



**KÖFTE ÜRETİMİNDE FARKLI ORANLARDA
FESLEĞEN KULLANIMININ HETEROSİKLİK
AROMATİK AMİN OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ**

İdil UZUN

**Yüksek Lisans Tezi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Prof. Dr. Fatih ÖZ
2019
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KÖFTE ÜRETİMİNDE FARKLI ORANLARDA FESLEĞEN
KULLANIMININ HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU
ÜZERİNE ETKİSİ**

İdil UZUN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2019**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**KÖFTE ÜRETİMİNDE FARKLI ORANLARDA FESLEĞEN KULLANIMININ
HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ**

Prof. Dr. Fatih ÖZ danışmanlığında, İdil UZUN tarafından hazırlanan bu çalışma, 04/02/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı 'nda Yüksek Lisans Tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (3./0.)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Serkan SELLİ

İmza :

Üye : Prof. Dr. Fatih ÖZ

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKKÖSE

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu **07/02/2019** tarih ve **06/33** nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma BAP, projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: FYL-2018-6657

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

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KÖFTE ÜRETİMİNDE FARKLI ORANLARDA FESLEĞEN KULLANIMININ HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ

İdil UZUN

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fatih ÖZ

Araştırmada köfte üretiminde farklı oranlarda (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) fesleğen kullanımının çeşitli kalite kriterleri ile heterosiklik aromatik amin (HAA) oluşumu üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, ısıtma işlemi uygulanmamış köfte örneklerinde su, pH ve lipid oksidasyon analizleri yapılırken, ısıtıcı plaka kullanılarak farklı sıcaklıklarda (150°C, 200°C ve 250°C) pişirilen köfte örneklerinde bu analizlere ek olarak pişirme kaybı ve HAA analizleri de yapılmıştır.

Araştırma sonucunda köfte üretiminde kullanılan fesleğen ile referans olarak seçilen gallik asidin DPPH serbest radikal giderme aktivitelerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadıkları tespit edilmiştir. Köfte üretiminde farklı oranlarda fesleğen kullanımının köftelerin su ve pH değeri üzerine önemli bir etkiye sahip olmadığı ($p>0,05$) buna karşın pişirme kaybı üzerine önemli ($p<0,05$) ve TBARS değeri üzerine ise çok önemli ($p<0,01$) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Pişirme işlemi köftelerin su, pH ve TBARS değerleri üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkiye sahipken, pişirme sıcaklığı ise su, pH ve pişirme kaybı üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkiye sahiptir. Köfte üretiminde fesleğen kullanımı TBARS değerini önemli düzeyde azaltmıştır. Pişirme işlemi beklenildiği gibi köftelerin su içeriklerinde azalmaya, pH ve TBARS değerlerinde ise artışa sebep olmuştur. Öte yandan, pişirme sıcaklığı arttıkça köftelerin pişirme kayıpları da artmıştır. Analizi yapılan köftelerde IQx, IQ, AαC ve MeAαC bileşikler tespit edilemezken, MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx ve PhIP ise farklı miktarlarda tespit edilmiştir. Toplam HAA içeriğinin $nd - 1,61$ ng/g arasında değiştiği ve pişirme sıcaklığı arttıkça %1 fesleğen ilaveli köfteler hariç toplam HAA içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Köfte üretiminde fesleğen kullanımının HAA oluşumu üzerine azaltıcı veya artırıcı etkisinin kullanım oranı ve pişirme sıcaklığına bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

2019, 62 sayfa

Anahtar Kelimeler: Köfte, fesleğen, pişirme, heterosiklik aromatik amin, TBARS

ABSTRACT

MS Thesis

THE EFFECT OF BASIL USE AT DIFFERENT RATES IN MEATBALL PRODUCTION ON HETEROCYCLIC AROMATIC AMINE FORMATION

İdil UZUN

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

Supervisor: Prof. Dr. Fatih ÖZ

In the present study, the effect of the use of basil at different rates (0,25, 0,5, 0,75 and 1%, w/w) in meatball production on various quality criteria and heterocyclic aromatic amine (HAA) formation were investigated. For this aim, while water, pH and lipid oxidation analyses in raw meatball samples were done, in addition to these analyses, cooking loss and HAA analyses in cooked meatball samples at different cooking temperatures (150°C, 200°C and 250°C) by a hot plate were done.

As a result, it was determined that DPPH free radical scavenging activities of gallic acid used as a reference and basil used in meatball production were not different from each other in statistical. The use of basil at different rates in meatball production had no any significant effect ($p>0,05$) on water and pH value of meatball, whereas it had a significant effect ($p<0,05$) on cooking loss and very significant effect ($p<0,01$) on TBARS value. Cooking had a very significant effect ($p<0,01$) on water, pH and TBARS value of meatball, whereas cooking temperature had a very significant effect ($p<0,01$) on water, pH and cooking loss. The use of basil in meatball production caused significantly reduction in TBARS value. Cooking, as expected, reduced water content of meatball and increased pH and TBARS values. In addition, the increase in cooking temperature increased cooking loss value. IQx, IQ, AαC and MeAαC compounds were not be determined, whereas various amounts of MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx and PhIP were determined. It was found that total HAA contents varied between nd – 1,61 ng/g and increasing of cooking temperature increased total HAA content, except for meatball with 1% basil. The reducing or enhancing effect of the use of basil in meatball production on the formation of HAA varied depending on the usage rate and cooking temperature.

2019, 62 pages

Keyword: Meatball, sweet basil, cooking, heterocyclic aromatic amine, TBARS

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğretimim boyunca benden manevi, insani ve bilimsel yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen ve yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmanın planlanması ile yürütülmesinde en büyük katkı sahibi olan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Fatih ÖZ'e teşekkürü bir borç bilirim.

Araştırmamın yürütülmesinde desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Sayın Arş. Gör. Dr. Emel ÖZ'e ayrıca laboratuvar çalışmalarım boyunca yanımda olan ve yardımlarıyla bana destek olan ekip arkadaşlarım Elif EKİZ'e, Ahmet KORKMAZ'a, Meryem NURAY'a, Zeynep ELBİR'e ve Adem SAVAŞ'a teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde büyük sevgi ve özveriyle beni daima destekleyen annem Döndü UZUN'a babam Kani UZUN'a ve kardeşim Ezgi UZUN'a sonsuz teşekkürlerimi sunar ve tezimi onlara ithaf etmekten gurur duyarım.

Ayrıca araştırmamı destekleyen Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi'ne (FYL-2018-6657) teşekkür ederim.

İdil UZUN

Ocak, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	7
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	12
3.1. Materyal.....	12
3.1.1. Hammadde.....	12
3.1.2. Kimyasallar	12
3.2. Yöntem	13
3.2.1. Köfte hamurunun hazırlanması	13
3.2.2. Pişirme şartları.....	13
3.2.3. Su analizi	13
3.2.4. pH analizi	14
3.2.5. Tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri (TBARS) analizi	14
3.2.6. Pişirme kaybı analizi	14
3.2.7. Serbest radikal giderim aktivitesi (DPPH) analizi	14
3.2.8. Heterosiklik aromatik amin (HAA) analizi	15
3.2.9. HPLC koşulları.....	16
3.2.10. İstatistiksel analiz	16
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	17
4.1. Köfte Yapımında Hammadde Olarak Kullanılan Et, Et Yağı ve Isıl İşlem Görmemiş Köftelerin Çeşitli Analiz Sonuçları.....	17
4.2. Fesleğenin Serbest Radikal Giderme Aktivitesi.....	18
4.3. Köftelerin Su İçeriği Sonuçları.....	19
4.4. Köftelerin pH Sonuçları	23

4.5. Köftelerin TBARS Sonuçları	27
4.6. Köftelerin Pişirme Kaybı Sonuçları	33
4.7. Köftelerin Heterosiklik Aromatik Amin İçeriği Sonuçları.....	36
4.7.1. Geri kazanımlar	36
4.7.2. HAA içerikleri	36
4.7.3. Örneklerin IQx içerikleri	38
4.7.4. Örneklerin IQ içerikleri	39
4.7.5. Örneklerin MeIQx içerikleri.....	40
4.7.6. Örneklerin MeIQ içerikleri.....	41
4.7.7. Örneklerin 7,8-DiMeIQx içerikleri	43
4.7.8. Örneklerin 4,8-DiMeIQx içerikleri	44
4.7.9. Örneklerin PhIP içerikleri	45
4.7.10. Örneklerin AαC içerikleri.....	47
4.7.11. Örneklerin MeAαC içerikleri	47
4.7.12. Örneklerin toplam heterosiklik aromatik amin içeriği	48
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR	54
ÖZGEÇMİŞ	63

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

°C	Santigrat Derece
A α C	2-amino-9H-pirido[2,3-b]indol
cm	Santimetre
dk	Dakika
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
g	Gram
HAA	Heterosiklik Aromatik Amin
HPLC	Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi
IARC	Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi
IQ	2-amino-3-metilimidazo[4,5-f]kinolin
IQx	2-amino-3-metilimidazo[4,5-f]kinokzalin
kg	Kilogram
LOD	Algılama sınırı
LOQ	Kantitatif ölçme sınırı
M	Molarite
MDA	Malondialdehit
MeA α C	2-amino-3-metil-9H-pirido[2,3-b]indol
MeIQ	2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5-f]kinolin
MeIQx	2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5-f]kinokzalin
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
nd	Tespit edilemedi (<LOD)
ng	Nanogram
nm	Nanometre
nq	Miktar belirlenemedi (LOD<...<LOQ)
pH	Hidrojen Gücü
PhIP	2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5-b]piridin
SD	Standart Sapma

TBARS	Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeleri
w/w	Ağırlıkça
$\bar{x}$	Ortalama
%	Yüzde
μg	Mikrogram
μl	Mikrolitre
μm	Mikrometre
4,7,8-TriMeIQx	2-amino-3,4,7,8-trimetilimidazo[4,5-f]kinokzalin
4,8-DiMeIQx	2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5-f]kinokzalin
7,8-DiMeIQx	2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5-f]kinokzalin

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksyonunun köftelerin su içerikleri üzerine olan etkisi	23
Şekil 4.2. Fesleğen oranı x pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksyonunun köftelerin pH değeri üzerine olan etkisi	27
Şekil 4.3. Fesleğen oranı x pişirme işlemi interaksyonunun köftelerin TBARS değerleri üzerine olan etkisi	32
Şekil 4.4. Köfte örneklerinin fesleğen oranına bağlı toplam HAA içerikleri	49
Şekil 4.5. Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığına bağlı toplam HAA içerikleri	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Köfte yapımında hammadde olarak kullanılan et, et yağı ile ısıtıl işlem görmemiş (%15 yağlı) köftelere ait su, pH ve TBARS analizi sonuçları..	17
Çizelge 4.2. Gallik asit ve köfte üretiminde kullanılan fesleğenin DPPH serbest radikal giderme aktiviteleri	19
Çizelge 4.3. Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıtıl işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin su içerikleri ...	19
Çizelge 4.4. Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıtıl işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin su içeriklerine ait varyans analiz sonuçları.....	20
Çizelge 4.5. Köfte üretiminde farklı oranlarda fesleğen kullanımının köftelerin su içerikleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	21
Çizelge 4.6. Pişirme işleminin köftelerin su içerikleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	22
Çizelge 4.7. Pişirme sıcaklığının köftelerin su içerikleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	22
Çizelge 4.8. Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıtıl işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pH değerleri ..	24
Çizelge 4.9. Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıtıl işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	24
Çizelge 4.10. Köfte üretiminde farklı oranlarda fesleğen kullanımının köftelerin pH değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	25
Çizelge 4.11. Pişirme işleminin köftelerin pH değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	26
Çizelge 4.12. Pişirme sıcaklığının köftelerin pH değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	26

Çizelge 4.13. Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıt işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin TBARS değerleri	28
Çizelge 4.14. Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıt işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	29
Çizelge 4.15. Köfte üretiminde farklı oranlarda fesleğen kullanımının köftelerin TBARS değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	30
Çizelge 4.16. Pişirme işleminin köftelerin TBARS değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	31
Çizelge 4.17. Pişirme sıcaklığının köftelerin TBARS değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	32
Çizelge 4.18. Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pişirme kaybı değerleri	33
Çizelge 4.19. Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pişirme kaybı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	34
Çizelge 4.20. Köfte üretiminde farklı oranlarda fesleğen kullanımının köftelerin ham pişirme kaybı değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	35
Çizelge 4.21. Pişirme sıcaklığının köftelerin pişirme kaybı değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	35
Çizelge 4.22. Köftelerin heterosiklik aromatik amin miktarları (ng/g)	37

1. GİRİŞ

Beslenme, karın doyurmak ya da açlık duygusunu bastırmak değil, sağlığı korumak ve yaşam kalitesini yükseltmek nedeniyle vücudun gereksinimi olan besin öğelerini yeterli miktarlarda ve dengeli bir şekilde almak için bilinçli yapılması gereken bir eylemdir (Anonim 2015).

Gıdalarımız esansiyel iz elementler ve vitaminleri sağlayan mikro bileşikler ile enerji sağlayan makro bileşiklerin kompleks bir karışımıdır. Ayrıca antioksidanlar ve lifsi maddeler de gıda maddelerinde bulunan ve insan beslenmesini düzenlemede önemli role sahip olan bileşiklerdir. Fakat bununla beraber gıdalarımız istenmeyen kimyasal maddeler, mikrobiyal kontaminantlar ve çeşitli toksinler gibi birçok zararlı bileşenleri de içerebilmektedir. Bu sebeplerden dolayı, bazı hastalıkların oluşumunun önlenmesinde veya tedavisinde önemli bir rol oynayan gıda maddeleri, bazı hastalıkların ortaya çıkmasından da sorumlu tutulmaktadır (Öz ve Kaya 2007).

Et, insan diyetinin vazgeçilmez bir parçasıdır. Beslenmede et tüketiminin önemi protein miktar, kalite ve sindirilebilirliğinin yüksek olması ve yağ içeriğinden kaynaklanmaktadır (Öz 2018). Ayrıca et; çinko ve demir gibi mineraller ile B grubu vitaminlerinin ana kaynağıdır. İlaveten et bünyesinde biyoaktif bileşenler olarak tanımlanan konjuge linoleik asit ve dipeptitleri de içermektedir. Buna karşın, et ürünleri üretiminde kullanılan bazı katkı maddeleri, üretim prosedürlerindeki çeşitli hatalar, pişirilmesi neticesinde oluşan çeşitli bileşikler, hormonlar, kolesterol ve doymuş yağ asidi içeriği vb. gibi faktörler işlenmiş et ürünlerinin çeşitli sağlık problemlerine neden olabileceğini göstermektedir (Young *et al.* 2013; Öz 2018).

Et ve et ürünleri genellikle tüketimlerinden hemen önce ısıl işleme tabi tutulmaktadır. Etin pişirilmesi, lezzetli ve güvenli bir ürün elde etmek için gereklidir (Tornberg 2005; Öz and Zikirov 2015). Ancak uygulanan ısıl işlem nedeniyle, vitamin ile mineral kayıpları, lipid oksidasyonuna bağlı olarak yağ asidi kompozisyonunda değişiklikler,

besin değeriinde azalma gibi istenmeyen değışiklikler meydana gelmekte (Rodriguez-Estrada *et al.* 1997; Gerber *et al.* 2009) ve ayrıca ette çeşitli karsinojen bileşikler oluşabilmektedir (Soladoye *et al.* 2017). Proteince zengin gıdaların pişirilmesi sonucu mutajenik maddelerin oluşabileceğı ilk olarak 1970’lerde Japonya’da bildirilmiştir (Tikkanen *et al.* 1993). Bu bileşikler arasında heterosiklik aromatik amin (HAA)’ler önemli bir yer almaktadır (Öz ve Kaya 2006).

HAA’lar, genellikle 150°C’nin üzerindeki sıcaklıklarda pişirilen et ve balık ürünlerinde oluşan mutajenik ve/veya karsinojenik bileşiklerdir (Knize *et al.* 1997; Chen and Meng 1999; Balogh *et al.* 2000; Öz 2010; Öz and Kaya 2011). Günümüze kadar, 25’den fazla HAA gıdalardan izole ve identifiye edilmiş (Öz ve Kaya 2006; Alaejos *et al.* 2008; Öz *et al.* 2015a) ve güçlü mutajenler olarak tanımlanmıştır (Alaejos and Afonso 2011). Uluslararası Kanseri Araştırma Merkezi (IARC), çeşitli HAA’ları muhtemel ve mümkün insan karsinojenleri olarak sınıflandırmıştır (IARC 1993).

Gıdalarda oluşan HAA tipi ve oluşum miktarları; et tipi, pişirme prosedürleri, pH, su aktivitesi, karbonhidratlar, serbest aminoasitler, kreatin (Reistad *et al.* 1997; Pais *et al.* 1999), ısı ve kütle transferi, lipitler, lipit oksidasyonu, antioksidanlar gibi birçok faktöre bağlıdır (Felton *et al.* 1997; Jägerstad *et al.* 1998; Öz ve Kaya 2006; Öz 2011).

Bu bileşiklerin oluşumlarının ağırlıklı olarak sıcaklığa bağlı olması nedeniyle HAA’lar 2 grupta sınıflandırılmaktadır. Genellikle 100°C ile 300°C arasındaki sıcaklıklarda oluşan HAA’lar “termik HAA”, IQ-tipi HAA’lar veya aminoimidazoazarenler olarak bilinirken, 300°C’nin üzerindeki sıcaklıklarda oluşan HAA’lar ise “pirolitik HAA”, IQ-tipi olmayan HAA’lar veya aminokarbolinler olarak bilinmektedir (Skog and Solyakov 2002; Öz ve Kaya 2006; Alaejos and Afonso 2011).

HAA oluşumunda Maillard reaksiyonu ve serbest radikaller önemli rol oynamaktadır. Aminoimidazoazoarenler, memelilerin kas dokusunda doğal olarak bulunan kreatin / kreatinin, serbest amino asitler ve indirgen şekerlerin bir reaksiyonu sonucu

oluşmaktadır (Jägerstad *et al.* 1983; Skog 1993; Öz ve Kaya 2006; Haskaraca *et al.* 2014; Tengilimoğlu-Metin *et al.* 2017). Aminokarbolinler ise, amino asitlerin ve proteinlerin pirolizi sonucu oluşmaktadır (Skog and Solyakov 2002).

Lipit oksidasyonu gıdaların depolanması ve işlenmesi sırasında bozulmanın başlıca nedenlerinden birisidir. Çünkü tat ve lezzet kusurları oluşturmalarının yanı sıra renk, reolojik özellikler ve çözünürlük değişikliklerine ve potansiyel toksik bileşiklerin oluşumuna da neden olabilmektedir (Juntachote *et al.* 2006).

