properties of meatball. *Journal of Food Processing and Preservation*, in press.
- Öz, F., Kızıl, M. and Çelik, T. 2016b. Effects of different cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines in goose meat. *Journal of Processing and Preservation*, 40, 1047-1053.
- Özdemir, F., Topuz, A., Doğan, Ü. ve Karkacier, M., 1998. Fındık çeşitlerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Gıda Dergisi*, 23 (1), 37-41.
- Özdemir, M., Açıktur, F., Kaplan, M., Yıldız, M., Löker, M., Gürçan, T., Biringen, G., Okay, A. and Seyhan, F.G., 2001. Evaluation of new Turkish hybrid hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties: fatty acid composition, α -tocopherol content, mineral composition and stability. *Food Chemistry*, 73.411-415.
- Pais, P. Salmon, C.P., Knize, M.G. and Felton, J.S., 1999. Formation of Mutagenic/Carcinogenic Heterocyclic Amines in Dry-Heated Model Systems, Meats, and Meat Drippings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 1098-1108
- Parcerisa, J., Richardson, D.G., Rafecas, M., Codony, R. and Boatella, J., 1998. Fatty acid, tocopherol and sterol content of some hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.) harvested in Oregon (USA). *Journal of Chromatography A*, 805, 259–268.
- Pearson, A. M., Chen, C., Gray, J. I. and Aust, S. D., 1992. Mechanism(s) involved in meat mutagen formation and inhibition. *Free Radical Biology&Medicine*, 13,161–167.

- Peiretti, P.G., Medana, C., Visentin, S., Dal Bello, F. and Meineri, G., 2012. Effect of cooking method on carnosine and its homologues, pentosidine and thiobarbituric acid-reactive substance contents in beef and turkey meat. *Food Chemistry*, 132(1), 80-85.
- Polak, T., Andrensek, S., Zlender, B. and Gasperlin, L., 2009. Effects of ageing and low internal temperature of grilling on the formation of heterocyclic amines in beef Longissimus dorsi muscle. *LWT-Food Science and Technology*, 42, 256-264.
- Puangsoombat, K., Gadgil, P., Houser, T.A., Hunt, M.C. and Smith, J.S., 2012. Occurrence of heterocyclic amines in cooked meat products. *Meat Science*, 90(3), 739-746.
- Puignou, L., Casal, J., Santos, F. J. and Galceran, M. T., 1997. Determination of Heterocyclic Aromatic Amines by Capillary Zone Electrophoresis in a Meat Extract. *Journal of Chromatography A*, 769, 293-299.
- Raes, K., Balcaen, A., Dirinck, P., De Winne, A., Claeys, E., Demeyer, D. and De Smet, S., 2003. Meat quality, fatty acid composition and flavour analysis in Belgian retail beef. *Meat Science*, 65, 1237-1246.
- Ramírez, M.R., Morcuende, D., Estévez, M. and López, R.C., 2005. Fatty acid profiles of intramuscular fat from pork loin chops fried in different culinary fats following refrigerated storage. *Food Chemistry*, 92, 159-167.
- Ramirez, M.R., Morcuende, D., Estevez, M., Cava, R., 2004. Effects of the type of frying with culinary fat and refrigerated storage on lipid oxidation and colour of fried pork loin chops. *Food Chemistry*, 88, 85-94.
- Rao, V.K., Kowale, B.N., Babu, N.P. and Bisht, G.S., 1996. Effect of cooking and storage on lipid oxidation and development of cholesterol oxidation products in water buffalo meat. *Meat Science*, 43(2), 179-185.
- Rivera, L., Curto, M.J., Pais, P., Galceran, M.T. and Puignou, L., 1996. Solid-phase extraction for the selective isolation of polycyclic aromatic hydrocarbons, azaarenes and heterocyclic aromatic amines in charcoal-grilled meat. *Journal of Chromatography A*, 731(1-2), 85-94.
- Rodríguez-Carpena, J.G., Morcuende, D. and Estévez, M., 2007. Avocado, sunflower and olive oils as replacers of pork back-fat in burger patties: Effect on lipid composition, oxidative stability and quality traits. *Meat Science*, 90, 106-115.
- Rodriguez-Estrada, M.T., Penazzi, G., Caboni, M.F., Bertacco, G. and Lercker, G., 1997. Effect of different cooking methods on some lipid and protein components of hamburgers. *Meat Science*, 45(3), 365-375.
- Rojas, M.C. and Brewer, M.S., 2007. Effect of natural antioxidants on oxidative stability of cooked, refrigerated beef and pork. *Journal of Food Science*, 72, 282-288.
- Roldan, M., Antequera, T., Armenteros, M. and Ruiz, J., 2014. Effect of different temperature-time combinations on lipid and protein oxidation of sous-vide cooked lamb loins. *Food Chemistry*, 149, 129-136.
- Roman, O., Heyd, B., Broyart, B., Castillo, R., and Maillard, M. (2013). Oxidative reactivity of unsaturated fatty acids from sunflower, high oleic sunflower and rapeseed oils subjected to heat treatment, under controlled conditions. *LWT - Food Science Technology*, 52, 49-59.