HAA'lara maruz kalma, birçok farklı kanser türleriyle ilişkilendirilmektedir. Bu nedenle, gıda işleme prosedürleri sırasında HAA oluşumunun engellenmesi oldukça fazla ilgi görmektedir. Serbest radikallerin HAA oluşum mekanizmasında yer almasından dolayı antioksidanlar, HAA oluşum mekanizmasının en umut verici ve etkili inhibitörleri olarak düşünülmektedir. Özellikle et işleme aşamasında yaygın olarak kullanılan baharatlar önemli bir antioksidan kaynağıdır (Zeng *et al.* 2017a).

Antioksidanlar, düşük konsantrasyonlarda, et ürünlerindeki lipitler ve proteinler gibi kolayca oksidasyona uğrayabilen biyomoleküllerin oksidasyonunu geciktiren, böylece oksidasyonun neden olduğu bozulmaya karşı gıdayı koruyarak raf ömrünü uzatan maddelerdir (Karre *et al.* 2013). Özellikle sentetik antioksidanların olası karsinogen aktiviteleri nedeniyle son yıllarda doğal maddelerin antioksidan aktivitesine çok daha fazla ilgi duyulmaktadır (Jayasinghe *et al.* 2003).

Yapılan birçok çalışmada doğal (flavonoidler, vitamin E ve C) ve sentetik (bütillendirilmiş hidroksi toluen, BHT; bütillendirilmiş hidroksi anisol, BHA vb.) antioksidanlar ile ayrıca bazı gıda bileşenlerinin (kiraz, çaydaki fenolik bileşikler, zeytinyağı, baharatlar) HAA oluşumundaki etkileri araştırılmıştır (Britt *et al.* 1998; Ahn and Grün 2005; Cheng *et al.* 2009; Liao *et al.* 2009; Zeng *et al.* 2016; Öz and Çakmak 2016).

Latince ismi *Ocimum basilicum* L. olan fesleğen, ekonomik açıdan önemli bir bitkidir. Sentezlenen esansiyel yağları sadece yiyecek ve içecek endüstrisinde aroma maddesi olarak kullanılmayıp ilaç ve endüstriyel ürünlerde koku, aynı zamanda mantar ile böcek ilacı olarak da kullanılmaktadır (Copetta *et al.* 2006).

Fesleğen, *Lamiaceae* familyasına ait parlak yeşil renkli yaprakları olan ve 90 cm yüksekliğe ulaşabilen, hoş kokusu ve tadı nedeniyle mutfaklarda sıklıkla kullanılan aromatik bir bitkidir. Asya, Afrika, Orta ve Güney Amerika'ya özgü bir bitki olmasına rağmen, birçok ülkede özellikle Akdeniz bölgesinde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Yoğun aroması nedeniyle “bitkilerin kralı” olarak da adlandırılan ve sahip olduğu fenolik ve aromatik bileşiklerinden dolayı antioksidan ve antimikrobiyal aktivite gösteren (Lee and Scagel 2009) fesleğenin, güçlü antioksidan kapasitesine katkıda bulunan başlıca fenolik asitler; rosmarinik, kafeik, kaferik ve kikirik asitlerdir (Filip 2017). Aruna and Sivaramakrishnan (1992), fareler üzerinde yaptıkları bir çalışmada, fesleğen yapraklarının antikarsinojen etkisinden ilk kez bahsetmişlerdir.

Fenolik bileşikler, bitkilerde yaygın olarak bulunan bir grup sekonder metabolitlerdir. Yapılan bazı *in vitro* çalışmalar, fenolik bileşiklerin antioksidan, antikarsinojen, anti-enflamatuar, antidiyabetik veya gastroprotektif potansiyel gibi birçok biyolojik aktiviteye sahip olduğunu göstermektedir (Złotek *et al.* 2017). Epidemiyolojik çalışmalar, fenolik maddelerce zengin bir diyetin, dejeneratif ve kardiyovasküler hastalıkların yanı sıra şeker hastalığı ve kanser riskini de sürekli olarak azalttığını göstermektedir (Gonzalez *et al.* 2013).

HAA’ların prekürsörleri gıda bileşenleridir ve oluşan HAA’ların yok edilmesi oldukça zordur. Bu sebeple gıdalardaki oluşum miktarını azaltmak için oluşum yollarında güçlü inhibitörler bulmak önemlidir. Diyet bitkilerinden olası inhibitörlerin tanımlanması ve günlük olarak mutfakta kolay bir şekilde kullanılabilmeleri etkili stratejilerden biri olarak göze çarpmaktadır. Meyve özleri, baharatlar ve uçucu bitki yağları da dâhil olmak üzere bitki ekstraktları, antioksidan ve anti-tümör etkileri olan sağlığı geliştirici gıdalar olarak kabul edilmektedir. Ayrıca diyet fenolik bileşiklerin, etkili bir şekilde

HAA oluşumunu önleme kabiliyetine sahip oldukları da bildirilmiştir. Bu nedenle bitki ekstraktları HAA oluşumunun güçlü inhibitörleri olarak tanımlanmaktadır (Zhu *et al.* 2016).

Ülkemizde coğrafi etiketli ürünler arasında birçok köfte çeşidi bulunmaktadır. Neredeyse her coğrafi bölgemize ait hatta il, ilçe ve belde bazında bile değişim göstermiş birçok köfte çeşidi mevcuttur. Bu çeşitlilik, Anadolu toprakları üzerindeki kültür çeşitliliğini de yansıtmaktadır. Ayrıca günümüzde çalışan kadın sayısının artması, artan iş temposu ve bununla beraber artan ve değişen mesai saatleri nedeniyle insanların yemek yemeye ayırdığı süre giderek kısalmaktadır. Bu sebeplerden dolayı son yıllarda fast-food sektöründe önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Hazırlanması ve pişirilmesi kolay ve hızlı olan köfte de bu sektörün vazgeçilmez ürünleri arasında yer almaktadır. Hatta marketlerde farklı markalara ait pişirilmeye hazır ve/veya pişirilmiş pek çok dondurulmuş köfte çeşidi bulmak mümkündür.

Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği'ne göre (tebliğ no: 2012/74) köfte, “kıyılmış büyükbaş ve küçükbaş hayvanların biri veya birkaçının etlerinin karışımına, arzu edilirse aynı tür hayvanların yağları, lezzet vericiler ile diğer gıda bileşenlerinden biri veya birkaçı ilave edilerek hazırlanan pişirilmeye hazır kırmızı et karışımı” olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2012).

Literatürde köfte üretiminde farklı baharat ve bitki ekstraktları kullanımının heterosiklik aromatik amin oluşumunun azaltılması ve/veya engellenmesine yönelik çok sayıda çalışma mevcutken, antioksidan ve antikarsinogenik etkisi kanıtlanmış olan fesleğen ile ilgili bir tane çalışma (Damašius *et al.* 2011) bulunmaktadır. O çalışmada da fesleğenin etanol – su ekstraktı kullanılmış ve yalnızca sınırlı sayıda HAA bileşiklerinin (PhIP, Trp-1 ve Trp-2) oluşumu incelenmiştir. Öte yandan, köftelerde HAA içeriğinin araştırıldığı ve bu seviyenin azaltılmasına dair ekibimizin de içinde yer aldığı pek çok çalışma yapılmış olmasına rağmen, köfte üretiminde farklı oranlarda fesleğen kullanımının, HAA (IQx, IQ, MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AαC ve MeAαC) oluşumu üzerine olan etkisinin araştırıldığı bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu nedenle, mevcut araştırma, köfte üretiminde farklı oranlarda (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) fesleğen kullanımının farklı sıcaklıklarda (150°C, 200°C ve 250°C) pişirilen köftelerde heterosiklik aromatik amin oluşumu üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla planlanmış ve yürütülmüştür. Ayrıca fesleğen kullanımının köftenin çeşitli kalite kriterleri (su, pH, lipit oksidasyonu ve pişirme kaybı) üzerine olan etkisi de belirlenmiştir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

El Alim *et al.* (1999), fesleğen ekstraktı ilave ettikleri ve mikrodalga fırında pişirilen domuz eti köfteleri üzerinde yaptıkları analizler sonucu; -18°C’de 6 ay boyunca depolanan köftelerde TBARS değerlerinin kontrol grubuna göre %5 daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Cichoski *et al.* (2011) yapmış oldukları çalışmada, fesleğen esansiyel yağı (0,75 mg/g) ekledikleri ve 30 gün boyunca depoladıkları İtalyan tipi salamların TBARS değerlerinin kontrol grubuna kıyasla daha düşük olduğunu ve depolamanın 2 – 28. günleri arasında 0,093 – 0,268 mg MDA/kg arasında tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Yapılan başka bir çalışmada, Juntachote *et al.* (2006), 0 – 14 gün boyunca ticari antioksidan karışımı (%0,3 sitrik asit + %0,5 askorbik asit + %0,02 α -tokoferol), kurutulmuş havlıcan, kurutulmuş fesleğen ile havlıcan ve fesleğenin etanolik ekstraktlarıyla muamele ettikleri domuz etlerinin TBARS değerlerinin, kontrol grubundan anlamlı derecede düşük olduğunu ve soğukta depolama (5°C) boyunca lipid oksidasyonu üzerine inhibisyon etkinliği sıralamasının; ticari antioksidan karışımı > kurutulmuş havlıcan > kurutulmuş fesleğen > havlıcan ekstraktı > fesleğen ekstraktı > kontrol olduğunu bildirmişlerdir.

Teye *et al.* (2013) yaptıkları çalışmada farklı oranlarda (2 g/kg, 4 g/kg ve 6 g/kg) fesleğen ilave ettikleri sığır eti köftelerinde, fesleğen kullanımının örneklerin renk, tat-aroma ve genel kabul edilebilirlik değerleri üzerine önemli bir etkiye sahip olmadığını belirtmişler ve bu sonucu fesleğeni yeterli miktarda kullanmamalarına bağlamışlardır. Araştırmacılar fesleğen kullanımının örneklerin su içeriği ve yağ içeriği üzerine de önemli bir etkisinin olmadığını, protein içeriği üzerine ise çok önemli etkisinin olduğunu ve kullanım oranının artmasıyla birlikte örneklerin protein içeriklerinin de arttığını rapor etmişler ve bu durumu fesleğenin protein içeriğinin yüksek olmasına bağlamışlardır.

Jayasinghe *et al.* (2003) fesleğenin fenolik bileşik kompozisyonu ve antioksidan aktivitesini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada, fesleğenin rosmarinik asit, kafeik asit, karnosik asit, kateşin, ferulik asit, apigenin ve klorojenik asit ihtiva ettiğini ve farklı fraksiyonlara ayrılan fesleğenden elde edilen ekstraktlardan, toplam fenolik bileşik içeriği en yüksek olan fraksiyona ait olan ekstraktın en yüksek antioksidan aktivite gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Damašius *et al.* (2011) fesleğenin fenolik bileşik kompozisyonu ve sığır etinde HAA oluşumu üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, fesleğenin nevadensin (%6,30), kuersetin-glukozit (%3,20), rutin (%2,33), apigenin (%1,93), ksantomikrol (%1,70), sirsimimaritin (%1,66), kaempferol-rutinosid (%1,43), kuersetin (%0,87) ve luteolin (tr) ihtiva ettiğini ve fesleğen ekstraktı ekledikleri ve kapalı bir sistemde 200°C’de 30 dk boyunca derin yağda (ayçiçek yağı) kızarttıkları sığır etindeki PhIP miktarının kontrol grubuna göre %49 oranında daha yüksek olduğunu ancak Trp-P-1 miktarının %31 daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca ilave ettikleri baharat ekstraktlarının, konsantrasyona bağlı olarak antioksidan ve prooksidan etki gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Zhu *et al.* (2016) diyet fenolik bileşiklerinin HAA oluşumu üzerindeki inhibitör etkilerini değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada, 8 farklı flavonoid (apigenin, luteolin, kaempferol, kuersetin, genistein, naringenin, florizin, EGCG) eklediği ve 230°C’de 20 dk pişirdiği sığır köftelerinde; florizin, EGCG ve kuersetin’in toplam HAA içeriğinde %55 – 70, PhIP içeriğinde ise %60 – 80 oranında azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan çalışmada kontrol grubu köftelerde harman miktarı 1,04 ng/g, norharman miktarı 3,74 ng/g, 4,8-DiMeIQx miktarı 1,42 ng/g, MeIQx miktarı 1,93 ng/g, DMIP miktarı 4,24 ng/g, 1,5,6-TMIP miktarı 1,35 ng/g, PhIP miktarı 10,73 ng/g olarak belirlenmiş ve diyet fenolik bileşiklerin eklenmesiyle harman miktarı 0,20 ng/g’a kadar, norharman miktarı 1,52 ng/g’a kadar, 4,8-DiMeIQx miktarı 0,03 ng/g’a kadar, MeIQx miktarı 0,39 ng/g’a kadar, DMIP miktarı 2,29 ng/g’a kadar, 1,5,6-TMIP miktarı 0,48 ng/g’a kadar ve PhIP miktarı ise 2,30 ng/g’a kadar düşmüştür.

Yapılan başka bir çalışmada, Cheng *et al.* (2007) diyet fenolik bileşiklerinin (TFDG, EGCG, ECG, EGC, kuersetin, rosmarinik asit, rutin, izokuersetin, klorojenik asit, karnosik asit, hesperidin ve naringenin) HAA oluşumu üzerindeki inhibe edici etkilerini araştırdıkları çalışmada, %0,1 oranında rosmarinik asit içeren köftelerin pişirilmesinden sonra oluşan PhIP, MeIQx ve 4,8-DiMeIQx miktarlarında düşüş olduğunu ve rosmarinik asidin HAA'ların oluşumunda anlamlı bir inhibisyon gösterdiğini bildirmişlerdir.

Zeng *et al.* (2017b) farklı oranlarda karabiber ve piperin ilave ederek 225°C'deki fırında 20 dk pişirilen sığır eti köftelerinde PhIP, IQx, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, harman ve norharman bileşiklerini tespit ettiklerini ve inhibisyonun, karabiber içeren köftelerde (%0,05, 0,10 ve 0,15 g/g) sırasıyla; PhIP için %57, 49, 43 olduğunu, IQx için %100, 28, 24 olduğunu, MeIQx için %57, 53, 51 olduğunu ve 4,8-DiMeIQx için %63, 63, 47 olduğunu, piperin içeren köftelerde (%0,005, 0,010 ve 0,015 g/g) ise sırasıyla; PhIP için %73, 72, 68 olduğunu, IQx için %100, 100, 100 olduğunu, MeIQx için %69, 23, 20 olduğunu ve 4,8-DiMeIQx için %100, 100, 73 olduğunu tespit etmişlerdir.

Rounds *et al.* (2012) köfte üretiminde farklı baharat (soğan, sarımsak, zerdeçal, kırmızı biber, kekik ve kimyon) kullanımının HAA oluşumu üzerindeki inhibe edici etkilerini araştırdıkları çalışmada, kontrol grubu köftelere kıyasla bu baharatların ayrı ayrı kullanılmasıyla MeIQx miktarının %24,2 – 78 oranında, PhIP miktarının ise %51,7 – 94,3 oranında azalma gösterdiğini ve neticede yenilebilir bu baharatların, ısıtma işlem görmüş et ürünlerinde oluşan karsinogen bileşikleri önleme potansiyeline sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Sihna *et al.* (1998) biftek ve hamburger köftelerinin pişirilmesinde farklı pişirme metodu (tavada kızartılmış, fırında pişirilmiş ve ızgara/mangalda pişirilmiş) ve farklı pişirme derecesi (az pişmiş, orta pişmiş, iyi pişmiş ve çok iyi pişmiş) uyguladığı bir çalışmada, IQ ve MeIQ bileşiklerini tespit edemezken, 4,8-DiMeIQx bileşiğini sadece tavada kızartılmış bifteklerde iz miktarda tespit etmişlerdir. MeIQx bileşiğinin miktarını biftek ve hamburger köftesinde 8,2 ng/g'a kadar, PhIP bileşiğinin miktarını biftekte 30

ng/g'a kadar tespit ederken, hamburger köftelerinde ise sadece tava ve ızgarada çok iyi pişmiş köftelerde 16,8 ng/g'a kadar tespit etmişlerdir.

Jinap *et al.* (2015) zerdeçal, limon otu, meşale zencefili ve köri yaprakları kullanılarak marine edilmiş ızgara sığır etinde HAA'ların azaltılmasına yönelik yaptıkları bir çalışmada, en etkili olan marinasyonun, farklı HAA'ların seviyesini 21 – 82 ng/100 g arasında değiştiren 4 g/100 g konsantrasyonlu zerdeçal olduğunu ve 10 g/100 g konsantrasyondaki limon otu, meşale zencefili ve köri yaprakları ile marine edilmiş ızgara sığır etlerinde ise HAA'ların daha az oluştuğunu ($p < 0.05$) bildirmişlerdir.

Murkovic *et al.* (1998) yaptıkları bir çalışmada, çeşitli baharatlar (biberiye, kekik, adaçayı, sarımsak) ve tuzlu su ile ayrı ayrı marine ettikleri ve tavada 180°C'de 20 dk kızarttıkları etlerde, IQ miktarını 10,2 mg/kg, MeIQ miktarını 2,46 mg/kg, MeIQx miktarını 13,2 mg/kg, 4,8-DiMeIQx miktarını 2,26 mg/kg, PhIP miktarını 5,48 mg/kg olarak tespit etmiş ve HAA miktarlarının, kontrol grubuna göre bu baharatlar ile marine edilmiş etlerde %60 daha az olduğunu bildirmişlerdir.

Öz *et al.* (2017) köfte üretiminde farklı oranlarda (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1) kitosan kullanımının köftelerin çeşitli kalite kriterleri ve HAA oluşumu üzerine olan etkisini araştırdıkları çalışmada, köftelerde farklı oranlarda kitosan kullanımının kontrol grubu köftelere kıyasla pişirme kaybı değerinde azalmaya neden olduğunu, öte yandan, pişirme sıcaklığının artması ile pişirme kaybı değerinde de artış olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar aynı çalışmada MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx ve MeAαC bileşiklerini tespit edemezken, IQx miktarını 0,12 ng/g'a kadar, IQ miktarını 0,90 ng/g'a kadar, MeIQx miktarını 0,09 ng/g'a kadar, PhIP miktarını 2,66 ng/g'a kadar ve AαC miktarını ise 0,84 ng/g'a kadar tespit etmişlerdir.

Korkmaz (2018), köfte üretiminde farklı oranlarda (%5, 10 ve 15) kurutulmuş ekmek içi kullanımının köftelerin çeşitli kalite kriterleri ve HAA oluşumu üzerine etkisini incelediği çalışmada, köfte üretiminde kurutulmuş ekmek kullanımının kontrol grubu köftelere kıyasla su içeriği ve TBARS değerlerinde azalmaya neden olduğu, buna karşın

pişirme sıcaklığının artmasının köftelerin su içeriğinde azalmaya, pişirme kaybında ve TBARS değerlerinde ise artışa neden olduğunu bildirmiştir. Aynı çalışmada PhIP, AαC ve MeAαC tespit edilemezken, IQx miktarı 0,10 ng/g'a kadar, IQ miktarı 0,36 ng/g'a kadar, MeIQx miktarı 0,08 ng/g'a kadar, MeIQ miktarı 0,18 ng/g'a kadar, 7,8-DiMeIQx miktarı 0,11 ng/g'a kadar ve 4,8-DiMeIQx miktarı 0,05 ng/g'a kadar tespit edilmiştir.

Nuray (2018), köfte üretiminde farklı tür (sarı, beyaz ve mor) ve farklı oranlarda (%0,25, 0,5 ve 0,75) soğan – su ekstraktı ilave ederek hazırladığı köftelerin çeşitli kalite kriterleri ve HAA oluşumu üzerine etkisini incelediği çalışmada, köfte üretiminde soğan kullanımının kontrol grubu köftelere kıyasla su içeriğinde azalmaya neden olduğunu pişirme kaybı, pH ve TBARS değerlerinde ise bir değişim meydana getirmediğini belirlemiştir. Aynı çalışmada MeIQx, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AαC ve MeAαC bileşikleri tespit edilemezken, IQx ve IQ bileşikleri bazı köfte örneklerde belirlenmiş ancak miktarı tespit edilememiş (nq), MeIQ miktarı ise 0,09 ng/g'a kadar tespit edilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Hammadde

Mevcut araştırmada, Erzurum Et ve Süt Kurumu Et Kombinasi'ndan temin edilen (Mayıs, 2018) sığır pirzolası (*M. Longissimus dorsi*) hammadde olarak kullanılmış ve aynı karkastan çıkarılan kaslararası (intermuscular) yağ ise köftelerin yağ oranlarının %15'e ayarlanmasında kullanılmıştır. Etler soğuk zincir altında laboratuvara getirildikten sonra kaba yağ ve bağ dokularından ayrılmış ve kıyma haline getirilmiştir. Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) ise Erzurum'da yerel bir marketten temin edilmiştir.

3.1.2. Kimyasallar

Araştırmada analizi yapılan heterosiklik aromatik aminler; IQx (2-amino-3-metilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), IQ (2-amino-3-metilimidazo[4,5-*f*]kinolin), MeIQx (2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), MeIQ (2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5-*f*]kinolin), 7,8-DiMeIQx (2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), 4,8-DiMeIQx (2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), PhIP (2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5-*b*]piridin), AαC (2-amino-9H-pirido[2,3-*b*]indol), MeAαC (2-amino-3-metil-9H-pirido[2,3-*b*]indol) ve 4,7,8-TriMeIQx (2-amino-3,4,7,8-tetrametilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin) Toronto Research Chemicals (Toronto, Canada)'dan satın alınmıştır. Araştırmada internal standart olarak 4,7,8-TriMeIQx kullanılmıştır (Öz *et al.* 2015a).

3.2. Yöntem

3.2.1. Köfte hamurunun hazırlanması

Köfte hamurunun hazırlanmasında, kıyma haline getirilmiş sığır pirzolası ve kaslararası yağ (intermuskular) kullanılarak köftelerin yağ oranı %15'e ayarlanmıştır. Ardından köfte hamurları 5 parçaya bölünerek, bir grubuna hiç fesleğen katılmamış ve bu grup kontrol grubu olarak seçilmiştir. Diğer gruplara ise dört farklı oranda (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) fesleğen doğrudan ilave edilerek, iyice karıştırılmış ve nüfuz etmesi için buzdolabında 6 saat dinlendirilmiştir. Herhangi bir interaksiyona sebebiyet vermemesi açısından köfte hamuru hazırlanması sırasında karışıma başka bir katkı maddesi ilave edilmemiştir.

3.2.2. Pişirme şartları

Şekil verilen (7 x 1 cm) köfteler (60 g), yapılan ön denemeler sonucu sıcaklığı önceden 150°C, 200°C ve 250°C'ye ayarlanmış ısıtıcı plaka üzerinde her bir yüzeyi 4 dk olmak üzere toplam 8 dk pişirilmiştir. Pişirme işlemi, elektrikli ısıtıcı plaka (hot plate) üzerinde gerçekleştirilmiş ve pişirme işlemi esnasında herhangi bir katı veya sıvı yağ kullanılmamıştır. Pişirme sıcaklığı laboratuvar tipi termometre (Part no: 0560 9260, Testo 926, Lenzkirch, Germany), pişirme süresi ise laboratuvar tipi kronometre kullanılarak belirlenmiştir. Pişirilen köfteler bir süre oda sıcaklığında soğutulduktan sonra tartılarak pişirme kaybı hesaplanmış daha sonra mutfak tipi doğrayıcıda parçalanarak homojenize edilmiştir. Su, pH ve TBARS analizleri için yeterli miktarda örnek ayrıldıktan sonra kalan köfte örnekleri HAA analizleri için -18°C'de muhafaza edilmiştir. HAA analizinden bir gün önce örnekler buzdolabı şartlarında çözündürüldükten sonra analiz yapılmıştır.

3.2.3. Su analizi

Örneklerin su içerikleri Gökalp vd (2010)'a göre yapılmıştır.

3.2.4. pH analizi

Örneklerin pH analizleri Gökalp vd (2010)'a göre yapılmıştır

3.2.5. Tiyoarbitürik asit reaktif maddeleri (TBARS) analizi

Örneklerin lipit oksidasyonlarının belirlenmesinde tiyoarbitürik asit reaktif maddeleri (TBARS) analizi uygulanmış ve TBARS değeri Kılıç ve Richards (2003) tarafından uygulanan yöntemle göre belirlenmiştir. Örneklerin TBARS değerleri mg MDA/kg örnek olarak verilmiştir.

3.2.6. Pişirme kaybı analizi

Köfte örneklerinin ağırlıkları ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmeden önce oda sıcaklığında hassas terazi ile ölçülmüş ve pişirme işlemi sonrasında her örnek için ölçüm işlemi aynı şartlarda tekrarlanmıştır. Örneklerin pişirme kaybı, köftelerin pişirme öncesi ve sonrasındaki ağırlıklarındaki değişimin yüzde olarak hesaplanmasıyla belirlenmiştir (Öz ve Kızıl 2013).

3.2.7. Serbest radikal giderim aktivitesi (DPPH) analizi

Fesleğen – su ekstraktının hazırlanmasında Lee *et al.* (2014) esas alınmıştır. 20 g fesleğen üzerine 200 ml saf su eklenmiş ve ultra-turrax (Ika T18, 18-10 20.000 UpM Germany) yardımı ile 1 dk boyunca homojenize edilmiştir. 80°C'deki su banyosu içerisinde 3 saat bekletilen örnekler daha sonra whatman 1 filtre kâğıdı ile süzülerek elde edilen süzüntü rotary evaporatörde suyu tamamen uzaklaşana kadar evapore edilmiştir. Rotary evaporatörden alınan örnek petri kaplarına döküldükten sonra üzerine parafilm çekilmiş ve küçük delikler açılmıştır. Ardından bir gece -80°C'de bekletilmiştir. Daha sonra -85°C'de 24 saat liofilize edilerek toz halde kullanılmıştır.

Liyofilize fesleğen – su ekstraktının serbest radikal giderim aktivitesi analizi için Blois (1958) tarafından uygulanan yöntemden yararlanılmıştır. 10^{-3} M’lık DPPH çözeltisi serbest radikal olarak kullanılmıştır. Önceden hazırlanan 1 mg/ml konsantrasyona sahip fenolik bileşiklerin stok çözeltisi ise numune olarak kullanılmıştır. Deney tüplerine sırasıyla 10, 20 ve 30 µg/µl konsantrasyonlarında stok çözeltiler konulmuş, etanol ile tüplerin toplam hacimleri 2 ml’ye tamamlanmıştır. Stok DPPH çözeltisinden her bir numune tüpüne 1 ml ilave edilmiş ve toplamda 3 ml karışım elde edilmiştir. Karışım oda sıcaklığında ve karanlıkta 30 dk inkübe edildikten sonra etanolden oluşan köre karşı 517 nm’de absorbans ölçümü yapılmıştır. Kontrol olarak, 2 ml etanol ve 1 ml DPPH çözeltisi kullanılmıştır.

3.2.8. Heterosiklik aromatik amin (HAA) analizi

Örneklerin heterosiklik aromatik amin analizleri katı faz ekstraksiyon yöntemi olan Oasis metoduna göre yapılmıştır (Öz and Seyyar 2016). Metoda göre; bir behere 1 g pişmiş köfte örneği tartılıp üzerine 12 ml 1 M NaOH çözeltisi ilave edilmiş ve 1 saat boyunca manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırılmıştır. Üzerine 10 g Extrelut NT (refill materyali, Merck, Darmstadt, Germany) paketleme materyali konularak iyice karıştırılmış ve daha sonra vakum manifold (Supelco, Visiprep) sisteminde Oasis MCX kartuj (3 cm³/60 mg, Waters, Milford, Massachusetts, USA) ve Bond rezervuar (bond reservoir, Extrelut-20) kullanılarak paketleme işlemi yapılmıştır. Etil asetat, hidroklorik asit ve metanol ile ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilerek son aşamada ekstrakt 2 ml MeOH:NH₃ (19:1) ile elüe edilmiştir. Örnek ekstraktları, HPLC’de okuma yapılınca kadar -18°C’de bekletilmiştir. HPLC analizinden bir gün önce 45°C’lik etüvde bir gece bekletilerek metanol ve amonyak çözeltilerinin uzaklaşması sağlanmış, ardından metanol içerisinde hazırlanan internal standarttan (2,5 ng/g) 100 µl ilave edilerek HPLC-DAD sisteminde okuma yapılmıştır.

3.2.9. HPLC koşulları

HAA'ların miktarları; Diode Array Dedektör (DAD-3000), otosampler (WPS-3000), kolon fırını (TCC-3000) ve pompa (LPG-3400SD) içeren HPLC (Thermo Ultimate 3000, Thermo Scientific, USA) ile belirlenmiştir. Ayırma işlemi 35°C'de ve 0,7 ml/dk akış hızında, Acclaim™ 120 C18 3 µm (4,6 x 150 mm) Tosoh Bioscience GmbH (Stuttgart, Germany) ters fazlı analitik kolonunda; Solvent A olarak pH'sı 5,0 (%25'lik amonyum hidroksit ile ayarlanmış) olan metanol/asetonitril/su/glasiyel asetik asit (8/14/76/2, v/v/v/v) ve Solvent B olarak asetonitril (%100) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Öz *et al.* 2015b). Gradient programı: %0 B, 0 – 10. dk; %0 – 23 B, 11 – 19. dk; %100 B, 20 – 22. dk; %0 B, 23 – 33. dk olacak şekilde ayarlanmış ve 10 µl örnek enjeksiyonu yapılmıştır.

3.2.10. İstatistiksel analiz

Mevcut çalışma Şansa bağlı deneme desenine göre kurulup iki tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Sonuçlar SPSS paket programı 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 Hammadde Olarak Kullanılan Et, Et Yağı ve Isıl İşlem Görmemiş Köftelerin Çeşitli Analiz Sonuçları

Mevcut araştırmada, Erzurum Et ve Süt Kurumu Et Kombinasi'ndan temin edilen ve köfte yapımı için kıyma haline getirilen sığır pirzolası (*M. Longissimus dorsi*), köftelerin yağ oranını %15'e ayarlamak için aynı karkastan çıkarılan kaslararası (intermuscular) yağ ile ısıtma işlemi görmemiş %15 yağlı köftelere ait su, pH ve TBARS analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Köfte yapımında hammadde olarak kullanılan et, et yağı ile ısıtma işlemi görmemiş (%15 yağlı) köftelere ait su, pH ve TBARS analiz sonuçları

Hammadde	n	Su (%) ($\bar{x} \pm SD$)	pH ($\bar{x} \pm SD$)	TBARS (mg MDA/kg) ($\bar{x} \pm SD$)
Et	2	70,38±0,55a	5,79±0,01c	0,293±0,079a
Et Yağı	2	19,78±0,08c	6,77±0,01a	0,251±0,033a
Köfte (%15 yağlı)	2	66,14±0,98b	5,90±0,01b	0,539±0,401a

Aynı sütundaki farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ^{a-c}, n: Örnek Sayısı, $\bar{x}$: Ortalama, SD: Standart Sapma

Mevcut araştırmada hammadde olarak kullanılan sığır pirzolasının su, pH ve TBARS değerleri sırasıyla %70,38, 5,79 ve 0,293 mg MDA/kg olarak tespit edilmiştir. Zikirov (2014) yaptığı çalışmada, sığır pirzolasının su içeriğini, pH ve TBARS değerlerini sırasıyla %72,54, 5,56 ve 0,47 mg MDA/kg olarak belirlerken, Öz and Yüzer (2016) yaptıkları çalışmada, sığır pirzolasının su içeriğini %76,91, pH değerini ise 5,41 olarak tespit etmişlerdir. Araştırmada köftelerin yağ oranını %15'e ayarlamak için kullanılan kaslararası (intermuscular) et yağının su, pH ve TBARS değerleri sırasıyla %19,78, 6,77 ve 0,251 mg MDA/kg olarak tespit edilmiştir. Nuray (2018) yaptığı çalışmada, kaslararası et yağının su içeriğini, pH ve TBARS değerlerini sırasıyla %13,34, 6,36 ve

0,25 mg MDA/kg olarak belirlemiştir. Mevcut araştırmada %15 yağlı ve ısıtılmış işlem görmemiş köftelerin su, pH ve TBARS değerleri sırasıyla %66,14, 5,90 ve 0,539 mg MDA/kg olarak tespit edilmiştir. Çakmak (2015) yaptığı çalışmada, ısıtılmış işlem görmemiş %15 yağlı köftelerin su içeriğini %62,16, pH değerini 5,51 ve TBARS değerini 1,19 mg MDA/kg olarak belirlerken, Korkmaz (2018) yaptığı çalışmada, ısıtılmış işlem görmemiş %15 yağlı köftelerin su içeriğini %67,21, pH değerini 5,71 ve TBARS değerini 0,656 mg MDA/kg olarak tespit etmiştir.

4.2. Fesleğenin Serbest Radikal Giderme Aktivitesi

Antioksidan özellikler özellikle de radikal giderme aktiviteleri, serbest radikallerin gıdalarda ve biyolojik sistemlerde zararlı rolü nedeniyle oldukça önemlidir. Serbest radikallerin aşırı oluşumu, gıdalardaki lipidlerin oksidasyonunu hızlandırarak gıda kalitesini düşürmekte ve neticede tüketici beğenisini azaltmaktadır (Min and Boff 2002; Bursal 2009). DPPH, etanol/metanol içinde 517 nm'de maksimum emilim gösteren stabil bir serbest radikaldır ve antioksidanlar gibi proton veren maddelerle karşılaştığında, DPPH radikali atılarak 517 nm'deki absorbans ortadan kalkmaktadır (Jayasinghe *et al.* 2003).

Yapılan çalışmada, köfte üretiminde doğrudan olarak kullanılan fesleğenin ve standart bir antioksidan olan gallik asidin serbest radikal giderme aktivitesi 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Gallik asit ve köfte üretiminde kullanılan fesleğenin DPPH serbest radikal giderme aktiviteleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Fesleğen ile gallik asidin DPPH serbest radikal giderme aktiviteleri bakımından birbirlerinden istatistiksel olarak farklı olmadıkları belirlenmiştir ($p>0,05$). Gülçin *et al.* (2007) BHA, BHT ve α -tokoferolü referans radikal temizleyiciler olarak kullanarak fesleğenin su ve etanol ekstraktlarının antioksidan aktivitelerini serbest radikal giderim aktivitesi (DPPH) analizi ile belirledikleri çalışmada, fesleğenin su ve etanol ekstraktlarının DPPH radikalinin konsantrasyonunda sırasıyla %55 ve %65 oranlarında önemli bir düşüşe neden olduğunu ve radikal giderim aktivitesinin α -tokoferol>BHA>etanol ekstraktı>BHT>su ekstraktı olarak sıralandığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.2. Gallik asit ve köfte üretiminde kullanılan fesleğenin DPPH serbest radikal giderme aktiviteleri

	n	DPPH Serbest Radikal Giderme Aktivitesi (%) ($\bar{x} \pm SD$)
Fesleğen	6	21,70±12,06a
Gallik asit	6	29,11±17,64a

Aynı sütundaki farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ^a, n: Örnek Sayısı, $\bar{x}$: Ortalama, SD: Standart Sapma

4.3. Köftelerin Su İçeriği Sonuçları

Kontrol grubu (fesleğen ilave edilmemiş) ile farklı oranlarda (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıtılmış işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin su içerikleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Kontrol grubu ve farklı oranlarda fesleğen içeren ısıtılmış işlem görmemiş köftelerin su içerikleri %64,96 – 65,71 arasında değişirken, bu köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesiyle su içeriklerinde beklenildiği gibi azalma görülmüş ve su içeriğinin %54,04 – 60,39 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3. Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıtılmış işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin su içerikleri

Oran	n	Su (%) ($\bar{x} \pm SD$)			
		Çiğ	150°C	200°C	250°C
0	2	65,26±0,23	60,03±0,85	56,85±0,19	55,37±0,91
%0,25	2	64,96±1,67	60,39±0,44	56,13±0,83	54,11±1,73
%0,5	2	65,71±1,57	60,28±1,16	55,03±0,37	54,04±0,03
%0,75	2	65,64±0,31	60,03±1,15	54,12±0,01	54,96±1,66
%1	2	65,13±0,08	59,88±1,16	54,65±2,15	54,68±0,74

Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıt işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin su içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Köftelerin su içerikleri üzerine fesleğen oranının istatistiksel olarak önemli bir etkisi tespit edilmezken ($p>0,05$), pişirme işlemi, pişirme sıcaklığı ve pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksiyonunun çok önemli etkisinin olduğu ($p<0,01$) belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıt işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin su içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
Fesleğen Oranı (FO)	4	0,534	0,474
Piştirme İşlemi (Pİ)	1	1119,312	994,174**
Piştirme Sıcaklığı (PS)	2	44,527	39,549**
FO x Pİ	4	1,304	1,158
FO x PS	8	0,499	0,443
Pİ x PS	2	44,527	39,549**
FO x Pİ x PS	8	0,499	0,443
Hata	30	1,126	

Köfte üretiminde farklı oranlarda fesleğen kullanımının köftelerin su içerikleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir. Köfte üretiminde farklı oranlarda fesleğen kullanımının köftelerin su içerikleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı ve köftelerin su içeriklerinin %60,77 – 61,33 arasında değiştiği belirlenmiştir ($p>0,05$). Bu sonuca köfte üretiminde kullanılan fesleğenin nem içeriğinin düşük olmasının etki ettiği düşünülmektedir. Zira mevcut araştırmada kullanılan fesleğenin nem içeriğinin $\%9,05\pm0,31$ olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde Çelebi (2010) yaptığı çalışmada farklı firmalara ait fesleğen örneklerinin

kuru madde içeriklerinin %8,42 – 11,41 arasında değişiklik gösterdiğini bildirmiştir. Mevcut araştırmaya paralel olarak, Teye *et al.* (2013) de yaptıkları çalışmada, farklı oranlarda (2 g/kg, 4 g/kg ve 6 g/kg) fesleğen ilave ederek hazırladıkları köftelerin (%10 – 12 yağlı) su içeriği üzerine fesleğen kullanımının önemli bir etkisinin olmadığını ve ısıtıl işlem görmemiş köftelerin su içeriklerinin %75 – 77,94 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.5. Köfte üretiminde farklı oranlarda fesleğen kullanımının köftelerin su içerikleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fesleğen Oranı	n	Su (%) ($\bar{x} \pm SD$)
0	12	61,33±4,36a
%0,25	12	60,92±4,76a
%0,5	12	61,08±5,32a
%0,75	12	61,00±5,25a
%1	12	60,77±4,97a

Piştirme işleminin köftelerin su içerikleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan köftelerin pişirilmesi beklenildiği gibi örneklerin su içeriklerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0,01$) bir düşüşe sebep olmuştur. Piştirme işleminden önce köftelerin su içerikleri %65,34 iken, piştirme işleminden sonra %56,70 olarak tespit edilmiştir. Piştirme işlemi; ulaşılan sıcaklık, myofibriler proteinlerde görülen şirink ve perimisyal bağ dokuda görülen büzülme nedeniyle etin su içeriğini azaltmaktadır (del Pulgar *et al.* 2012). Dolayısıyla, ısıtıl işlem neticesinde yaşanan su kaybı nedeniyle etin su içeriği, piştirme işlemi ile azalmaktadır. Benzer şekilde, Berry (1992) tarafından yapılan bir çalışmada, %16 yağlı ısıtıl işlem görmemiş sığır eti köftelerinin su içeriği %65,80 olarak belirlenirken, aynı yağ içeriğine sahip köftelerin 177°C’de 5 dk pişirilmesi sonucu su içeriği %58,10’a düşmüştür.

Çizelge 4.6. Pişirme işleminin köftelerin su içerikleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Piştirme İşlemi	n	Su (%) ($\bar{x} \pm SD$)
Çiğ	30	65,34±0,80a
Piştirmiş	30	56,70±2,68b

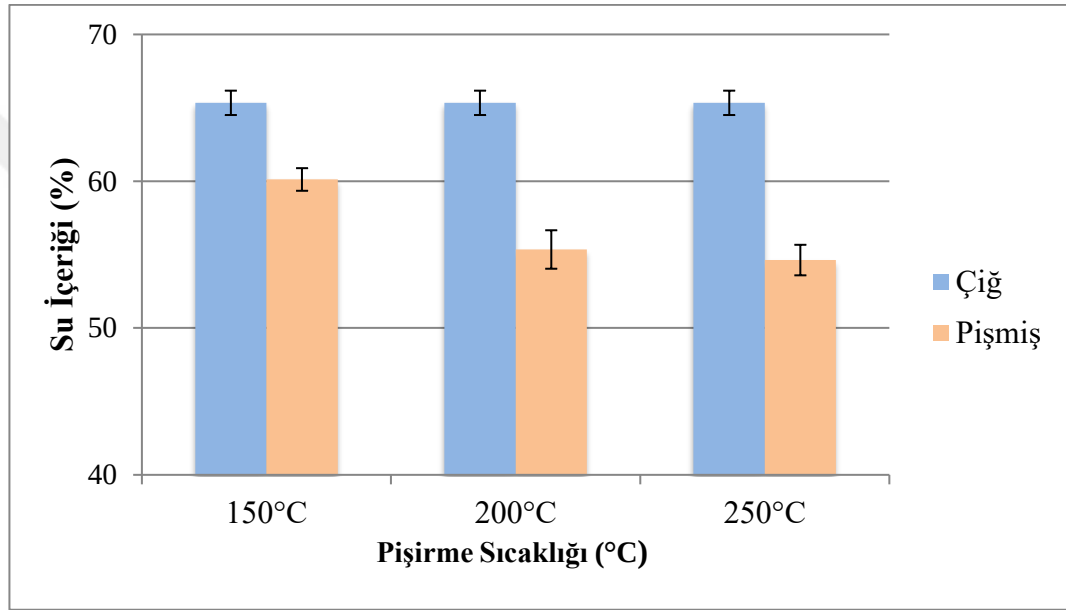
Piştirme sıcaklığının köftelerin su içerikleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları ise Çizelge 4.7’de verilmiştir. 200°C ve 250°C’de piştirilen köftelerin su içeriklerinin, 150°C’de piştirilen köftelerin su içeriğinden önemli derecede ($p<0,05$) düşük olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, Zaman (2014) farklı oranlarda kitosan içeren köftelerin su içeriklerini; 150°C’de piştirilen köfteler için %59,91, 200°C’de piştirilen köfteler için %59,33 ve 250°C’de piştirilen köfteler için %59,06 olarak belirlemiştir.

Mevcut araştırmaya paralel olarak aynı piştirme sıcaklıkları kullanılarak piştirilen köftelerin su içerikleri üzerine piştirme sıcaklığının önemli etkisinin olduğu ve 200°C ile 250°C’de piştirilen köftelerin su içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmazken, bu köftelerin su içeriklerinin 150°C’de piştirilen köftelerin su içeriklerinden önemli oranda düşük olduğu diğer araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Zaman 2014; Çakmak 2015; Korkmaz 2018).

Çizelge 4.7. Piştirme sıcaklığının köftelerin su içerikleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Piştirme Sıcaklığı	n	Su (%) ($\bar{x} \pm SD$)
150°C	20	62,73±2,79a
200°C	20	60,35±5,23b
250°C	20	59,98±5,57b

Piştirme işlemi x piştirme sıcaklığı interaksyonunun köftelerin su içerikleri üzerine olan etkisi Şekil 4.1’de verilmiştir. Piştirme sıcaklığının artması ile örneklerin su içeriğinde azalmalar tespit edilmiştir. Benzer şekilde Zaman (2014) da yapmış olduğu çalışmada piştirme işlemi x piştirme sıcaklığı interaksyonunun köftelerin su içeriği üzerine önemli etkisinin olduğunu tespit etmiş ve piştirme sıcaklığındaki artışla birlikte örneklerin su içeriğinin azaldığını belirtmiştir.



Şekil 4.1. Piştirme işlemi x piştirme sıcaklığı interaksyonunun köftelerin su içerikleri üzerine olan etkisi

4.4. Köftelerin pH Sonuçları

Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıt işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pH değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Kontrol grubu ve farklı oranlarda fesleğen içeren ısıt işlem görmemiş köftelerin pH değerleri 5,85 – 5,87 arasında değişirken, bu köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesiyle pH değerlerinde beklenildiği gibi bir artış meydana gelmiş ve bu değer 6,02 – 6,19 arasında değişiklik göstermiştir.

Çizelge 4.8. Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıt işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pH değerleri

Oran	n	pH ($\bar{x} \pm SD$)			
		Çiğ	150°C	200°C	250°C
0	2	5,87±0,00	6,15±0,00	6,02±0,06	6,16±0,01
%0,25	2	5,86±0,01	6,10±0,00	6,08±0,01	6,14±0,00
%0,5	2	5,85±0,01	6,18±0,04	6,06±0,00	6,19±0,00
%0,75	2	5,85±0,01	6,11±0,00	6,07±0,01	6,13±0,01
%1	2	5,87±0,01	6,11±0,01	6,04±0,03	6,14±0,02

Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıt işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir. Köftelerin pH değerleri üzerine; fesleğen oranının istatistiksel olarak önemli bir etkisi belirlenemezken ($p>0,05$), fesleğen oranı x pişirme sıcaklığı ve fesleğen oranı x pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksiyonlarının önemli ($p<0,05$), pişirme işlemi, pişirme sıcaklığı, fesleğen oranı x pişirme işlemi ve pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksiyonlarının ise çok önemli etkisinin olduğu ($p<0,01$) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9. Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıt işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
Fesleğen Oranı (FO)	4	0,001	2,089
Piştirme İşlemi (Pİ)	1	0,958	3420,024**
Piştirme Sıcaklığı (PS)	2	0,014	48,256**
FO x Pİ	4	0,002	7,821**
FO x PS	8	0,001	2,393*
Pİ x PS	2	0,014	48,256**
FO x Pİ x PS	8	0,001	2,393*
Hata	30	0	

Köfte üretiminde farklı oranlarda fesleğen kullanımının köftelerin pH değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Köfte üretiminde farklı oranlarda fesleğen kullanımının köftelerin pH değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı ve köftelerin pH değerlerinin 5,98 – 5,99 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir ($p>0,05$). Mevcut araştırmada köfte üretimine katılan fesleğenin pH değerinin $5,99\pm0,01$ olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle kullanım miktarlarının köftelerin pH değerlerini etkileyecek seviyede olmadığı düşünülmektedir. Benzer şekilde Çelebi (2010) yaptığı çalışmada farklı firmalara ait fesleğen örneklerinin pH değerlerinin 5,61 – 5,98 arasında değiştiğini bildirmiştir. Öte yandan, Teye *et al.* (2014) farklı oranlarda fesleğen ilave ederek hazırladıkları domuz eti köftelerin pH değerlerinin fesleğen kullanımı ile önemli düzeyde azaldığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar kontrol grubu domuz eti köftelerin pH değerini 6,09 olarak belirlerken fesleğen ilaveli köftelerin pH değerlerinin ise 6,05 – 6,07 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4.10. Köfte üretiminde farklı oranlarda fesleğen kullanımının köftelerin pH değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fesleğen Oranı	n	pH ($\bar{x} \pm SD$)
0	12	$5,99\pm0,14a$
%0,25	12	$5,98\pm0,13a$
%0,5	12	$5,99\pm0,16a$
%0,75	12	$5,98\pm0,13a$
%1	12	$5,98\pm0,12a$

Pişirme işleminin köftelerin pH değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir. Pişirme işlemi köftelerin pH değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir artışa neden olmuştur ($p<0,05$). Isıl işlem görmemiş köftelerde 5,86 olan pH değeri, pişmiş köftelerde 6,11 olarak tespit edilmiştir.

Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (Öz 2014; Nasrin *et al.* 2016; Tengilimoğlu-Metin *et al.* 2017; Zeng *et al.* 2017a; Khan *et al.* 2019). Pişirme işlemi, etin bünyesindeki imidazol, sülfidril ve hidroksil gruplarını içeren bağların serbest hale gelmesine neden olduğu için etin pH değerini artırmaktadır (Girard 1992).

Çizelge 4.11. Pişirme işleminin köftelerin pH değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Pişirme İşlemi	n	pH ($\bar{x} \pm SD$)
Çiğ	30	5,86±0,01b
Pişmiş	30	6,11±0,05a

Pişirme sıcaklığının köftelerin pH değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Üç farklı pişirme sıcaklığında da pişirilen köftelerin pH değerlerinin istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

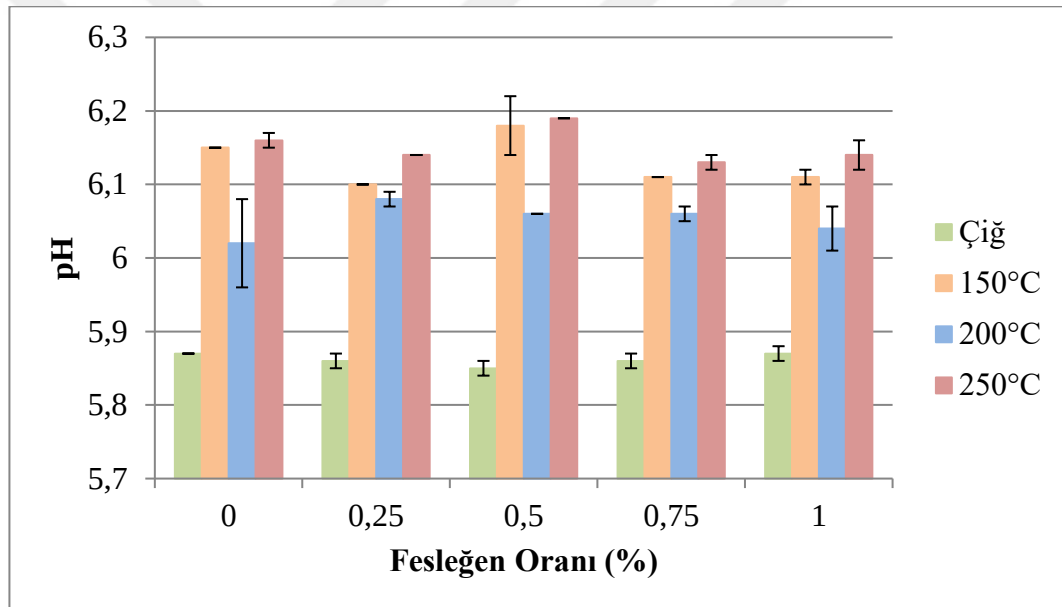
Çizelge 4.12. Pişirme sıcaklığının köftelerin pH değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Pişirme Sıcaklığı	n	pH ($\bar{x} \pm SD$)
150°C	20	5,99±0,14b
200°C	20	5,96±0,10c
250°C	20	6,00±0,15a

Korkmaz (2018) farklı oranlarda kurutulmuş ekmek içeren ve farklı pişirme sıcaklıklarında (150°C, 200°C ve 250°C) pişirilen köftelerin pH değerlerinin istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olmadığını ve bu değerlerin 5,88 – 5,90 arasında değiştiğini

bildirirken, Öz *et al.* (2017) da yaptıkları çalışmada farklı oranlarda kitosan içeren ve farklı pişirme sıcaklıklarında (150°C, 200°C ve 250°C) pişirilen köftelerin pH değerleri üzerine pişirme sıcaklığının önemli bir etkisinin olmadığını ve pişirilen köftelerin pH değerlerinin 6,13 olduğunu tespit etmişlerdir.

Fesleğen oranı x pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksiyonunun köftelerin pH değeri üzerine olan etkisi Şekil 4.2’de verilmiştir. Pişirme işlemi ile örneklerin pH değerlerinde artış belirlenmiştir. Isıl işlem görmemiş köftelere kıyasla pH değerinde görülen en büyük artış 250°C’de pişirilen köftelerde tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. Fesleğen oranı x pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksiyonunun köftelerin pH değeri üzerine olan etkisi

4.5. Köftelerin TBARS Sonuçları

Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıl işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin TBARS değerleri Çizelge 4.13’de verilmiştir. Kontrol grubu ve farklı oranlarda fesleğen içeren ısıl işlem görmemiş köftelerin TBARS değerleri 0,524 – 0,619 mg MDA/kg arasında değişirken, bu köftelerin farklı

sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu TBARS değerlerinin artarak 0,558 – 1,408 mg MDA/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.13. Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıt işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin TBARS değerleri

Oran	n	TBARS (mg MDA/kg) ($\bar{x} \pm SD$)			
		Çiğ	150°C	200°C	250°C
0	2	0,553±0,020	1,408±0,254	0,897±0,120	0,935±0,147
%0,25	2	0,581±0,100	0,623±0,000	0,657±0,087	0,600±0,033
%0,5	2	0,524±0,167	0,558±0,134	0,742±0,153	0,657±0,274
%0,75	2	0,581±0,127	0,619±0,047	0,690±0,161	0,746±0,174
%1	2	0,619±0,100	0,671±0,187	0,661±0,027	0,765±0,013

Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıt işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14’de verilmiştir. Köftelerin TBARS değerleri üzerine; pişirme sıcaklığının istatistiksel olarak önemli bir etkisi belirlenemezken ($p>0,05$), fesleğen oranı, pişirme işlemi ve fesleğen oranı x pişirme işlemi interaksiyonunun çok önemli etkisinin olduğu ($p<0,01$) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.14. Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ısıtılmış işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
Fesleğen Oranı (FO)	4	0,100	5,874**
Piştirme İşlemi (Pİ)	1	0,470	27,453**
Piştirme Sıcaklığı (PS)	2	0,003	0,171
FO x Pİ	4	0,118	6,892**
FO x PS	8	0,024	1,383
Pİ x PS	2	0,003	0,171
FO x Pİ x PS	8	0,024	1,383
Hata	30	0,017	

Köfte üretiminde farklı oranlarda fesleğen kullanımının köftelerin TBARS değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.15’de verilmiştir. Köfte üretiminde fesleğen kullanımı, fesleğen kullanılmamış kontrol grubu köftelere kıyasla TBARS değerini istatistiksel olarak önemli düzeyde azaltmıştır. TBARS değerleri açısından farklı fesleğen kullanım oranlarının (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Bu sonuç, köfte üretiminde %0,25 oranında fesleğen kullanımının bile lipid oksidasyonunu azaltmada yeterli olduğunu göstermektedir. Mevcut araştırmaya paralel olarak, Gülçin *et al.* (2007) fesleğenin (*O. basilicum*) su ve etanol ekstraktlarının antioksidan aktivitelerini farklı *in vitro* testler kullanarak (DPPH serbest radikal giderme, ferrik tiyosiyanat metodu, indirgeme gücü, süperoksit anyon giderme, hidrojen peroksit giderme ve metal çelatlama aktivitesi) belirlediği çalışmada, fesleğenin su ve etanol ekstraktlarının çok güçlü antioksidan aktiviteye sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar 50 µg/ml konsantrasyondaki fesleğen su ve etanol ekstraktlarının linoleik asit peroksidasyonu üzerindeki inhibisyon etkilerinin (su ekstraktı %94,8, etanol

ekstraktı %95,5); aynı konsantrasyondaki BHA (%97,1) ve BHT (%98,5) gibi sentetik antioksidanların inhibisyon etkilerine benzediğini, buna karşın doğal bir antioksidan olan ve GRAS listesinde yer alan α -tokoferolün aynı konsantrasyonunun inhibisyon etkisinden (%70,4) ise oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Fesleğenin antioksidan aktivitesi fenolik maddeler bakımından zengin olmasına bağlanmaktadır (Lee and Scagel 2009; Çelebi 2010; Zilip 2017).

Çizelge 4.15. Köfte üretiminde farklı oranlarda fesleğen kullanımının köftelerin TBARS değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fesleğen Oranı	n	TBARS (mg MDA/kg) ($\bar{x} \pm SD$)
0	12	0,816 $\pm$ 0,338a
%0,25	12	0,604 $\pm$ 0,066b
%0,5	12	0,588 $\pm$ 0,160b
%0,75	12	0,633 $\pm$ 0,119b
%1	12	0,659 $\pm$ 0,094b

Fesleğen katkılı et ve et ürünlerinin lipid oksidasyon düzeyinin fesleğen katılmamış kontrol grubu örneklerle kıyasla daha düşük olduğunu gösteren başka araştırmalar da bulunmaktadır (Tanabe *et al.* 2002; Juntachote *et al.* 2006; Juntachote *et al.* 2007; Cichoski *et al.* 2011; Kuzelov *et al.* 2017). Nitekim, Juntachote *et al.* (2007) farklı oranlarda (%0,07, 0,18 ve 0,35) fesleğen ilave ederek pişirilen ve 14 gün boyunca 5°C’de depoladıkları domuz etlerinde fesleğen kullanımının kontrol grubu örneklerle kıyasla TBARS değerinde önemli düzeyde azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir.

Piştirme işleminin köftelerin TBARS değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.16’da verilmiştir. Piştirme işlemi köftelerin TBARS değerini önemli oranda artırmıştır ($p<0,01$). Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (Peiretti *et al.* 2012; Dominguez *et al.* 2014;

Zaman 2014). Sıcaklık, oksijen, ışık, katalizörler vb. pek çok faktörün gıdalardaki lipit oksidasyonuna etki ettiği bilinmesine karşın, et ve et ürünlerindeki lipit oksidasyon düzeyi üzerine ısııl işlemin daha etkili olduğu bilinmektedir. Bu nedenle et ve et ürünlerinin pişirilmesi ile lipit oksidasyonunun artması beklenmektedir. Pişirme işleminin denatüre olmuş myoglobin ve hemoglobinden açığa çıkan demir, lipit oksidasyonunu katalizlemektedir (Rojas and Brewer 2007). Ayrıca etin pişirilmesi hücre yapısını tahrip etmekte ve lipit oksidasyonunu teşvik eden çoklu doymamış yağ asitleri ile prooksidan interaksiyonlara neden olabilmektedir (Ramirez *et al.* 2005). Öte yandan, literatürde pişirme işleminin lipit oksidasyonunu etkilemediğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Serrano *et al.* 2007; Weber *et al.* 2008; Alfaia *et al.* 2010). Bu etki ise TBARS testi ile ölçülen bileşiklerin oldukça reaktif olmaları nedeniyle ette mevcut olan protein ve aminoasitler gibi çeşitli bileşiklerle reaksiyona girmesi ile açıklanmaktadır.

Çizelge 4.16. Pişirme işleminin köftelerin TBARS değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

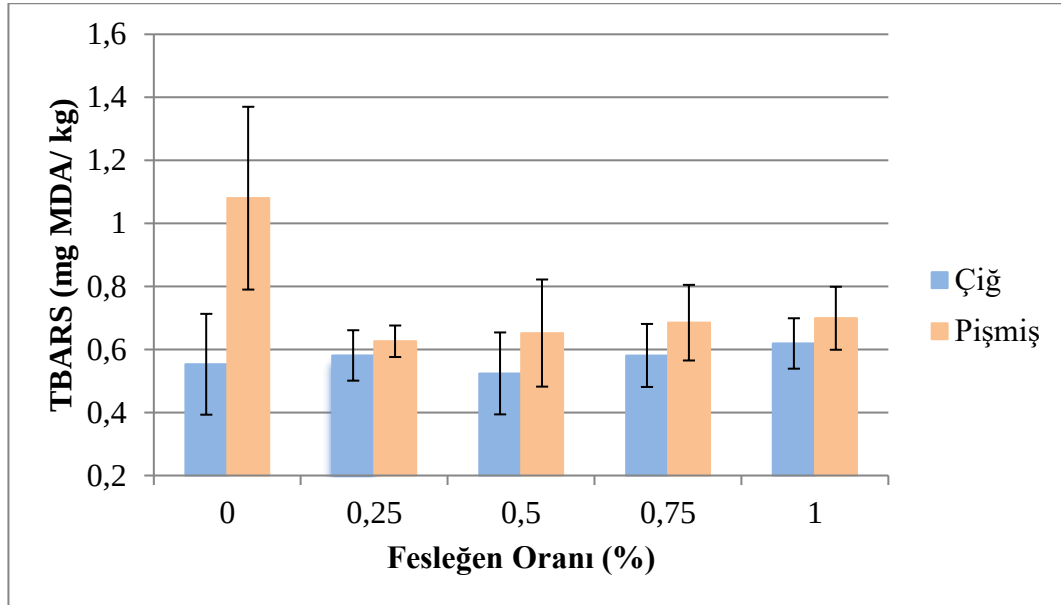
Pişirme İşlemi	n	TBARS (mg MDA/kg) ($\bar{x} \pm SD$)
Çiğ	30	0,571 $\pm$ 0,088b
Pişmiş	30	0,748 $\pm$ 0,231a

Pişirme sıcaklığının köftelerin TBARS değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğu gibi farklı pişirme sıcaklıklarının köftelerin TBARS değerleri üzerine önemli bir etkisi belirlenememiştir ($p>0,05$). Bu sonuca pişirme için seçilen pişirme sıcaklıklarının tamamında lipit oksidasyonunun gerçekteşmesi için gerekli koşulların sağlanması etki ettiği düşünölmektedir.

Çizelge 4.17. Pişirme sıcaklığının köftelerin TBARS değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Piştirme Sıcaklığı	n	TBARS (mg MDA/kg) ($\bar{x} \pm SD$)
150°C	20	0,673±0,273a
200°C	20	0,650±0,136a
250°C	20	0,656±0,158a

Fesleğen oranı x piştirme işlemleri interaksyonunun köftelerin TBARS değerleri üzerine olan etkisi Şekil 4.3’de verilmiştir. Köftelerin tamamında, ısıt işlemler neticesinde TBARS değerinin arttığı, en yüksek artışın kontrol grubunda olduğu, buna karşın fesleğen içeren köftelerde kontrol grubuna kıyasla TBARS değerinde yüksek bir artış görülmediği tespit edilmiştir. Fesleğen ilavesinin pişmiş örneklerde kontrol grubu köftelere kıyasla TBARS değerini önemli oranda düşürdüğü belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Fesleğen oranı x piştirme işlemleri interaksyonunun köftelerin TBARS değerleri üzerine olan etkisi

Isıl işlem görmüş sığır etindeki okside olmuş tat – aroma için TBARS eşik değerinin eğitimli panelistler tarafından 0,5 – 1 mg MDA/kg arasında değiştiği, deneyimsiz panelistler tarafından ise bu değer 0,6 – 2 mg MDA/kg arasında değiştiği belirtilmektedir (Juntachote *et al.* 2006; Cichoski *et al.* 2011). Mevcut araştırma sonuçlarına göre köfte üretiminde fesleğen kullanımının, örneklerin TBARS değerlerinin, anılan eşik değer alt sınırına yakın tutulmasına katkı sağladığı görülmektedir.

4.6. Köftelerin Pişirme Kaybı Sonuçları

Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pişirme kaybı değerleri Çizelge 4.18’de verilmiştir. Kontrol grubu ve farklı oranlarda fesleğen içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesiyle pişirme kaybı değerlerinin %27,40 – 40,47 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18. Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pişirme kaybı değerleri

Oran	n	Pişirme Kaybı ($\bar{x} \pm SD$)		
		150°C	200°C	250°C
0	2	30,98±0,00	36,06±0,16	38,92±0,71
%0,25	2	31,15±0,95	37,38±0,15	40,47±1,68
%0,5	2	28,90±0,24	38,21±1,99	39,63±0,13
%0,75	2	28,25±2,65	36,20±1,94	37,06±0,44
%1	2	27,40±2,38	35,60±3,51	35,30±1,74

Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pişirme kaybı değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir. Köftelerin pişirme kaybı değerleri üzerine; fesleğen

oranının önemli bir etkisi mevcutken ($p<0,05$), pişirme sıcaklığının ise çok önemli etkisinin olduğu ($p<0,01$) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.19. Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pişirme kaybı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
Fesleğen Oranı (FO)	4	12,412	4,621*
Pişirme Sıcaklığı (PS)	2	227,534	84,702**
FO x PS	8	2,063	0,768
Hata	15	2,686	

Köfte üretiminde farklı oranlarda fesleğen kullanımının köftelerin pişirme kaybı değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Köfte üretiminde %1 oranında fesleğen kullanımı, kontrol grubu köfteler ile %0,25 ve 0,5 oranında fesleğen içeren köftelere kıyasla pişirme kaybında önemli derece azalmaya neden olmuştur. Mevcut araştırmada kontrol grubu köfteler ile farklı oranlarda fesleğen içeren köftelerin su içeriklerinin istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olmadığı buna karşın, en yüksek kuru madde içeriğinin %1 oranında fesleğen içeren köftelerde olduğu tespit edilmiştir. Et ve et ürünlerinde pişirme işlemi neticesinde görülen pişirme kaybının asıl nedeninin, pişirme esnasında ürünlerde görülen su kaybı olduğu belirtilmektedir (Rodriguez-Estrada *et al.* 1997). Öte yandan, pişirme işlemi ile etten sadece su değil, suda çözünen bir takım maddelerin de uzaklaştığı bilinmektedir (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.

Çizelge 4.20. Köfte üretiminde farklı oranlarda fesleğen kullanımının köftelerin ham pişirme kaybı değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fesleğen Oranı	n	Pişirme Kaybı ($\bar{x} \pm SD$)
0	6	35,32±3,61ab
%0,25	6	36,33±4,33a
%0,5	6	35,58±5,29ab
%0,75	6	33,83±4,59bc
%1	6	32,77±4,64c

Pişirme sıcaklığının köftelerin pişirme kaybı değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir. Pişirme sıcaklığı arttıkça köftelerin pişirme kaybı değerleri artış göstermiş ve 150°C, 200°C ve 250°C’de pişirilen köftelerin pişirme kaybı değerleri istatistiksel olarak birbirlerinden farklı ($p<0,05$) bulunmuştur. Pişirme kaybının pişirme boyunca et ürünlerinin fizikokimyasal davranışlarını ortaya koymada en önemli parametre olduğu ve genellikle proteinin su ve yağ bağlama yeteneği ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Sayas-Barberá *et al.* 2011). Literatürde pişirme sıcaklığı arttıkça pişirme kaybının arttığını gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır (Öz *et al.* 2015b; Öz and Çakmak 2016; Öz *et al.* 2017; Tengilimoğlu-Metin and Kızıl 2017; Tengilimoğlu-Metin *et al.* 2017; Khan *et al.* 2019).

Çizelge 4.21. Pişirme sıcaklığının köftelerin pişirme kaybı değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Pişirme Sıcaklığı	n	Pişirme Kaybı ($\bar{x} \pm SD$)
150°C	10	29,33±2,00c
200°C	10	36,69±1,81b
250°C	10	38,27±2,14a

4.7. Köftelerin Heterosiklik Aromatik Amin İçeriği Sonuçları

4.7.1. Geri kazanımlar

Mevcut araştırmada HAA'ların geri kazanımlarını belirlemek için standart ilave metodu kullanılmış ve belirli örneklerle ekstraksiyon öncesinde bilinen konsantrasyonlarda (0,5, 1, 2,5, 5 ve 10 ng/g) anılan HAA standartlarından ilave edilmiştir. Ardından yapılan analiz sonrası geri kazanım miktarlarının (recovery) %28,94 – 82,15 arasında değiştiği belirlenmiştir. Analizi yapılan HAA'ların LOD (limit of detection=3) ve LOQ (limit of quantification=10) değerleri ise belirli konsantrasyonlardaki HAA standartlarının Sinyal/Gürültü (S/N) oranlarına göre hesaplanmıştır. HAA'ların LOD değerlerinin 0,004 – 0,025 ng/g, LOQ değerlerinin ise 0,013 – 0,085 ng/g arasında değiştiği belirlenmiştir.

4.7.2. HAA içerikleri

Mevcut araştırmada, analizi yapılan köftelerde analizi yapılan HAA'lardan IQx, IQ, AαC ve MeAαC bileşikleri tespit edilemezken, diğer HAA'lar ise fesleğen oranı ve pişirme sıcaklığına bağlı olarak değişen miktarlarda tespit edilmiştir. Kontrol grubu ile farklı oranlarda fesleğen (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) ilave edilerek hazırlanan köftelerin farklı sıcaklıklarda (150°C, 200°C ve 250°C) pişirilmesi sonucu oluşan HAA miktarları (ng/g) Çizelge 4.22'de verilmiştir. Her bir bileşiğe aşağıda detaylı olarak yer verilmiştir.

Çizelge 4.22. Köftelerin heterosiklik aromatik amin miktarları (ng/g)

Sıcaklık	Oran	IQx	IQ	MeIQx	MeIQ	7,8-DiMeIQx	4,8-DiMeIQx	PhIP	AαC	MeAαC	TOPLAM
150°C	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	%0,25	nd	nd	nq	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nq
	%0,5	nd	nd	nq	nq	nd	nd	nd	nd	nd	nq
	%0,75	nd	nd	nq	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,06
	%1	nd	nd	nq	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	0,08
200°C	0	nd	nd	0,40	nq	nd	nd	nd	nd	nd	0,40
	%0,25	nd	nd	0,41	nq	nd	nd	nd	nd	nd	0,41
	%0,5	nd	nd	0,52	nq	nd	nd	nd	nd	nd	0,52
	%0,75	nd	nd	0,92	nq	nd	nd	nd	nd	nd	0,92
	%1	nd	nd	0,79	nq	nd	nd	nd	nd	nd	0,79
250°C	0	nd	nd	0,63	0,09	0,08	0,08	0,58	nd	nd	1,46
	%0,25	nd	nd	0,62	0,07	nq	nq	nd	nd	nd	0,69
	%0,5	nd	nd	1,52	0,09	nq	nq	nd	nd	nd	1,61
	%0,75	nd	nd	0,93	0,08	nq	nq	nd	nd	nd	1,01
	%1	nd	nd	0,53	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	0,60

nd: Tespit edilemedi (nd=LOD>...), nq: Miktar belirlenemedi (nq=LOD<...<LOQ)

4.7.3. Örneklerin IQx içerikleri

Mevcut araştırmada, kontrol grubu köfteler ile farklı oranlarda (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) fesleğen içeren ve farklı sıcaklıklarda (150°C, 200°C ve 250°C) pişirilen köfte örneklerinin tamamında IQx miktarının algılama sınırının altında (<0,004) kaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde literatürde ısıtma işlem görmüş et ve et ürünlerinde IQx bileşiğinin belirlenemediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Nitekim, Pais *et al.* (1999) 275°C'de 30 dk fırında pişirilen tavuk, sığır, hindi, domuz ve balık etlerinde, Puangsombat and Smith (2010) 191°C'de 12 dk ve 204°C'de 10 dk tavada pişirilen sığır eti köftelerinde, Szterk and Waszkiewicz-Robak (2014) 180°C'de 10 dk elektrikli ızgarada pişirilen sığır etlerinde, Öz and Zikirov (2015) 75°C – 95°C'de 120 – 240 dk boyunca sous vide yöntemi ile pişirilen sığır eti pirzolarında, Öz *et al.* (2016) 150°C ve 200°C'de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında, Szterk (2015) 180°C'de 10 dk ve 280°C'de 7 dk elektrikli ızgarada pişirilen sığır eti pirzolarında, Sabally *et al.* (2016) 223°C'de 20 dk tavada pişirilen sığır eti köftelerinde, Öz and Çakmak (2016) 150°C – 250°C'de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti köftelerinde ve Zeng *et al.* (2016) ise 230°C'de 20 dk fırında pişirilen sığır eti köftelerinde IQx bileşiğini tespit edemediklerini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde IQx bileşiğinin ısıtma işlem görmüş et ve et ürünlerinde değişen miktarlarda tespit edildiğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Öz and Yüzer (2016) 200°C'de 6 – 14 dk mangalda pişirilen sığır etlerinde nd – 0,29 ng/g, Zeng *et al.* (2017a) 225°C'de 20 dk fırında pişirilen sığır eti köftelerinde nd – 0,36 ng/g, Öz *et al.* (2016) 250°C'de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında nd – 0,45 ng/g, Öz *et al.* (2015b) 150°C – 250°C'de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında 0,02 – 0,53 ng/g, Öz and Zikirov (2015) 75°C – 95°C'de 10 – 13 dk tavada pişirilen sığır eti pirzolarında 0,06 – 0,156 ng/g ve Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) ise 150°C – 250°C'de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde 0,45 – 3,48 ng/g arasında IQx bileşiğini belirlemişlerdir.

4.7.4. Örneklerin IQ içerikleri

Mevcut araştırmada, kontrol grubu köfteler ile farklı oranlarda (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) fesleğen içeren ve farklı sıcaklıklarda (150°C, 200°C ve 250°C) pişirilen köfte örneklerinin tamamında IQ miktarının algılama sınırının altında (<0,009) kaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde literatürde ısıtma işlem görmüş et ve et ürünlerinde IQ bileşiğinin belirlenemediğini gösteren başka çalışmalar da mevcuttur. Nitekim, Felton *et al.* (1994a) 150°C’de 4 dk ızgarada pişirilen sığır eti köftelerinde, Felton *et al.* (1994b) mikrodalga fırında 0 – 3 dk ön pişirme sonrasında 200°C’de 12 dk ızgarada pişirilen sığır eti köftelerinde, Knize *et al.* (1994) 150°C’de 2 – 4 dk ızgarada kızartılan sığır eti köftelerinde, Pais *et al.* (1999) 275°C’de 30 dk fırında pişirilen tavuk, sığır, hindi, domuz ve balık etlerinde, Puangsombat and Smith (2010) 191°C’de 12 dk ve 204°C’de 10 dk elektrikli tavada pişirilen sığır eti köftelerinde, Öz and Zikirov (2015) 75°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır eti pirzolarında, Öz *et al.* (2016) 150°C – 250°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında ve Öz and Çakmak (2016) ise 150°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti köftelerinde IQ bileşiğini tespit edemediklerini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde IQ bileşiğinin ısıtma işlem görmüş et ve et ürünlerinde değişen miktarlarda tespit edildiğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Felton *et al.* (1994b) mikrodalga fırında 0 – 3 dk ön pişirme sonrasında 250°C’de 12 dk ızgarada pişirilen sığır eti köftelerinde nd – 0,1 ng/g, Ahn and Grün (2005) 210°C’de 20 dk tavada pişirilen sığır etlerinde nd – 0,60 ng/g, Britt *et al.* (1998) 180°C’de 10 dk tavada kızartılan sığır eti köftelerinde 0,3 – 1,1 ng/g, Balogh *et al.* (2000) 175°C – 250°C’de 12 dk tavada kızartılan sığır eti köftelerinde 0,7 – 2,8 ng/g, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) 200°C – 250°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde 0,31 – 1,85 ng/g, Viegas *et al.* (2012) 180°C’de 6 dk tavada pişirilen sığır etlerinde nd – 6,45 ng/g ve Lu *et al.* (2018) ise 180°C’de 3 dk derin yağda kızartılan sığır eti köftelerinde 2,46 – 11,29 ng/g arasında IQ bileşiği tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

4.7.5. Örneklerin MeIQx içerikleri

Mevcut araştırmada, kontrol grubu köfteler ile farklı oranlarda (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) fesleğen içeren ve farklı sıcaklıklarda (150°C, 200°C ve 250°C) pişirilen köfte örneklerinin MeIQx içeriklerinin $nd - 1,52 \text{ ng/g}$ arasında değiştiği belirlenmiştir. 150°C’de pişirilen kontrol grubu köftelerde MeIQx bileşiği belirlenemezken, aynı sıcaklıkta pişirilen fesleğen ilaveli köftelerde MeIQx bileşiği belirlenmiş, fakat miktarı tespit edilememiştir. %1 fesleğen ilaveli köfteler hariç diğer köftelerin (kontrol grubu köfteler de dâhil) tamamında pişirme sıcaklığının artmasıyla MeIQx miktarı artmış, pişirme sıcaklığının 200°C’den 250°C’ye çıkartılması %1 fesleğen ilaveli köftelerin MeIQx miktarını düşürmüştür. Ayrıca 150°C ve 200°C’de pişirilen köftelerde fesleğen ilavesi, MeIQx miktarını kontrol grubu köftelere kıyasla artırırken, 250°C’de pişirilen köftelerde %0,25 ve %1 fesleğen ilavesi MeIQx miktarını kontrol grubu köftelere kıyasla azaltmıştır.

Mevcut araştırmada köfte üretiminde fesleğen kullanımının bazı köftelerin MeIQx içeriğinde artışa yol açması dikkat çekicidir. IQ-tipi HAA’ların oluşumunda Maillard reaksiyonunun önemli rol oynadığı (Jägerstad *et al.* 1983; Skog *et al.* 1998) ve MeIQx bileşiğinin dialkilpirazin serbest radikalleri ve kreatin’in reaksiyonundan oluştuğu bilinmektedir. Ayrıca bu bileşiğin oluşumunda glisin aminoasidinin de önemli rol aldığı belirtilmektedir (Skog *et al.* 1998; Felton *et al.* 2000). Öte yandan, glisin aminoasidinin ise fesleğenin baskın aminoasitlerinden biri olduğu da bilinmektedir (Anonymous 2019). Bu nedenle köfte üretiminde kullanılan fesleğenin MeIQx içeriğini artırıcı etkiye neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca kullanılan fesleğenin kullanım oranına göre prooksidan etki gösterebileceği veya fesleğenin antioksidan veya prooksidan etkisinin pişirme sıcaklığına bağlı olarak da değişkenlik gösterebileceği düşünülmektedir. Öte yandan, antioksidan özellikteki maddelerin konsantrasyon, yapı, kullanılan test sistemi ve substrata bağlı olarak *in vitro* ve *in vivo* sistemlerde prooksidan etki gösterebileceği de bilinmektedir (Yoshino and Murakami 1995; Maurya and Devasagayam 2010).

Literatürde MeIQx bileşiğinin ısıtılma işlemi görmüş et ve et ürünlerinde değişen miktarlarda tespit edildiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Nitekim, Zeng *et al.* (2018) 225°C’de 20 dk elektrikli ızgarada pişirilen sığır eti köftelerinde nd – 0,31 ng/g, Gibis and Weiss (2012) 230°C’de 4,8 dk kızartılan sığır eti köftelerinde 0,3 – 0,9 ng/g, Abdulkarim and Smith (1998) 190°C’de 10 dk ve 230°C’de 15 dk elektrikli ızgarada pişirilen sığır eti köftelerinde sırasıyla 0,84 ng/g ve 1,00 ng/g, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) 250°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde 0,67 – 1,01 ng/g, Zeng *et al.* (2016) 230°C’de 20 dk fırında pişirilen sığır eti köftelerinde 0,79 – 1,65 ng/g, Gibis and Weiss (2010) 190°C’de 2 – 3 dk kızartılan sığır eti köftelerinde 0,2 – 1,7 ng/g, Ahn ve Grün (2005) 210°C’de 20 dk tavada pişirilen sığır etlerinde 2,31 – 6,51 ng/g, Cheng *et al.* (2007) 200°C’de 12 dk tavada kızartılan sığır eti köftelerinde 2,58 – 7,80 ng/g ve Sabally *et al.* (2016) ise 223°C’de 20 dk tavada pişirilen sığır eti köftelerinde 9,22 – 16,02 ng/g arasında MeIQx tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde ısıtılma işlemi görmüş et ve et ürünlerinde MeIQx bileşiğinin belirlenemediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Nitekim, Abdulkarim and Smith (1998) elektrikli ızgarada 150°C’de 6 dk pişirilen sığır eti köftelerinde ve 15 dk pişirilen sığır etinde, Sinha *et al.* (1998) iç sıcaklıkları 56 – 98°C’ye ulaşınca kadar 6 – 12 dk fırında pişirilen sığır eti köftelerinde, Felton *et al.* (1999) 275°C’de 30 dk fırında pişirilen sığır etinde, Öz and Zikarov (2015) 75°C – 95°C’de 120 – 240 dk boyunca sous vide yöntemi ile pişirilen sığır eti pirzolarında, Öz *et al.* (2015b) 150°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) 150°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde, Korkmaz (2018) 150°C – 200°C’de 8 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti köftelerinde, Nuray (2018) 200°C’de 8 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti köftelerinde ve Lu *et al.* (2018) ise 180°C’de 3 dk derin yağda kızartılan sığır eti köftelerinde MeIQx bileşiğini tespit edemediklerini bildirmişlerdir.

4.7.6. Örneklerin MeIQ içerikleri

Mevcut araştırmada, kontrol grubu köfteler ile farklı oranlarda (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) fesleğen içeren ve farklı sıcaklıklarda (150°C, 200°C ve 250°C) pişirilen köfte örneklerinin MeIQ içeriklerinin nd – 0,09 ng/g arasında değiştiği belirlenmiştir.

150°C’de pişirilen köftelerin üretiminde %0,5, 0,75 ve 1 oranında fesleğen kullanımının MeIQ miktarını artırdığı, 200°C’de pişirilen köftelerin tamamında MeIQ bileşiğinin belirlendiği, fakat miktarının tespit edilemediği ve 250°C’de pişirilen köftelerde ise %0,5 oranında fesleğen kullanımının kontrol grubu köftelere kıyasla MeIQ içeriğini değiştirmedeği, diğer oranlarda fesleğen kullanımının ise MeIQ içeriğinde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir.

Mevcut araştırmada köfte üretiminde fesleğen kullanımının MeIQx içeriğinde olduğu gibi bazı köftelerin MeIQ içeriğinde artışa yol açması da dikkat çekicidir. IQ-tipi HAA’ların oluşumunda Maillard reaksiyonunun önemli rol oynadığı (Jägerstad *et al.* 1983; Skog *et al.* 1998) ve MeIQ bileşiğinin alkilpiridin serbest radikalleri ve kreatin’in reaksiyonundan oluştuğu bilinmektedir (Jägerstad *et al.* 1983; Pearson *et al.* 1992). Ayrıca bu bileşiğin oluşumunda alanin aminoasidinin de önemli rol aldığı belirtilmektedir (Jägerstad *et al.* 1983). Öte yandan, alanin aminoasidinin de fesleğenin baskın aminoasitlerinden biri olduğu bilinmektedir (Anonymous 2019). Bu nedenle köfte üretiminde kullanılan fesleğenin MeIQ içeriğini artırıcı etkiye neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca kullanılan fesleğenin kullanım oranına göre prooksidan etki gösterebileceği veya fesleğenin antioksidan veya prooksidan etkisinin pişirme sıcaklığına bağlı olarak değişkenlik gösterebileceği de düşünülmektedir. Öte yandan, antioksidan özellikteki maddelerin konsantrasyon, yapı, kullanılan test sistemi ve subsrata bağlı olarak *in vitro* ve *in vivo* sistemlerde prooksidan etki gösterebileceği de bilinmektedir (Yoshino and Murakami 1995; Maurya and Devasagayam 2010).

Literatürde MeIQ bileşiğinin ısıtılma işlem görmüş et ve et ürünlerinde değişen miktarlarda tespit edildiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Nitekim, Britt *et al.* (1998) 180°C’de 10 dk tavada kızartılan sığır eti köftelerinde 0,3 – 0,6 ng/g, Öz *et al.* (2016) 250°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında nd – 0,07 ng/g, Nuray (2018) 200°C’de 8 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti köftelerinde 0,05 – 0,1 ng/g, Ahn and Grün (2005) 210°C’de 20 dk tavada pişirilen sığır etlerinde nd – 1,15 ng/g, Balogh *et al.* (2000) 175°C – 250°C’de 12 dk tavada kızartılan sığır eti köftelerinde 0,1 – 2 ng/g, Szterk (2015) 180°C’de 10 dk ve 280°C’de 7 dk elektrikli

ızgarada pişirilen sığır eti pirzolarında sırasıyla 1,71 ng/g ve 2,99 ng/g, Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) 150°C – 250°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde 2,02 – 6,35 ng/g ve Lu *et al.* (2018) ise 180°C’de 3 dk derin yağda kızartılan sığır eti köftelerinde 3,03 – 18,09 ng/g arasında MeIQ tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde ısıtıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde MeIQ bileşiğinin belirlenemediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Nitekim, Sinha *et al.* (1998) iç sıcaklıkları 56 – 98°C’ye ulaşınca kadar 6 – 12 dk fırında pişirilen sığır eti köftelerinde, Melo *et al.* (2008) 180°C – 200°C’de 8 dk tavada kızartılan sığır eti köftelerinde, Puangsombat and Smith (2010) 191°C’de 12 dk ve 204°C’de 10 dk elektrikli tavada pişirilen sığır eti köftelerinde, Öz and Zikarov (2015) 75°C – 95°C’de 120 – 240 dk boyunca sous vide yöntemi ile pişirilen sığır eti pirzolarında, Öz *et al.* (2016) 150°C ve 200°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında ve Öz and Yüzer (2016) ise 200°C’de 8 – 14 dk mangalda pişirilen sığır etlerinde MeIQ bileşiğini tespit edemediklerini bildirmişlerdir.

4.7.7. Örneklerin 7,8-DiMeIQx içerikleri

Mevcut araştırmada, kontrol grubu köfteler ile farklı oranlarda (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) fesleğen içeren ve farklı sıcaklıklarda (150°C, 200°C ve 250°C) pişirilen köfte örneklerinin 7,8-DiMeIQx içeriklerinin nd – 0,08 ng/g arasında değiştiği belirlenmiştir. Kontrol grubu köfteler ile farklı oranlarda fesleğen içeren ve 150°C ile 200°C’de pişirilen köfte örneklerinin tamamında 7,8-DiMeIQx miktarının algılama sınırının altında (<0,005) kaldığı belirlenmiştir. 7,8-DiMeIQx bileşiği 250°C’de pişirilen kontrol grubu köftelerde 0,08 ng/g olarak tespit edilirken, farklı oranlarda fesleğen kullanımı bu sıcaklıkta pişirilen köftelerin tamamında 7,8-DiMeIQx bileşik miktarının azalmasına neden olmuştur. %0,25, 0,5 ve 0,75 oranlarında fesleğen içeren köftelerde 7,8-DiMeIQx bileşiği tespit edilmiş, fakat miktarı belirlenememiştir. Öte yandan, %1 fesleğen ilaveli köftelerde ise 7,8-DiMeIQx miktarı algılama sınırının altında kalmıştır. Literatürde 7,8-DiMeIQx bileşiğinin ısıtıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde değişen miktarlarda tespit edildiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Nitekim, Haskaraca *et al.* (2014) 3,5 – 8,5 dk derin yağda kızartılan tavuk bagetlerde nd – nq, Tengilimoğlu-Metin and Kızıl

(2017) 150°C – 250°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde 0,01 – 0,04 ng/g, Öz and Çakmak (2016) 150°C – 250°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti köftelerinde 0,02 – 0,15 ng/g ve Öz et al. (2015b) ise 200°C – 250°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında nq – 0,19 ng/g arasında 7,8-DiMeIQx bileşiği tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde ısıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde 7,8-DiMeIQx bileşiğinin belirlenemediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Nitekim, Melo *et al.* (2008) 180°C – 200°C’de 8 dk tavada kızartılan sığır eti köftelerinde, Szterk (2015) 180°C’de 10 dk ve 280°C’de 7 dk elektrikli ızgarada pişirilen sığır eti pirzolarında, Öz *et al.* (2015b) 150°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında, Zeng *et al.* (2016) 230°C’de 20 dk fırında pişirilen sığır eti köftelerinde, Öz *et al.* (2017) 150°C – 250°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti köftelerinde ve Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) ise 150°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde 7,8-DiMeIQx bileşiğini tespit edemediklerini bildirmişlerdir.

4.7.8. Örneklerin 4,8-DiMeIQx içerikleri

Mevcut araştırmada, kontrol grubu köfteler ile farklı oranlarda (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) fesleğen içeren ve farklı sıcaklıklarda (150°C, 200°C ve 250°C) pişirilen köfte örneklerinin 4,8-DiMeIQx içeriklerinin nd – 0,08 ng/g arasında değiştiği belirlenmiştir. Kontrol grubu köfteler ile farklı oranlarda fesleğen içeren ve 150°C ile 200°C’de pişirilen köfte örneklerinin tamamında 4,8-DiMeIQx miktarının algılama sınırının altında (<0,008) kaldığı belirlenmiştir. 4,8-DiMeIQx bileşiği 250°C’de pişirilen kontrol grubu köftelerde 0,08 ng/g olarak tespit edilirken, farklı oranlarda fesleğen kullanımı bu sıcaklıkta pişirilen köftelerin tamamında 4,8-DiMeIQx miktarının azalmasına neden olmuştur. %0,25, 0,5 ve 0,75 oranlarında fesleğen içeren köftelerde 4,8-DiMeIQx bileşiği tespit edilmiş fakat miktarı belirlenememiştir. Öte yandan, %1 fesleğen ilaveli köftelerde ise 4,8-DiMeIQx bileşiğinin miktarı algılama sınırının altında kalmıştır. Literatürde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin ısıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde değişen miktarlarda tespit edildiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Nitekim, Öz and Çakmak (2016) 250°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti köftelerinde nd – 0,08 ng/g, Felton *et al.* (1999) 275°C’de 30 dk fırında pişirilen sığır etinde 0,2 ng/g,

Zeng *et al.* (2017a) 225°C’de 20 dk fırında pişirilen sığır eti köftelerinde nd – 0,21 ng/g, Ahn and Grün (2005) 210°C’de 20 dk tavada pişirilen sığır etlerinde nd – 1,36 ng/g, Zhu *et al.* (2016) 230°C’de 20 dk fırında pişirilen sığır eti köftelerinde 0,03 – 1,42 ng/g, Britt *et al.* (1998) 180°C’de 10 dk tavada kızartılan sığır eti köftelerinde 0,5 – 2,7 ng/g, Balogh *et al.* (2000) 175°C – 250°C’de 12 dk tavada kızartılan sığır eti köftelerinde 0,8 – 3 ng/g, Viegas *et al.* (2012) 180°C’de 6 dk tavada pişirilen sığır etlerinde nd – 3,6 ng/g, Sabally *et al.* (2016) 223°C’de 20 dk tavada pişirilen sığır eti köftelerinde 2,28 – 4,38 ng/g ve Lu *et al.* (2018) ise 180°C’de 3 dk derin yağda kızartılan sığır eti köftelerinde 4,72 – 19,9 ng/g arasında 4,8-DiMeIQx bileşiği tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde ısıtılma işlemi görmüş et ve et ürünlerinde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin belirlenemediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Nitekim, Sinha *et al.* (1998) iç sıcaklıkları 52 – 93°C’ye ulaşınca kadar 15 – 33 dk tavada kızartılan sığır etlerinde, Keşkekoğlu and Üren (2014) 280°C’de mangalda 20 dk pişirilen sığır eti köftelerinde, Özdestan *et al.* (2014) 225°C’de 20 dk fırında pişirilen sığır eti köftelerinde, Öz *et al.* (2015b) 150°C – 250°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında ve Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) ise 150°C – 250°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde 4,8-DiMeIQx bileşiğini tespit edemediklerini bildirmişlerdir.

4.7.9. Örneklerin PhIP içerikleri

Mevcut araştırmada, kontrol grubu köfteler ile farklı oranlarda (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) fesleğen içeren ve farklı sıcaklıklarda (150°C, 200°C ve 250°C) pişirilen köfte örneklerinin PhIP içeriklerinin nd – 0,58 ng/g arasında değiştiği belirlenmiştir. Kontrol grubu köfteler ile farklı oranlarda fesleğen içeren ve 150°C ile 200°C’de pişirilen köfte örneklerinin tamamında PhIP miktarının algılama sınırının altında (<0,025) kaldığı belirlenmiştir. PhIP bileşiği 250°C’de pişirilen kontrol grubu köftelerde 0,58 ng/g olarak tespit edilirken, fesleğen kullanımı bu sıcaklıkta pişirilen köftelerin tamamında PhIP bileşik miktarının azalmasına neden olmuştur. %0,25, 0,5, 0,75 ve 1 oranlarında fesleğen içeren tüm köftelerde PhIP miktarı algılama sınırının altında kalmıştır. Öte yandan, Damašius *et al.* (2011) yaptığı çalışmada %0,2 ve %0,5 oranlarında fesleğen

ekstraktı ilave ederek 200°C’de 20 dk ızgara yaptıkları sığır etinde, her iki oranda da fesleğen ekstraktı kullanımının kontrol grubu et örneklerine kıyasla PhIP içeriğinde artışa neden olduğunu tespit etmiş ve bunun nedenini kullanılan oranlarda fesleğen ekstraktının prooksidan etki göstermesi ile açıklamışlardır.

Literatürde PhIP bileşiğinin ısıtılma işlemi görmüş et ve et ürünlerinde değişen miktarlarda tespit edildiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Nitekim, Gibis and Weiss (2012) 230°C’de 4,8 dk kızartılan sığır eti köftelerinde $nd - 0,2$ ng/g, Gibis and Weiss (2010) 190°C’de 2 – 3 dk kızartılan sığır eti köftelerinde $0,1 - 0,2$ ng/g, Keşkekoğlu and Üren (2014) 150°C’de mangalda 5 dk derin yağda kızartılan sığır eti köftelerinde $0,51 - 0,69$ ng/g, Öz *et al.* (2016) 200°C – 250°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında $nd - 2,24$ ng/g, Özdestan *et al.* (2014) 225°C’de 20 dk fırında pişirilen sığır eti köftelerinde $0,46 - 5,18$ ng/g, Zeng *et al.* (2017b) 225°C’de 20 dk fırında pişirilen sığır eti köftelerinde $1,89 - 7,11$ ng/g, Cheng *et al.* (2007) 200°C’de 12 dk tavada kızartılan sığır eti köftelerinde $2,05 - 7,83$ ng/g, Sabally *et al.* (2016) 223°C’de 20 dk tavada pişirilen sığır eti köftelerinde $4,18 - 10,41$ ng/g ve Lu *et al.* (2018) ise 180°C’de 3 dk derin yağda kızartılan sığır eti köftelerinde $2,81 - 13,85$ ng/g arasında PhIP bileşiği tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Bununla birlikte sığır etinde yüksek seviyelerde PhIP bileşiğinin belirlendiği araştırmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Balogh *et al.* (2000) 225°C’de 20 dk tavada kızartılan sığır eti köftelerinde $31,4$ ng/g, Gross (1999) 190°C’de 13 dk tavada kızartılan örneklerde ise 48 ng/g’a kadar PhIP bileşiğinin belirlendiğini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde ısıtılma işlemi görmüş et ve et ürünlerinde PhIP bileşiğinin belirlenemediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Nitekim, Johansson and Jägerstad (1994) ısıtıcı plakada 10 dk pişirilen sığır etlerinde, Öz and Zikarov (2015) 95°C’de 120 – 240 dk boyunca sous vide yöntemi ile pişirilen sığır eti pirzolarında, Öz *et al.* (2016) 150°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında, Öz *et al.* (2015c) 180°C’de 25 dk tavada pişirilen kaz etlerinde, Öz and Yüzer (2016) 200°C’de 8 – 14 dk mangalda pişirilen sığır etlerinde ve Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) ise 150°C – 200°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde PhIP bileşiğini tespit edemediklerini bildirmişlerdir.

4.7.10. Örneklerin AαC içerikleri

Mevcut araştırmada, kontrol grubu köfteler ile farklı oranlarda (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) fesleğen içeren ve farklı sıcaklıklarda (150°C, 200°C ve 250°C) pişirilen köfte örneklerinin tamamında AαC miktarının algılama sınırının altında (<0,012) kaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde literatürde ısıtıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde AαC bileşiğinin belirlenemediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Nitekim, Pais *et al.* (1999) 275°C’de 30 dk fırında pişirilen tavuk, sığır, hindi, domuz ve balık etlerinde, Viegas *et al.* (2012) 180°C’de 6 dk tavada pişirilen sığır etlerinde, Zeng *et al.* (2016) 230°C’de 20 dk fırında pişirilen sığır eti köftelerinde ve Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) ise 150°C – 200°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde AαC bileşiğini tespit edemediklerini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde AαC bileşiğinin ısıtıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde değişen miktarlarda tespit edildiğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Öz and Yüzer (2016) 200°C’de 6 – 14 dk mangalda pişirilen sığır etlerinde nd – 0,2 ng/g, Öz and Çakmak (2016) 200°C – 250°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti köftelerinde nd – 0,83 ng/g, Ahn and Grün (2005) 210°C’de 20 dk tavada pişirilen sığır etlerinde nd – 1,47 ng/g ve Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) ise 250°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde 0,8 – 2,75 ng/g arasında AαC bileşiği tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

4.7.11. Örneklerin MeAαC içerikleri

Mevcut araştırmada, kontrol grubu köfteler ile farklı oranlarda (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) fesleğen içeren ve farklı sıcaklıklarda (150°C, 200°C ve 250°C) pişirilen köfte örneklerinin tamamında MeAαC miktarının algılama sınırının altında (<0,010) kaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde literatürde ısıtıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde MeAαC bileşiğinin belirlenemediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Nitekim, Pais *et al.* (1999) 275°C’de 30 dk fırında pişirilen tavuk, sığır, hindi, domuz ve balık etlerinde, Viegas *et al.* (2012) 180°C’de 6 dk tavada pişirilen sığır etlerinde, Öz and Yüzer (2016) 200°C’de 6 – 14 dk mangalda pişirilen sığır etlerinde, Zeng *et al.* (2016) 230°C’de 20 dk fırında pişirilen sığır eti köftelerinde ve Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) ise

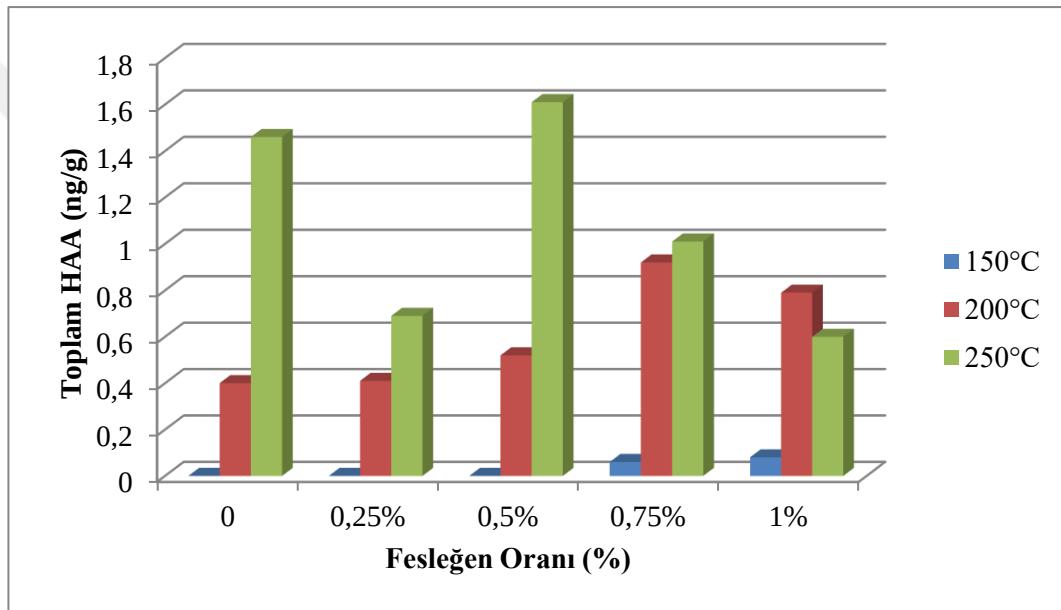
150°C – 250°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde MeAaC bileşiğini tespit edemediklerini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde MeAaC bileşiğinin ısıtma işlem görmüş et ve et ürünlerinde değişen miktarlarda tespit edildiğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Öz and Çakmak (2016) 250°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti köftelerinde nd – 0,05 ng/g ve Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) ise 150°C – 250°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde nd – 0,48 ng/g arasında AaC bileşiği tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

4.7.12. Örneklerin toplam heterosiklik aromatik amin içeriği

Mevcut araştırmada analizi yapılan köfte örneklerinde toplam HAA miktarlarının köfte üretiminde kullanılan fesleğen oranına (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) ve pişirme sıcaklığına (150°C, 200°C ve 250°C) bağlı olarak nd – 1,61 ng/g arasında değiştiği tespit edilmiştir. 150°C’de pişirilen köftelerin toplam HAA içeriklerinin tamamının MeIQ bileşiğine, 200°C’de pişirilen köftelerin ise toplam HAA içeriklerinin tamamının MeIQx bileşiğine ait olduğu belirlenmiştir. 250°C’de pişirilen fesleğen ilave edilmemiş kontrol grubu köftelerin toplam HAA içeriklerinin MeIQx (%43,15), PhIP (%39,73) MeIQ (%6,16), 7,8-DiMeIQx (%5,48) ve 4,8-DiMeIQx (%5,48) bileşiklerine ait olduğu belirlenirken, farklı oranlarda fesleğen içeren ve aynı sıcaklıkta pişirilen köftelerin ise toplam HAA içeriklerinin tamamının MeIQx (%94,41 – 88,34) ve MeIQ (%5,59 – 11,66) bileşiklerine ait olduğu belirlenmiştir.

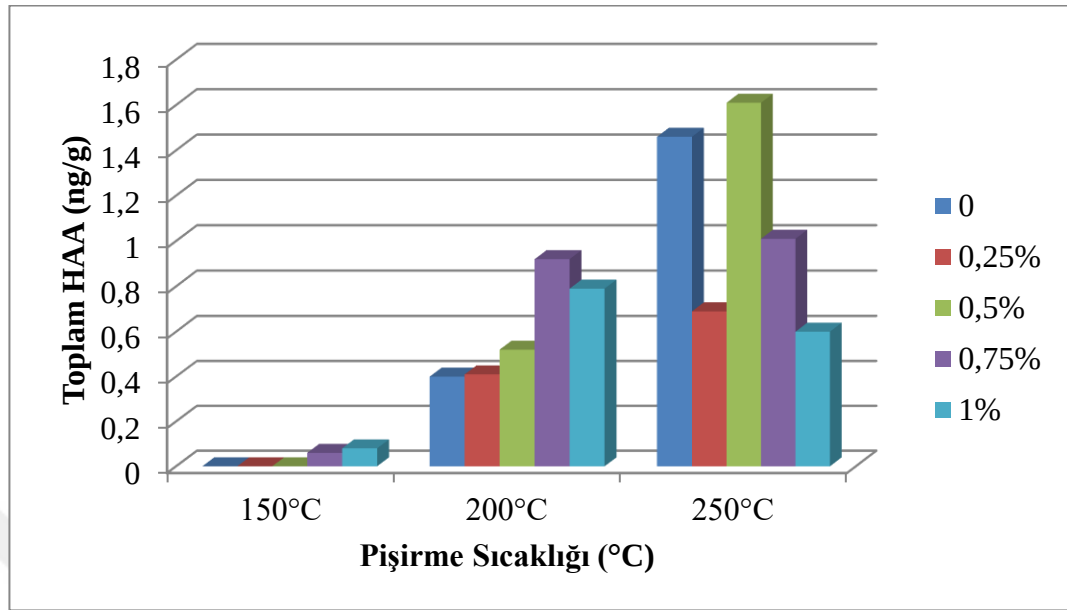
Toplam HAA içeriği bakımından mevcut araştırmada elde edilen sonuçları literatürdeki veriler ile karşılaştırmak oldukça zordur. Bunun iki nedeni mevcuttur. İlki, mevcut araştırmanın, köfte üretiminde farklı oranlarda fesleğen kullanımının HAA’ların oluşumu üzerine etkisinin araştırıldığı ilk çalışma olması, ikincisi ise HAA içeriği üzerine pişirme yöntemi, sıcaklığı, süresi, HAA prekürsörlerinin varlığı ve miktarı, pişirmede kullanılan et tipi vb. pek çok faktörün etki ettiğinin (Pais *et al.* 1999) bilinmesidir. Öte yandan, mevcut araştırmada analiz edilen köftelerde hesaplanan toplam HAA miktarının literatürdeki verilere kıyasla genellikle daha düşük olduğu görülmektedir.

Kontrol grubu köfteler ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi neticesinde hesaplanan toplam HAA içeriği Şekil 4.4’de şematize edilmiştir. Hem kontrol grubu hem de %0,25, 0,5 ve 0,75 oranlarında fesleğen içeren köftelerin toplam HAA içeriklerinin pişirme sıcaklığının artışına paralel olarak artış gösterdiği, ancak %1 oranında fesleğen içeren köftelerde ise bu artışın 200°C pişirme sıcaklığına kadar olduğu ve bu sıcaklıktan sonra ise toplam HAA içeriğinin azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.4. Köfte örneklerinin fesleğen oranına bağlı toplam HAA içerikleri

Farklı sıcaklıklarda pişirilen kontrol grubu köfteler ile farklı oranlarda fesleğen ilave edilerek hazırlanan köftelerin toplam HAA içeriği Şekil 4.5’de şematize edilmiştir. 150°C ve 200°C pişirme sıcaklıklarında, fesleğen kullanımı toplam HAA içeriğinde artışa neden olurken, 250°C’de ise sadece %0,5 fesleğen kullanımı toplam HAA içeriğinde kontrol grubu köftelere kıyasla artışa neden olmuş, %0,25, 0,75 ve 1 oranlarında fesleğen kullanımı ise toplam HAA içeriğinde azalmaya (%30,82 – 58,90) neden olmuştur.



Şekil 4.5. Köfte örneklerinin piştirme sıcaklığına bağlı toplam HAA içerikleri

Mevcut araştırmada elde edilen sonuçlar, köfte üretiminde fesleğen kullanımının, kullanım oranı ve piştirme sıcaklığına bağlı olarak hem bireysel HAA'lar hem de toplam HAA içeriği üzerine hem artırıcı hem de azaltıcı etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Fesleğenin HAA'lar üzerine inhibe edici etkisinin, sahip olduğu fenolik bileşiklerin antioksidan etkisi nedeniyle olduğu düşünülürken, artırıcı etkisinin ise köftelerde prooksidan etki göstermesine bağlanmaktadır. Antioksidanlar bazen HAA'ların oluşumunda önemli role sahip olan radikal reaksiyonların farklı aşamalarını interfere ederek HAA içeriğinde azalmaya neden olurken bazen ise prooksidan etki göstererek HAA'ların oluşumunu artırabilmektedir. Literatürde antioksidanların HAA oluşumunu azalttığına dair çok sayıda araştırma bulunmaktadır (Melo *et al.* 2008; Cheng *et al.* 2009; Gibis and Weiss 2010; Puangsombat and Smith 2010; Öz and Kaya 2011; Rounds *et al.* 2012; Öz *et al.* 2016). Öte yandan, antioksidan özellikteki maddelerin konsantrasyon, yapı, kullanılan test sistemi ve substrata bağlı olarak *in vitro* ve *in vivo* sistemlerde prooksidan etki gösterebileceği de bilinmektedir (Yoshino and Murakami 1995; Maurya and Devasagayam 2010). Bu nedenle et ürünlerinin imalatında yer alan bazı antioksidanların HAA oluşumunu artırdığına yönelik çalışmalar da yine literatürde bulunmaktadır (Damašius *et al.* 2011; Keşkekoğlu and Üren 2014; Öz and Çakmak 2016; Zeng *et al.* 2017a).

Puangsoombat and Smith (2010) köfte üretiminde farklı oranlarda (%0,05, 0,2 ve 0,5) biberiye – su ekstraktı kullanımı ve farklı pişirme sıcaklıklarının (191°C ve 204°C) köftelerin HAA içeriği üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları araştırmada, köfte üretiminde farklı oranlarda biberiye – su ekstraktı kullanımının toplam HAA miktarını %54,7 – 78,3 oranında azalttığını ve pişirme sıcaklığındaki artışın tüm köftelerin toplam HAA miktarını artırdığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar analizi yapılan köftelerin toplam HAA içeriğinin ise 1,76 – 11,82 ng/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Öz and Kaya (2011b) kırmızı biberin farklı sıcaklıklarda (175°C, 200°C ve 225°C) kızartılan sığır etinde (*M. Longissimus dorsi*) HAA içeriği üzerine inhibitör etkisini araştırdıkları çalışmada, kırmızı biber kullanımının toplam HAA miktarını %75,67 – 100 oranında azalttığını ve toplam HAA miktarının kontrol grubu örneklerde 2,63 – 9,47 ng/g arasında değiştiğini, buna karşın kırmızı biber eklenen örneklerde ise bu miktarın nd – 0,64 ng/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Zhu *et al.* (2016) diyet fenolik bileşiklerinin HAA oluşumu üzerindeki inhibitör etkilerini değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada, 8 farklı flavonoid ekledikleri ve 230°C’de 20 dk pişirilen sığır eti köftelerinde; kontrol grubu köftelerin toplam HAA miktarını 24,45 ng/g olarak belirlerken, flavonoid ekledikleri köftelerde ise toplam HAA miktarının 8,86 – 18,98 ng/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Skog (2002) HAA’ların kabul edilebilen günlük tüketim miktarının kişi başı 0 – 15 µg/gün olduğunu belirtmektedir. Mevcut araştırmada, toplam HAA içeriğinin en yüksek olduğu 250°C’de pişirilen %0,5 fesleğen içeren köftelerden 100 g yenmesi durumunda bile, alım miktarının 1 µg’ın çok altında olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Köfte üretiminde farklı oranlarda (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) fesleğen kullanımının köftelerin çeşitli kalite kriterleri ve heterosiklik aromatik amin oluşumu üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Köfte üretiminde kullanılan fesleğen ile referans olarak seçilen gallik asidin DPPH serbest radikal giderme aktivitelerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadıkları ($p>0,05$) tespit edilmiştir.
2. Köfte üretiminde fesleğen kullanımının, kontrol grubu köftelere kıyasla TBARS değerini önemli düzeyde düşürdüğü ve farklı fesleğen kullanım oranları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir.
3. Pişirme işlemi ile köftelerin su içeriğinde önemli bir azalma, pH ve TBARS değerlerinde ise önemli bir artış tespit edilmiştir.
4. Pişirme sıcaklığının köftelerin su, pH ve pişirme kaybı değerleri üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.
5. Köfte üretiminde fesleğen kullanımı ısıtılmış köftelerde kontrol grubuna kıyasla TBARS değerini önemli oranda düşürmüştür.
6. Analizi yapılan heterosiklik aromatik aminlerden IQx, IQ, AaC ve MeAaC bileşikleri köfte örneklerinin hiçbirinde tespit edilememiştir.
7. Mevcut araştırmada, değişen miktarlarda MeIQx (1,52 ng/g'a kadar), MeIQ (0,09 ng/g'a kadar), 7,8-DiMeIQx (0,08 ng/g'a kadar), 4,8-DiMeIQx (0,08 ng/g'a kadar) ve PhIP (0,58 ng/g'a kadar) belirlenmiştir.
8. Örneklerin toplam HAA içeriğinin $nd - 1,61$ ng/g arasında değiştiği belirlenmiştir.
9. Köfte üretiminde fesleğen kullanımının HAA oluşumu üzerine azaltıcı veya artırıcı etkisinin kullanım oranı ve pişirme sıcaklığına bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.
10. Pişirme sıcaklığı arttıkça %1 fesleğen ilaveli köfteler hariç toplam HAA içeriğinin arttığı belirlenmiştir.

11. 150°C ve 200°C pişirme sıcaklıklarında fesleğen kullanımının HAA oluşumunu artırdığı, buna karşın 250°C pişirme sıcaklığında ise %0,5 fesleğen ilaveli köfteler hariç diğer oranlarda fesleğen kullanımı toplam HAA içeriğini azaltmıştır.
12. 250°C’de pişirilen köftelerde fesleğen kullanımı 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx ve PhIP içeriğinde önemli azalmaya neden olmuştur.



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.
- Ahn, J. and Grün, I.U., 2005. Heterocyclic amines: 2. Inhibitory effects of natural extracts on the formation of polar and nonpolar heterocyclic amines in cooked beef. *Journal of Food Science*, 70(4), 263-268.
- Alaejos, M.S. and Afonso, A.M., 2011. Factors that affect the content of heterocyclic aromatic amines in foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(2), 52-108.
- Alaejos, M.S., González, V. and Afonso, A. M., 2008. Exposure to heterocyclic aromatic amines from the consumption of cooked red meat and its effect on human cancer risk: A review. *Food Additives and Contaminants*, 25(1), 2-24.
- 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.
- Anonim, 2012. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği. Tebliği No: 2012/74.
- Anonim, 2015. T.C. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü. Türkiye'ye Özgü Besin ve Beslenme Rehberi, Ankara.
- Anonymous, 2019. <http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=85>
- Aruna, K. and Sivaramakrishnan, V.M., 1992. Anticarcinogenic effects of some Indian plant products. *Food and Chemical Toxicology*, 30(11), 953-956.
- 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, 395-401.
- Berry, B.W., 1992. Low fat level effects on sensory, shear, cooking, and chemical properties of ground beef patties. *Journal of Food Science*, 57(3), 537-537.
- Blois, M.S., 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 26, 1199-1200.
- 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.
- Bursal, E., 2009. Kivi Meyvesinin (*Actinidia deliciosa*) Antioksidan ve Antiradikal Aktivitelerinin Belirlenmesi, Karbonik Anhidraz Enziminin Saflaştırılması ve Karakterizasyonu. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Y. Lisans Tezi, Erzurum.
- Chen, B. H. and Meng, C. N., 1999. Formation of heterocyclic amines in a model system during heating. *Journal of Food Protection*, 62(12), 1445-1450
- Cheng, K., Chen, F. and Wang, M., 2007. Inhibitory activities of dietary phenolic compounds on heterocyclic amine formation in both chemical model system and beef patties. *Molecular Nutrition & Food Research*, 51(8), 969-976.
- Cheng, K., Wong, C. C., Chao, J., Lo, C., Chen, F., Chu, I.K., Che, C.M., Ho, C. and Wang, M., 2009. Inhibition of mutagenic PhIP formation by epigallocatechin

- gallate via scavenging of phenylacetaldehyde. *Molecular Nutrition & Food Research*, 53(6), 716-725.
- Cichoski, A.J., Cansian, R.L., Oliveira, D., Gaio, I. and Saggirato, A.G., 2011. Lipid and protein oxidation in the internal part of Italian type salami containing basil essential oil (*Ocimum basilicum* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(2), 436-442.
- Copetta, A., Lingua, G. and Berta, G., 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. *Mycorrhiza*, 16(7), 485-494.
- Çakmak, İ.H., 2015. Köfte Üretiminde Konjuge Linoleik Asit Kullanımının Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna Etkisi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Çelebi, Ç., 2010. Fesleğenin (*Ocimum basilicum*) Fenolik Madde Dağılımı ve Antioksidan Aktivitesinin Belirlenmesi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Damašius, J., Venskutonis, P., Ferracane, R., Fogliano, V., (2011). Assessment of the influence of some spice extracts on the formation of heterocyclic amines in meat. *Food Chemistry*, 126, 149-156.
- Domínguez, R., Gómez, M., Fonseca, S. and Lorenzo, J.M., 2014. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. *Meat Science*, 97 (2), 223-230.
- El-Alim, S.S.L.A., Lugasi, A., Hovari, J. and Dworschak, E., 1999. Culinary herbs inhibit lipid oxidation in raw and cooked minced meat patties during storage. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 79, 277-285.
- Felton, J.S., Fultz, E., Dolbeare, F.A. and Knize, M.G., 1994b. Reduction of heterocyclic aromatic amine mutagens/carcinogens in fried beef patties by microwave pretreatment. *Food and Chemical Toxicology*, 32 (10), 897-903.
- Felton, J.S., Jägerstad, M., Knize, M.G., Skog, K. and Wakabayashi, K., 2000. Contents in foods, beverages and tobacco. John Wiley and Sons Ltd, 373 p, Chichester, UK.
- Felton, J.S., Knize, M.G., Dolbeare, F.A. and Wu, R., 1994a. Mutagenic activity of heterocyclic amines in cooked foods. *Environ Health Perspect*, 102(6): 201-204.
- Felton, J.S., Knize, M.G., Hatch, F.T., Tanga, M.J. and Colvina, M.E., 1999. Heterocyclic amine formation and the impact of structure on their mutagenicity. *Cancer Letters*, 143, 127-134.
- Felton, J.S., Malfatti, M.A., Knize, M.G., Salmon, C.P., Hopmans, E.C. and Wu, R.W., 1997. Health risks of heterocyclic amines. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 376(1-2), 37-41.
- Filip, S., 2017. Basil (*Ocimum basilicum* L.) a source of valuable phytonutrients. *International Journal of Clinical Nutrition & Dietetics*. 118(3), 1-5.
- 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.
- 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.

- Gibis, M. and Weiss, J., 2012. Antioxidant capacity and inhibitory effect of grape seed and rosemary extract in marinades on the formation of heterocyclic amines in fried beef patties. *Food Chemistry*, 134, 766-774.
- Girard, P.J., 1992. *Cooking. Technology of Meat and Meat Products*. France, 32-83.
- Gonzalez, S., Fernandez, M., Cuervo, A. and Lasheras, C., 2013. Dietary intake of polyphenols and major food sources in an institutionalised elderly population. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 27(2), 176-183.
- 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.
- Gülçin, İ., Elmastaş, M. and Aboul-Enein, H.Y., 2007. Determination of antioxidant and radical scavenging activity of basil (*Ocimum basilicum* L. Family Lamiaceae) assayed by different methodologies. *Phytotherapy Research*, 21, 354-361.
- Haskaraca, G., Demirok, E., Kolsarıcı, N., Öz, F. and Özşaraç, N., 2014. Effect of green tea extract and microwave pre - cooking on the formation of heterocyclic aromatic amines in fried chicken meat products. *Food Research International*, 63, 373-381.
- 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.
- 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 food. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung A*, 207, 419-427.
- Jayasinghe, C., Gotoh, N., Aoki, T. and Wada, S., 2003. Phenolics composition and antioxidant activity of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 4442-4449.
- Jinap, S., Iqbal, S. Z. and Selvam, R. M. P., 2015. Effect of selected local spices marinades on the reduction of heterocyclic amines in grilled beef (satay). *Food Science and Toxicology*, 63, 919-926.
- Juntachote, T., Berghofer, E., Siebenhandl, S. and Bauer, F., 2007. Antioxidative effect of added dried Holy basil and its ethanolic extracts on susceptibility of cooked ground pork to lipid oxidation. *Food Chemistry*, 100(1), 129-135.
- Juntachote, T., Berghofer, E., Siebenhandl, S. and Bauer, F., 2006. The antioxidative properties of Holy basil and Galangal in cooked ground pork. *Meat Science*, 72 (3), 446-456.
- Karre, L., Lopez, K. and Getty, K.J.K., 2013. Natural antioxidants in meat and poultry products. *Meat Science*, 94(2), 220-227.
- Keşkekoğlu, Ü. 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.

- Khan, I.A., Liu, D., Yao, M., Memon, A., Huang, J. and Huanga, M., 2019. Inhibitory effect of *Chrysanthemum morifolium* flower extract on the formation of heterocyclic amines in goat meat patties cooked by various cooking methods and temperatures. *Meat Science*, 147, 70-81.
- 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.
- Knize, M.G., Dolbeare, F.A., Carroll, K.L., Moore, D.H. and Felton, J.S., 1994. 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 highperformance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 763 (1-2), 179-185.
- Korkmaz, A., 2018. Köfte Üretiminde Kurutulmuş Ekmek Kullanımının Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Etkisi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kuzelov, A., Andronikov, D., Taskov, N., Sofijanov, E. and Saneva, D., 2017. Oxidative stability effect of basil, garlic and muscat blossom extracts on lipids and microbiology of minced meat. *Comptes rendus de l'Académie Bulgare des Sciences*, 70(9), 1227-1236.
- Lee, J. and Scagel, C.F., 2009. Chicoric acid found in basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chemistry*, 115(2), 650-656.
- Lee, K.A., Kim, K.T., Kim, H.J., Chung, M.S., Chang, P.S., Park, H. and Paik, H.D., 2014. Antioxidant activities of onion (*Allium cepa* L.) peel extracts produced by ethanol, hot water, and subcritical water extraction. *Food Science and Biotechnology of Animal Resources*, 23(2), 615-621.
- Liao, G., Xu, X. and Zhou, G., 2009. Effects Of Cooked Temperatures and addition of antioxidants on formation of heterocyclic aromatic amines in pork floss. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33(2), 159-175.
- Lu, F., Gunter, K., Kuhnle K., Cheng Q., 2018. The effect of common spices and meat type on the formation of heterocyclic aromatic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in deep - fried meatballs, *Food Control*, 92, 399-411
- Maurya, D. K. And Devasagayam, T. P. A. (2010). Antioxidant and prooxidant nature of hydroxycinnamic acid derivatives ferulic and caffeic acids. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 3369-3373.
- Melo, A., Viegas, O., Petisca, C., Pinho, O. and Ferreira, I. M. P. L. V. O., 2008. Effect of beer/red wine marinades on the formation of heterocyclic aromatic amines in pan - fried beef. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56, 10625-10632.
- 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.
- Min, D.B. and Boff, J.M., 2002. Oxidation, Part 3, Lipid Oxidation of Edible Oil. *Food Lipids Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*, Second Edition, Akoh, C.C., Min, D.B., Marcel Dekker, Inc., New York.
- 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.

- Nasrin, S., Kabir, M.H., Hossain, M.A., Hossain, M.M. and Hashem, M.A., 2016. Formulation of value added beef meatballs using bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) leaf extracts and wheat flour. *International Journal of Applied Research*, 2(3), 164-171.
- Nuray, M., 2018. Köfte Üretiminde Farklı Tür ve Oranlarda Soğan - Su Ekstraktı Kullanımının Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Etkisi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Öz F. and Seyyar E., 2016. Formation of heterocyclic aromatic amines and migration level of Bisphenol - A in sous - vide - cooked trout fillets at different cooking temperatures and cooking levels. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 64, 3070-3082.
- 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 Kaya, M., 2011. 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 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. and Yüzer, M.O., 2016. The effects of cooking on wire and stone barbecue at different cooking levels on the formation of heterocyclic aromatic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in beef steak. *Food Chemistry* 203, 59-66.
- Öz, F. and Zikarov, 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. ve Kaya M., 2006. Et ve et ürünlerinde heterosiklik aromatik aminlerin belirlenmesi, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2), 243-248.
- Öz, F. ve Kaya, M., 2007. Et ve et ürünlerinde heterosiklik aromatik amin oluşumunun engellenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(1), 121-126.
- Öz, F., 2010. The effect of different thawing methods on heterocyclic aromatic amine contents of beef chops cooked by different methods. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(17), 2327-2332.
- Öz, F., 2011. Quantitation of heterocyclic aromatic amines in ready to eat meatballs by ultra fast liquid chromatography. *Food Chemistry*, 126 (4), 2010-2016.
- Öz, F., 2014. Effects of water extract of *Urtica dioica* L. on the quality of meatballs. *Journal of Food Processing and Preservation*. 38 (3), 1356-1363.
- Öz, F., 2018. Yüksek Lisans Ders Notu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- Öz, F., Cakmak, I.H., Zikarov, E., Kizil, M. and Turhan, S., 2015a. Heterocyclic aromatic amine contents of kavurma commercially cooked in steam and copper cauldron. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 583-590.
- Öz, F., Kızıl, M. and Celik, T., 2015c. Effects of different cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines in goose meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(5), 1047-1053.
- Öz, F., Kızıl, M., Çakmak, İ. and Aksu, M.İ., 2015b. 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., Kızı1, M., Zaman, A. and Turhan, S., 2016. 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., 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*, 41(4), 1-17.
- Özdestan, Ö., Kaçar, E., Keşkekoğlu, H. and Üren, A., 2013. Development of a new extraction method for heterocyclic aromatic amines determination in cooked meatballs. *Food Analytical Methods*, 7(1), 116-126.
- 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(3), 1098-1108.
- 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.
- Puangsoombat, K. and Smith, J.S., 2010. Inhibition of heterocyclic amine formation in beef patties by ethanolic extracts of rosemary. *Journal of Food Science*, 75(2), 40-47.
- Ramirez, M.R., Morcuende, D., Estevez, M. and Lopez, 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.
- Reistad, R., Rossland, O.J., Latva-Kala, K.J., Rasmussen, T., Vikse, R., Becher, G. and Alexander, J., 1997. Heterocyclic aromatic amines in human urine following a fried meat meal. *Food and Chemical Toxicology*, 35(10–11), 945-955.
- 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.
- Rounds, L., Havens, C.M., Feinstein, Y., Friedman, M. and Ravishankar, S., 2012. Plant extracts, spices, and essential oils inactivate *Escherichia coli* O157:H7 and reduce formation of potentially carcinogenic heterocyclic amines in cooked beef patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 3792-3799.
- Sabally, K., Sleno, L., Jauffrit, J. A., Iskandar, M. M., Kubow, S., 2016. Inhibitory effects of apple peel polyphenol extract on the formation of heterocyclic amines in pan fried beef patties. *Meat Science*, 117, 57-62.
- 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.

- Sayas-Barberá, E., Quesada, J., Sánchez-Zapata, E., Viuda-Martos, M., Fernández-López, F., Pérez-Alvarez, J.A. and Sendra, E., 2011. Effect of the molecular weight and concentration of chitosan in pork model burgers. *Meat Science*, 88 (4), 740-749.
- 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.
- 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(8), 1213-1221.
- Skog, K., 1993. Cooking procedures and food mutagens: a literature review. *Food and Chemical Toxicology*, 31(9), 655-675.
- 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.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
- Soladoye, O.P., Shand, P., Dugan, M.E.R., Gariépy, C., Aalhus, J.L., Estévez, M. and Juárez, M., 2007. Influence of cooking methods and storage time on lipid and protein oxidation and heterocyclic aromatic amines production in bacon. *Food Research International*, 99 (1), 660–669.
- Szterk A. and Waszkiewicz-Robak, B., 2014. Influence of selected quality factors of beef on the profile and the quantity of heterocyclic aromatic amines during processing at high temperature. *Meat Science*, 96, 1177-1184.
- Szterk, A., 2015. Heterocyclic aromatic amines in grilled beef: the influence of free amino acids, nitrogenous bases, nucleosides, protein and glucose on HAA content. *Journal of Food and Analysis*, 40, 39-46.
- Tanabe, H., Yoshida M. And Tomita, N., 2002. Comparison of the antioxidant activities of 22 commonly used culinary herbs and spices on the lipid oxidation of pork meat. *Animal Science Journal*, 73, 389-393.
- Tengilimoglu-Metin, M.M. and Kizil, M., 2017. Reducing effect of artichoke extract on heterocyclic aromatic amine formation in beef and chicken breast meat. *Meat Science*, 134, 68–75.
- Tengilimoğlu-Metin, M.M., Hamzalıoğlu, A., Gökmen, V. and Kızıl, M., 2017. Inhibitory effect of hawthorn extract on heterocyclic aromatic amine formation in beef and chicken breast meat. *Food Research International*, 99(1), 586-595.
- Teye, G.A., Bawah, J., Adzitey F. and Nathaniel L.N., 2014. Effect of sweet basil (*Ocimum basilicum*) leaf extract as a spice in hamburger. *Global Journal of Animal Scientific Research*, 2(2), 92-96.
- Teye, G.A., Mustapha, F.B., Abu, A. and Teye, M., 2013. Effect of Moringa (*Moringa oleifera*) leaf powder and sweet basil (*Ocimum basilicum*) leaf paste on sensory

- and nutritional qualities of beef and hamburgers - Apreliminary study. Scientific Journal of Animal Science, 2(2), 1-6.
- Tikkanen, L.M., Sauri, T.M. and Latva-Kala, K.J., 1993. Screening of heat-processed Finnish foods for themutagens 2-amino-3,8-dimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline, 2-amino-3,4,8-trimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline and 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine. Food and Chemical Toxicology, 31, 717-721.
- Tornberg, E., 2005. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. Meat Science, 70 (4),493-508.
- 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, 2128-2134.
- Weber, J., Bochi, V.C., Ribeiro, C.P., Victório, A.D.M. and 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.
- Yıldız, N., ve Bircan, H., 1991. Uygulamalı istatistik. Atatürk Üniversitesi Yay. No: 704-308-60.
- Yoshino, M. and Murakami, K. (1995). Interaction of iron with polyphenolic compounds: application to antioxidant characterization. Analytical Biochemistry, 257, 40-44.
- Young, J.F., Therkildsen, M., Ekstrand, B., Che, B.N., Larsen, M.K., Oksbjerg, N. and Stagsted, J., 2013. Novel aspects of health promoting compounds in meat. Meat Science, 95(4), 904-911.
- Zaman, A., 2014. Köfte Üretiminde Kitosan Kullanımının Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu ve Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Zeng, M., Li, Y., He, Z., Qina, F. and Chen J., 2016. Effect of phenolic compounds from spices consumed in China on heterocyclic amine profiles in roast beef patties by UPLC–MS/MS and multivariate analysis. Meat Science, 116, 50-57.
- Zeng, M., Wanga, J., Zhang, M., Chen, J., He, Z., Qin, F., Xu, Z., Cao, D. and Chen, J., 2018. Inhibitory effects of Sichuan pepper (*Zanthoxylum bungeanum*) and sanshoamide extract on heterocyclic amine formation in grilled ground beef patties. Food Chemistry, 239, 111-118.
- Zeng, M., Zhang, M., Chen, J., He, Z., Qin, F., Hu, C., Xu, H., Tao, G., Zhang, S. and Chen, S. 2017b. UPLC-MS/MS and multivariate analysis of inhibition of heterocyclic amine profiles by black pepper and piperine in roast beef patties. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 168, 96-106.
- Zeng, M., Zhang, M., He, Z., Qin, F., Tao, G., Zhang, S., Gao, Y. and Chen, J., 2017a. Inhibitory profiles of chilli pepper and capsaicin on heterocyclic amine formation in roast beef patties. Food Chemistry, 221, 404-411.
- Zhu, Q., Zhang, S., Wang, M., Chen, J. and Zheng, Z., 2016. Inhibitory effects of selected dietary flavonoids on the formation of total heterocyclic amines and 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b] pyridine (PhIP) in roast beef patties and in chemical models. Food & Function, 7(2), 1057-1066.

- Zikarov, E., 2014. Sous-Vide Pişirme Yönteminin Sığır Etinde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu ve Bazı Kalitatif Kriterler Üzerine Etkisi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Złotek, U., Szychowski, K. A. and S'wieca, M., 2017. Potential *in vitro* antioxidant, anti-inflammatory, antidiabetic, and anticancer effect of arachidonic acid-elicited basil leaves. Journal of Functional Foods. 36, 290-299.



ÖZGEÇMİŞ

ADI: İdil

SOYADI: Uzun

DOĞUM TARİHİ / YERİ: 05.01.1992 / Samsun

ÖĞRENİM DURUMU:

LİSE: Çarşamba Ali Fuat Başgil Anadolu Lisesi / 2006 – 2010

LİSANS: Atatürk Üniversitesi – Ziraat Fakültesi – Gıda Mühendisliği / 2011 – 2015

YÜKSEK LİSANS: Atatürk Üniversitesi – Fen Bilimleri Enstitüsü

– Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı / 2016 – 2019