- Rossi, M., Alamprese, C. and Ratti, S., 2007. Tocopherols and tocotrienols as free radical-scavengers in refined vegetable oils and their stability during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 102, 812–817.
- Saghir, S., Wagner, K.H. and Elmadfa, I., 2005. Lipid oxidation of beef Wilets during braising with different cooking oils. *Meat Science*, 71, 440–445.
- Saldamlı, İ., 2014. Gıda Kimyası, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 4. Baskı, Ankara.
- Sánchez del Pulgar, J., Gázquez, A. and Ruiz-Carrascal, J., 2012. Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *Meat Science*, 90(3), 828–835.
- Sánchez, P.L.B., Camacho, M.L. and Aparicio, R., 2003. A comprehensive study of hazelnut oil composition with comparisons to other vegetable oils, particularly olive oil. *European Food Research and Technology*, 218, 13–19.
- Sarikaya, İ., 2010. Ayçiçek, Mısır Ve Kanola Yağlarının Kızartma Dayanıklılıklarının Karşılaştırılması. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizikokimya Anabilim Dalı, Edirne.
- Satchithanandam, S., Fritsche, J., and Rader, J.I., 2001. Extension of AOAC Official Method 996.01 to the analysis of Standard Reference Material (SRM) 1846 and infant formulas. *Journal of AOAC International*, 84, 805–813.
- Scheeder, M. R. L., Casutt, M. M, Roulin, M., Escher, F., Dufey, P.-A., Kreuzer, M., 2001. Fatty Acid Composition, Cooking Loss and Texture of Beef Patties From Meat of Bulls Fed Different Fats. *Meat Science*, 58, 321–328.
- Serdaroğlu, M. and Değirmencioğlu, Ö., 2004. Effects of fat level (5, 10, 20%) and corn flour (0, 2, 4%) on some properties of Turkish type meatballs (koefte). *Meat Science*. Basımda.
- Serdaroğlu, M., 2006. Improving low fat meatball characteristics by adding whey powder. *Meat Science*, 72, 155–163
- Serrano, A., Librelotto, J., Cofrades, S., Sánchez-Muniz, F.J. and Jiménez-Colmenero, F., 2007. Composition and physicochemical characteristics of restructured beef steaks containing walnuts as affected by cooking method. *Meat Science*, 77(3), 304–313.
- Shadidi, F. and Zhong, Y., 2005. Lipid oxidation: measurement methods. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, Sixth Edition, Six Volume Set. 357–384.
- Shadidi, F. and Zhong, Y., 2010. Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews*, 39, 4067–4079.
- Shin, H-S., Strasburg, G. M. and Gray, J. I., 2002. A Model System Study of the Inhibition of Heterocyclic Aromatic Amine Formation by Organosulfur Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 7684–7690.
- Sinha, R., Rothman, N., Brown, E. D., Salmon, C. P., Knize, M. G., Swanson, C. A., 1995. High concentrations of the carcinogen 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo-[4,5-b]pyridine (PhIP) occur in chicken but are dependent on the cooking method. *Cancer Research*, 55, 4516–4519.
- Sinha, R., Rothman, N., Salmon, C.P., Knize, M.G., Brown, E.D., Swanson, C.A., Rhodes, D., Rossi, S., Felton, J.S. and Levander, O.A., 1998. Heterocyclic amine content in beef cooked by different methods to varying degrees of doneness and gravy made from meat drippings. *Food and Chemical Toxicology*, 36(4), 279–287.

- Skog, K. and Solyakov, A., 2002. Heterocyclic Amines in Poultry Products: A Literature Review. *Food and Chemical Toxicology*, 40, 1213-1221.
- Skog, K., 2002. Problems associated with the determination of heterocyclic amines in cooked foods and human exposure. *Food and Chemical Toxicology* 40, 1197–1203.
- Skog, K., 2004. Blue Cotton, Blue Rayon and Blue Chitin in the Analysis of Heterocyclic Aromatic Amines- A Review. *Journal of Chromatography B*, 802, 39–44.
- Skog, K., Johansson, M. and Jägerstad, M., 1995. Factors affecting the formation and yield of heterocyclic amines. proceedings of the 23rd International symposium of the princess Takamatsu cancer research fund, heterocyclic amines in cooked foods: Possible Human Carcinogens, 9–19, USA.
- Skog, K., Solyakov, A. and Jägerstad, M., 2000. Effects of Heating Conditions and Additives on the Formation of Heterocyclic Amines with Reference to Aminocarbolines in a Meat Juice Model System. *Food Chemistry*, 68, 299-308.
- Skog, K.I., Johansson, M.A.E. and Jägerstad, M.I., 1998. Carcinogenic heterocyclic amines in model systems and cooked foods: A Review on formation, occurrence and intake *Food and Chemical Toxicology*, 36(9–10), 879-896.
- Solyakov, A. and Skog, K., 2002. Screening for heterocyclic amines in chicken cooked in various ways. *Food and Chemical Toxicology*, 40(8), 1205-1211.
- Solyakov, A., Skog, K. and Jägerstad, M., 1999. Heterocyclic Amines in Process Flavours, Process Flavour Ingredients, Bouillon Concentrates and a Pan Residue. *Food and Chemical Toxicology*, 37, 1-11.
- Soyutemiz, G.E., 2000. Bursa’da satışa sunulan beş farklı grup hazır köftenin kimyasal bileşimi ve pH değerlerini saptanması. *Gıda Derigisi*, 25(1), 49-43.
- Stavric, B. 1994. Biological significance of trace levels of mutagenic heterocyclic aromatic amines in human diet: A critical review. *Food and Chemical Toxicology*, 32, 977–994.
- Stevenson, S.G., Vaisey-Genser, M. and Eskin, N.A.M., 1984. Quality control in the use of deep fryign oils. *JAOCs*, 61, 1102-1108.
- Sugimura, T. and Adamson, R. H., 2000. Introduction. Baffins Lane, Chichester, West Sussex, 373, England.
- Sugimura, T., 1997. Overview of Carcinogenic Heterocyclic Amines. *Mutation Research*, 376, 211–219.
- Sugimura, T., 2002. *Food and Cancer. Toxicology*, 181–182, 17–21.
- Sun, Da-Wen, 2009. *Advances in Deep-Fat Frying of Foods, Contemporary Food Engineering*.
- Takeoka, G.R., Full, G.H. and Dao, L.T., 1997. Effect of Heating on the Characteristics and Chemical Composition of Selected Frying Oils and Fats. *J Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 3244-3249.
- Toribio, F., Busquets, R., Puignou, L. and Galceran, M.T., 2007. Heterocyclic amines in griddled beef steak analysed using a single extract clean-up procedure. *Food and Chemical Toxicology*, 45(4), 667-675.
- Toribio, F., Moyano, E., Puignou, L. and Galceran, M. T., 2002. Ion-Trap Tandem Mass Spectrometry for the Determination of Heterocyclic Amines in Food. *Journal of Chromatography A*, 948. 267–281.

- Turesky, R. J., Forster, C. M., Aeschbacher, H. U., Würzner, H. P., Skipper, P. L., Trudel, L. J. and Tannenbaum, S. R., 1989. Purification of the Food-borne Carcinogens 2-Amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline and 2-Amino-3,8-dimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline in Heated Meat Products by Immunoaffinity Chromatography. *Carcinogenesis*, 10 (1), 151–156.
- Turesky, R. J., Taylor, J., Schnackenberg, L., Freeman, J. P. and Holland, R. D., 2005. Quantitation of carcinogenic heterocyclic aromatic amines and detection of novel heterocyclic aromatic amines in cooked meats and grill scrapings by HPLC/ESI-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 3248-3258.
- Turesky, R.J., Bur, H., Huynh-Ba, T., Aeschbacher, H.U. and Milon, H., 1988. Analysis of mutagenic heterocyclic amines in cooked beef products by high-performance liquid chromatography in combination with mass spectrometry. *Food and Chemical Toxicology*, 26(6), 501-509.
- Tyagi, V.K. and Vasishta, A.K., 1996. Changes in the characteristics and composition of oils during deep-fat frying. *JAOCS*, 73, 499-506.
- Ünsal, M., Gökalp, H.Y. ve Nas, S., 1992. Yemeklik yağlarda oksidasyon, önemi ve kimyasal mekanizması. 50-55.
- Viegas O., Novo P. and Pinto O., 2012. Ferreira I.M.P.L.V.O., Effect of charcoal types and grilling conditions on formation of heterocyclic aromatic amines (has) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in grilled muscle foods, *Food and Chemical Toxicology*, 50(6), 2128-2134.
- Vitaglione, P. and Fogliano, V., 2004. Use of antioxidants to minimize the human health risk associated to mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in food. *Journal of Chromatography B*, 802, 189–199.
- Wakabayashi, K., Ushiyama, H., Takahashi, M., Nukaya, H., Kim, S.B., Hirose, M., Ochiai, M., Sugimura, T. and Nagao, M., 1993. Exposure to heterocyclic amines. *Environ Health Perspect*, 99, 129-134.
- Warzecha, L., Janoszka, B., Błaszczuk, U., Stróżyk, M., Bodzek, D. and Dobosz, C., 2004. Determination of heterocyclic aromatic amines (HAs) content in samples of household-prepared meat dishes. *Journal of Chromatography B*, 802(1), 95-106.
- Weber, J., Bochi, V.C., Ribeiro, C.P., Victório, A.D.M., Emanuelli, T., 2008. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. *Food Chemistry*, 106 (1), 140-146.
- Weebb, E.C. and O'Neill, H.A., 2008. The animal fat paradox and meat quality. *Meat Science*, 80, 28-36.
- Wong, K.-Y., Su, J., Knize, M.G., Koh, W.-P. and Seow, A., 2005. Dietary exposure to heterocyclic amines in a chinese population. *Nutrition and Cancer*, 52(2), 147-155.
- Wood, J.D., Nute, G.R., Richardson, R.I., Whittington, F.M., Southwood, O., Plastow, G., Mansbridge, R., Da Costa, N. and Chang, K.C., 2004. Effects of Breed, Diet and Muscle on Fat Deposition and Eating Quality in Pigs. *Meat Science*, 67, 651-667.
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Camp, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R. and Enser, M., 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66, 21-32.

- World Cancer Research Fund, 2011. <http://www.aicr.org/continuous-update-project/reports/Colorectal-Cancer-2011-Report.pdf>.
- World Health Organization (WHO), 2002. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases : report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. 916.
- World Health Organization (WHO), 2003. Population Nutrient Intake Goals For Preventing Diet-Related Chronic Diseases. Geneva, 916, 54-132.
- Yamaizumi, Z., Kasai, H., Nishimura, S., Edmonds, C.G. and McCloskey, J.A., 1986. Stable isotope dilution quantification of mutagens in cooked foods by combined liquid chromatography-thermospray mass spectrometry. *Mutation Research*, 173(1), 1-7.
- Yamsaengsung, R. and Moreira, R.G., 2002. Modeling the transport phenomena and structural changes during deep fat frying. Part II: model solution and validation. *Journal of Food Engineering*, 53: 11-25.
- Yıldız, N., ve Bircan, H., 1991. Uygulamalı istatistik. Atatürk Üniversitesi Yay., No: 704-308- 60.
- Yılmaz, I. and Dağlıoğlu, O., 2003 The effect of replacing fat with oat bran on fatty acid composition and physicochemical properties of meatballs. *Meat Science* 65, 819–823.
- Yiğit, V. ve Duran, T., 1997. Toplu Beslenme Sistemleri, Ekin Yayıncılık, İstanbul.
- Yoshida, H., Hirakawa, Y., Tomiyama, Y., Nagamizu, T., Mizushima, Y., 2005. Fatty acid distributions of triacylglycerols and phospholipids in peanut seeds (*Arachis hypogaea* L.) following microwave treatment. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18, 3–14.
- Zaman, A., 2014. Köfte üretiminde kitosan kullanımının heterosiklik aromatik amin oluşumu üzerine etkisinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Zambiasi, R.C., Przybylski, R., Zambiasi, M.W. and Mendonça, C.B., 2007. Fatty Acid Composition of Vegetable Oils and Fats. *B. CEPPA Curitiba*, 25, 111–120.
- Zamora, R. And Hidalgo, F.J., 2015. 2-Amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]-pyridine (PhIP) formation and fate: an example of the coordinate contribution of lipid oxidation and Maillard reaction to the production and elimination of processing-related food toxicants. *The Royal Society of Chemistry*, 5, 9709-9721.
- Zöchling, S. and Murkovic, M., 2002. formation of the heterocyclic aromatic amine phip: identification of precursors and intermediates. *Food Chemistry*, 79, 125-134.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Elif EKİZ

Doğum Tarihi: 28.02.1991

Doğum Yeri: Tokat

Eğitim:

Lisans 2010-2014 :Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum

Yüksek Lisans 2015- : Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum