

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**BAZI DOĞAL ANTİOKSİDANLARIN VE FARKLI
PIŞIRME KOŞULLARININ KÖFTELERDE
HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU
ÜZERİNE ETKİLERİ**

Beyza ERDOĞAN

Danışman: Doç. Dr. Özgül ÖZDESTAN OCAK

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Gıda Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

İzmir
2020

Beyza ERDOĞAN tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “**Bazı Doğal Antioksidanların ve Farklı Pişirme Koşullarının Köftelerde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Etkileri**” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve **28/08/2020** tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Doç. Dr. Özgül ÖZDESTAN OCAK

Raportör Üye : Prof. Dr. Semih ÖTLEŞ

Üye : Doç. Dr. Özlem ÇAĞINDI

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Bazı Doğal Antioksidanların ve Farklı Pişirme Koşullarının Köftelerde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Etkileri**” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

28/08/2020



Beyza ERDOĞAN

ÖZET

BAZI DOĞAL ANTİOKSİDANLARIN VE FARKLI PIŞIRME KOŞULLARININ KÖFTELERDE HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİLERİ

ERDOĞAN, Beyza

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Özgül ÖZDESTAN OCAK

Ağustos 2020, 134 Sayfa

Gıdalarda ısıtıl işlem uygulamalarıyla meydana gelen heterosiklik aromatik amin (HCA) bileşikleri, gıdalarla birlikte tüketimiyle insan sağlığı açısından ciddi olumsuz etkilere sebep olabilecek potansiyele sahiptir. Bu tez çalışmasında, farklı oranlarda (%0, %1 ve %2) propolis ekstraktı, keçiyoynuzu ekstraktı, kuşburnu çekirdeği yağı ve kabak çekirdeği yağı ilavesiyle %20 yağ içeriğine sahip dana eti köfteleri hazırlanmıştır ve farklı koşullarda pişirilerek HCA içerikleri ve miktarları üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Pişirme öncesinde her bir örnek grubuna nem, protein, yağ, kül ve pH analizleri yapılmıştır. Köfte örnekleri 150°C, 200°C ve 250°C sıcaklıklarda, fırında ve tavada pişirildikten sonra yüksek performans sıvı kromatografisi (HPLC) cihazıyla elde edilen piklerden yararlanılarak DAD dedektörde IQ, MeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşikleri, floresans dedektörde ise PhIP, norharman ve harman bileşikleri belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre farklı oranlarda kullanılan doğal antioksidan özelliğe sahip katkıların, farklı sıcaklık ve pişirme yöntemi parametrelerine göre değerlendirilmesiyle HCA bileşiklerinin oluşumunu önemli düzeyde azalttığı gözlemlenmiştir. Pişirme yöntemine de bağlı olarak genellikle sıcaklık artışıyla beraber toplam HCA miktarı artmaktadır. Katkı ilaveli örnekler arasında en yüksek toplam HCA miktarı (9,52 ng/g) %2 kuşburnu çekirdeği yağı ilaveli 200°C’de tavada pişirilen örneklerde görülürken, en düşük toplam HCA miktarı (0,97 ng/g) ise 150°C’de tavada pişirilen örneklerde tespit edilmiştir. Kontrol grubuna ait örneklerin toplam HCA içeriğinin diğer gruplardan anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Toplam HCA oluşumu üzerinde en yüksek inhibe edici etkiyi keçiyoynuzu ekstraktı gösterirken en düşük inhibisyon kuşburnu çekirdeği yağında görülmüştür. Tavada pişirilen köftelerin

toplam HCA içeriği fırında pişirilenlere göre daha yüksek bulunmuştur. Tüm analiz sonuçları istatistiksel olarak değeriendirilmiştir.

Anahtar sözcükler: kabak çekirdeği yağı, keçiboynuzu ekstraktı, köfte, kuşburnu çekirdeği yağı, propolis ekstraktı, heterosiklik aromatik amin



ABSTRACT

EFFECTS OF SOME NATURAL ANTIOXIDANTS AND DIFFERENT COOKING CONDITIONS ON THE FORMATION OF HETEROCYCLIC AROMATIC AMINE IN MEATBALLS

ERDOGAN, Beyza

MSc in Food Eng.

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Özgül ÖZDESTAN OCAK

August 2020, 134 pages

Heterocyclic aromatic amine (HCA) compounds, which are formed by heat treatment in foods, have the potential to cause serious negative effects on human health with their consumption with food. In this thesis, beef meatballs with 20% fat content were prepared with the addition of propolis extract, carob extract, rosehip seed oil and pumpkin seed oil in different ratios (0%, 1% and 2%), and their effects on HCA contents and amounts were determined by cooking in different conditions. Before cooking, moisture, protein, fat, ash and pH analyzes were performed for each sample group. Meatball samples were cooked at 150°C, 200°C and 250°C, in the oven and pan, and by using the peaks obtained by HPLC analysis, IQ, MeIQx and 4,8-DiMeIQx compounds were determined at DAD detector, PhIP, norharman and harman compounds were determined at fluorescence detector. According to the results of the analysis, it has been observed that the additives with natural antioxidant properties, which are used at different proportions, significantly reduce the formation of HCA compounds by evaluating them according to different temperature and cooking method parameters. Depending on the cooking method, the total amount of HCA generally increases with the increase in temperature. Between the samples with additives, the highest total HCA amount (9,52 ng/g) was seen in the samples cooked in a pan with 2% rosehip seed oil extract at 200°C, while the lowest total HCA amount (0.97 ng/g) was in the samples cooked in a pan at 150°C. It was determined that the total HCA content of the samples belong to the control group was significantly higher than the other groups ($P<0.05$). Carob extract had the highest inhibitory effect on total HCA formation, while the lowest inhibition was seen in rosehip seed oil. The total HCA content of meatballs cooked in the pan

was found higher than those cooked in the oven. All the analysis results were evaluated statistically.

Keywords: pumpkin seed oil, carob extract, meatball, rosehip seed oil, propolis extract, heterocyclic aromatic amine



ÖNSÖZ

Bu çalışmada kanserojenik ve mutajenik etkileri olduğu bilinen ve kanser gibi insan sağlığı için ciddi tehdit oluşturan hastalıklarla ilişkisi belirlenen heterosiklik aromatik amin bileşiklerinin, çeşitli doğal ekstraktların kullanımıyla gıda formülasyonunda oluşumunun önlenmesi amaçlanmıştır. Et ve et ürünleri gibi protein bakımından zengin gıdaları tüketime hazırlamak amacıyla uygulanan yüksek sıcaklıklarda ve uzun süreli pişirme işlemleri HCA bileşiklerinin oluşumuna zemin hazırlamaktadır. Günümüze kadar yapılan çalışmalar, gıdalarda HCA oluşum miktarını etkileyen en önemli parametrelerin pişirme sıcaklığı ve pişirme yöntemi olduğunu ve ortamdaki antioksidan maddelerin HCA oluşumunu önemli miktarda azaltabildiğini veya tamamen inhibe edebildiğini göstermiştir.

Tez çalışması kapsamında doğal antioksidan özelliğe sahip propolis ve keçiboynuzu ekstraktları ile kuşburnu çekirdeği yağı ve kabak çekirdeği yağları, pişirme işleminden önce %0 (kontrol grubu), %1 ve %2 oranında %20 yağ içeriğine sahip dana eti köftelerine ayrı ayrı ilave edilerek örnekler hazırlanmıştır. Hazırlanan tüm örnek grupları, 150°C, 200°C ve 250°C sıcaklıklarda, fırında ve tavada pişirilmiştir. Pişirme işlemi öncesinde köftelere nem analizi, protein analizi, yağ analizi, pH ölçümü, kül analizi yapılmıştır. Pişirilen köftelerde ise HCA, pişirme kaybı, Tiyobarbütirik asit, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite ve çözünür protein analizleri uygulanmıştır. Farklı pişirme yöntemlerinin ve pişirme sıcaklıklarının dana köftelerinde HCA oluşumuna etkileri incelenmiştir. Et ve et ürünlerinin daha güvenilir şekilde tüketime hazırlanması için literatüre özgün ve önemli sonuçlara sahip bir çalışma kazandırılmıştır.

Tez çalışmam süresince araştırma konumun belirlenmesinde ve planlanmasında, analizlerin yürütülmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde değerli zamanını ayıran, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, desteğini her zaman hissettiğim sayın hocam Doç. Dr. Özgül ÖZDESTAN OCAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İZMİR

28/08/2020

Beyza ERDOĞAN



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
ABSTRACT	vii
ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
TABLolar DİZİNİ	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xx
1.GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. HCA'ların Yapısı	4
2.2. HCA'ların Oluşumu	7
2.3. Gıdalarda HCA'ların Oluşumuna Etki Eden Faktörler	9
2.3.1. Etin Tipi	9
2.3.2. Pişirme Yöntemi	11
2.3.3. Pişirme Sıcaklığı ve Süresi	13
2.3.4. Öncü madde içeriği.....	14
2.3.5. Yağ içeriği	16

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
2.3.6. Marinasyon.....	17
2.3.7. Antioksidanlar	19
2.4. HCA'ların Sağlık Üzerine Etkileri.....	21
2.5. Günlük HCA Alım Seviyeleri ve Sınır Değeri	22
2.6. Gıdalarda HCA'ların Tespit Yöntemleri.....	24
2.7. Antioksidanların Etkileri.....	27
2.8. Propolis	29
2.9. Keçiboynuzu	29
2.10. Kuşburnu Çekirdeği Yağı	30
2.11. Kabak Çekirdeği Yağı.....	31
2.12. Literatürde HCA'ların Belirlenmesi İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	33
3. MATERYAL VE YÖNTEM	40
3.1. Materyal	40
3.1.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler	41
3.1.2. Kullanılan cihazlar	41
3.2. Yöntem	42
3.2.1. Köfte Örneklerinin Hazırlanması	42

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

3.2.2. Pişirme Öncesi Köfte Analizleri	42
3.2.3. Pişirme İşlemi	44
3.2.4. Pişirme Sonrası Köfte Analizleri	45
3.2.5. Köftelere İlave Edilen Ekstrakt ve Yağ Analizleri	51
3.2.6. İstatistiksel Analiz	51
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	52
4.1. Pişirilmemiş Köftelerin Nem, Yağ, Kül, Protein ve pH Değerleri	52
4.1.1. Nem İçeriği	52
4.1.2 Yağ İçeriği	53
4.1.3 Protein İçeriği	54
4.1.4 Kül İçeriği	54
4.1.5. pH Değerleri	55
4.2. Antioksidan Aktivite Değerleri	56
4.2.1. Köftelere İlave Edilen Ekstrakt ve Yağların Antioksidan Aktivite Değerleri	56
4.2.2. Köfte Örneklerinin Antioksidan Aktivite Değerleri	57
4.3. Toplam Fenolik Madde Miktarları	59

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

4.3.1. Köftelere İlave Edilen Ekstrakt ve Yağların Toplam Fenolik Madde Miktarları	59
4.3.2. Köfte Örneklerinin Toplam Fenolik Madde Miktarları	60
4.4. Köfte Örneklerinin HCA İçerikleri	61
4.4.1 Kalibrasyon grafiklerinin oluşturulması	61
4.4.2. HCA Analizi Geri Kazanım Değerleri	67
4.4.3. Köftelerin IQ miktarları	67
4.4.4. Köftelerin MeIQx miktarları	69
4.4.5. Köftelerin 4,8-DiMeIQx miktarları	72
4.4.6. Köftelerin PhIP miktarları	75
4.4.7. Köftelerin norharman miktarları	77
4.4.8. Köftelerin harman miktarları	79
4.4.9. Köftelerin toplam HCA miktarları	82
4.5. TBARS Analizi	84
4.6. Çözünür Protein Analizi	86
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	88

KAYNAKLAR DİZİNİ	92
------------------------	----

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
TEŞEKKÜR	123
ÖZGEÇMİŞ	124
EKLER	125



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Aminoimidazoaroaren grubu HCA'ların oluşum yolu	8
3.1. Gallik asit çözeltisi kalibrasyon grafiği	49
3.2. Bovine serum albümini kalibrasyon grafiği	50
4.1. IQ bileşiğine ait kalibrasyon grafiği	62
4.2. MeIQx bileşiğine ait kalibrasyon grafiği	62
4.3. 4,8-DiMeIQx bileşiğine ait kalibrasyon grafiği	63
4.4. PhIP bileşiğine ait kalibrasyon grafiği	63
4.5. Norharman bileşiğine ait kalibrasyon grafiği	64
4.6. Harman bileşiğine ait kalibrasyon grafiği	64
4.7. DAD dedektöre ait 10 ppm'lik IQ bileşiği standardının HPLC kromatogramı	65
4.8. DAD dedektöre ait 10 ppm'lik MeIQx bileşiği standardının HPLC kromatogramı	65
4.9. DAD dedektöre ait 10 ppm'lik 4,8-DiMeIQx bileşiği standardının HPLC kromatogramı	66
4.10. Floresans dedektöre ait 10 ppm'lik PhIP bileşiği standardının HPLC kromatogramı	66
4.11. Floresans dedektöre ait 10 ppm'lik Norharman bileşiği standardının HPLC kromatogramları.....	66

4.12. Floresans dedektöre ait 10 ppm’lik Harman bileşigi standardının HPLC kromatogramı.....	66
--	----

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.13. Köftelerin IQ miktarları (ng/g)	69
4.14. Köftelerin MeIQx miktarları (ng/g)	71
4.15. Köftelerin 4,8DiMeIQx miktarları (ng/g)	74
4.16. Köftelerin PhIP miktarları (ng/g)	76
4.17. Köftelerin Norharman miktarları (ng/g)	79
4.18. Köftelerin Harman miktarları (ng/g)	81
4.19. Köftelerin toplam HCA miktarları (ng/g)	83

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. HCA'ların isim ve özellikleri	4
2.2. Gıdalarda HCA oluşumu üzerine etkileri araştırılan doğal antioksidan kaynakları	28
2.3. Gıdalarda kullanılan çeşitli katkıların HCA oluşumu üzerine etkileri ile ilgili çalışmalar	37
3.1. Tez çalışmasında uygulanan deneme planı	40
3.2. Çalışmada kullanılan cihazların isimleri ve markaları	41
3.3. Hazırlanan köfte örneklerinin bileşimi (%)	42
3.4. Köfte örneklerine uygulanan pişirme koşulları	45
3.5. DAD dedektörde kullanılan dereceli elüsyon programı	47
3.6. DAD dedektörde kullanılan dereceli elüsyon programı	47
4.1. Pişirilmemiş köfte örneklerinin nem, yağ, kül, protein ve pH değerleri	52
4.2. Köfte örneklerinin antioksidan aktivite değerleri (%inhibisyon)	57
4.3. Köfte örneklerine ait toplam fenolik madde miktarı (mg/kg GAE)	60
4.4. Heterosiklik amin analizine ait geri kazanım değerleri (%)	67
4.5. Köftelerin IQ miktarları (ng/g)	68
4.6. Köftelerin MeIQx miktarları (ng/g)	70
4.7. Köftelerin 4,8-DiMeIQx miktarları (ng/g)	73

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
4.8. Köftelerin PhIP miktarları (ng/g)	76
4.9. Köftelerin norharman miktarları (ng/g)	78
4.10. Köftelerin harman miktarları (ng/g)	80
4.11. Köftelerin toplam HCA miktarları (ng/g)	83
4.12. Köfte örneklerine ait TBARS değerleri (mg malonaldehit/kg)	84
4.13. Köfte örneklerinin çözünür protein değerleri (mg/100 g)	86

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
w/w	Ağırlık/Ağırlık
µg	Mikrogram
µl	Mikrolitre
4,8-DiMeIQx	2-amino-3,4,8-trimetilimidazo [4,5-f]kinoksalin
AIA	Aminoimizadoazoarenler
AαC	2-amino-9H-pirido[2,3-b]indol
CFA	Konjuge yağ asitleri
DAD	Diode array dedektör
DPPH	1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radikali
Glu-P-1	2-amino-6-metildipirido-[1,2-a:3_,2_-d]imidazol
Glu-P-2	2-aminodipirido-[1,2-a:3_,2_-d]imidazol
Harman	1-metil-9H-pirido [4,3-b]indol
HCA	Heterosiklik aromatik amin
HPLC	Yüksek performans sıvı kromatografisi (High Performance Liquid Chromatography)
IARC	Uluslararası Kanser Araştırmaları Merkezi
IQ	2-amino-3-metilimidazo [4,5-f] kinolin
IQx	2- amino-3-metilimidazo [4,5-f] kinoksalinler

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
K	Kontrol grubu örnek
KAÇY	Kabak çekirdeği yağı içeren örnek
KUÇY	Kuşburnu çekirdeği yağı içeren örnek
KE	Keçiboynuzu ekstraktı içeren örnek
MeAαC	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
Norharman	9H-piridin [4,3-b]indol
Ng	Nanogram
PE	Propolis ekstraktı içeren örnek
PhIP	2-amino-1-metil-6-fenilimidazo [4,5-b] piridin
Ppm	Milyonda bir
Rpm	Dakikadaki devir sayısı
TBA	Tiyobarbitürik asit
TBARS	Tiyobarbitürik asit reaktif maddeler
TCA	Trikloroasetik asit
Trp-P-1	3-amino-1,4-dimetil-5H-pirido[4,3-b]indol

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
Trp-P-2	3-amino-1-metil-5H-pirido[4,3-b]indol
ω3-PUFA	Omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri



1.GİRİŞ

Gıdalara çeşitli yöntemlerle uygulanan ısı işlemlerin ürünün raf ömrünü uzatmak, gıda kaynaklı patojenleri yok etmek, daha iyi duyuşal ve fonksiyonel özellikler elde etmek, besinlerin sindirilebilirliğini ve biyoyararlılığını artırmak, biyoaktif bileşenleri serbest bırakmak ve beslenme kalitesini artırmak gibi önemli birçok faydası bulunmaktadır (Van Boekel et al., 2010). Ancak bazı durumlarda gıdaların işlenmesi sırasında insan sağlığı açısından zararlı olabilecek bileşenlerin ortaya çıktığı bilinmektedir. Özellikle, işlemenin bir sonucu olarak oluşan polisiklik aromatik hidrokarbonlar, akrilamid, nitrozaminler ve heterosiklik aromatik amin bileşikler gibi potansiyel olarak mutajenik ve kanserojen maddelerin oluşumu son yıllarda çok dikkat çekmektedir (Stadler and Lineback, 2008; Zamora and Hidalgo, 2020).

Heterosiklik aromatik aminler (HCA'lar), et ve et ürünleri gibi zengin protein içeriğine sahip gıdaların yüksek sıcaklıkta ve/veya uzun süreli gerçekleştirilen pişirme işlemiyle meydana gelen bileşiklerdir (Öz ve Kaya, 2007). İlk kez 1977 yılında Japon biyokimyacı Profesör Sugimura ve meslektaşları tarafından, pişirilmiş kırmızı ette ve balıkta keşfedilmiştir ve günümüze kadar farklı gıdalardan izole edilen 30'dan fazla sayıda HCA bileşiği tanımlanmıştır (Turesky, 2010; Zamora and Hidalgo, 2020). Araştırmacılar, HCA'ların gıdalarla beraber tüketimi sonucunda insanlarda kolon, prostat, akciğer, karaciğer ve gastrointestinal sistemde tümör oluşumuna neden olabilecek kanserojen etkilerinin olduğunu tespit etmişlerdir (Sugimura et al., 2004; Rahman et al., 2014).

HCA'ların zararlı etkileri nedeniyle gıdalarda oluşumunun önlenmesini amaçlayan çalışmalar yapılmaktadır. Gıdalarda HCA bileşiklerinin oluşumu; amino asitler, şekerler ve kreatin öncülüğünde gerçekleşmektedir (Cheng et al., 2007). Gıdalarda indirgen şekerler ile peptid, amino asit veya aminlerin beraber bulunması durumunda özellikle yüksek sıcaklıklardaki (150–300°C) işlemlerde gerçekleşen Maillard reaksiyonu sonucunda HCA'lar oluşmaktadır (Jägerstad et al., 1998). Genellikle tipik pişirme ve kızartma işlemleri sırasında (200°C civarında ısı işlemlerde) ortaya çıkan ve termik HCA'lar olarak da adlandırılan aminoimidazoazarenler ve amino asitler ile proteinlerin 250°C üzerindeki sıcaklık uygulamalarıyla prolizi sonucu ortaya çıkan aminokarbolinler olarak sınıflandırılmaktadırlar (Zamora and Hidalgo, 2015).

Genel olarak yüksek pişirme sıcaklıklarında HCA bileşiklerinin ortaya çıktığı bilinmektedir ancak düşük sıcaklıklarda uygulanan uzun süreli işlemler de diğer faktörlerle beraber HCA oluşumuna sebep olmaktadır (Skog et al., 1998). Gıdalarda HCA oluşumu ppb düzeyinde olmakla birlikte, genellikle; etin tipine, pişirme sıcaklığı ve süresine, pişirme yöntemine ve kullanılan ekipmanlara; etin pH'sına, karbonhidrat, lipid, serbest amino asit, kreatin içeriğine ve lipid oksidasyonuna bağlı olarak değişebilmektedir (Oz et al., 2007; Szterk and Waszkiewicz-Robak, 2014). Çalışmalar tavada kızartılmış, mangalda/ızgarada pişirilmiş veya kavrulmuş et örneklerinin diğer yöntemlerle pişirilen örneklere göre daha yüksek miktarda HCA içerdiğini göstermiştir (Cross and Sinha, 2004).

Gıdalardaki lipid oksidasyonlarının HCA oluşumunda etkili olduğunun anlaşılmasıyla beraber özellikle et ve et ürünlerinde kullanılabilecek antioksidanların araştırılması önem kazanmıştır (Öz ve Kaya, 2007). Etlerde oksidasyonun önlenmesi veya azaltılması amacıyla doğal ve sentetik antioksidanların etkin bir şekilde kullanılabildiği bilinmektedir. Ancak sentetik antioksidanların toksik etkiye sahip olma riskleri ve güvenilirlik sorunları nedeniyle, doğal antioksidanların kullanımı daha çok tercih edilmektedir. Birçok gıda, et ve et ürünlerinde doğal antioksidan olarak kullanılabilir (Bastida et al., 2009). Daha önceki çalışmalarda çaydaki polifenolik bileşenlerin ve domateslerden elde edilen karotenoid ekstraktının model sistemlerde HCA miktarını azalttığı gözlemlenmiştir (Weisburger et al., 2002; Vitaglione et al., 2002). Günümüze kadar yapılan çalışmalar çeşitli bitkisel ekstraktların, et ve et ürünlerinin formülasyonuna doğrudan ilavesiyle (Cheng et al., 2007; Rounds et al., 2012; Keskekoglu and Uren, 2014, 2017) veya marinasyon yoluyla (Gibis and Weiss, 2012) HCA oluşumunun etkili bir şekilde azaltılabileceğini kanıtlamıştır.

Tez çalışması kapsamında köfte örnekleri 4 gruba ayrılıp her gruba (%0, %1 ve %2 konsantrasyonlarda) ayrı ayrı propolis ekstraktı, keçiyoynuzu ekstraktı, kabak çekirdeği yağı ve kuşburnu çekirdeği yağı eklenmiştir. Katkı içermeyen örnek grubu (%0 konsantrasyon), kontrol grubu olarak tanımlanmıştır. Tüm örnekler tüketiciler tarafından tercih edilen tavada ve fırında pişirme yöntemleri kullanılarak üç farklı sıcaklıkta (150°C, 200°C ve 250°C'de) pişirildikten sonra içerdikleri HCA miktarı belirlenmiştir. Pişirilmiş köfte örneklerinde ve kullanılan katkılarda toplam fenolik madde miktarı analizi ve antioksidan aktivite analizi yapılarak bu sayede kullanılan doğal antioksidan özelliği yüksek katkıların, köfteler üzerindeki antioksidan etkileri belirlenmiştir. Ayrıca köftelere pişirme öncesinde nem analizi, protein analizi, yağ analizi, kül analizi ve pH ölçümü yapılmıştır. Köfte

örneklerinde farklı yöntemlerle ve farklı sıcaklıklarda pişirildikten sonra meydana gelen IQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, norharman, harman bileşikleri ve toplam HCA miktarı yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile belirlenmiştir. Pişmiş köftelerde HCA analizi, toplam fenolik madde miktarı analizi ve antioksidan aktivite analizinin yanı sıra Tiyobarbütirik Asit (TBARS) analizi ve çözünür protein analizi yapılmıştır. Tüm analizlerin sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı belirlenmiştir ($P<0,05$).



2. GENEL BİLGİLER

2.1. HCA'ların Yapısı

Heterosiklik aminler, HCA'lar olarak da adlandırılan ve en az bir tane aromatik ve heterosiklik yapıya sahip olan bileşiklerdir. Tüm HCA'lar, 2-5 aralığında (genellikle 3) aromatik halkadan oluşurlar (Alaejos and Afonso, 2011). Düz ve çok halkalı olan bu yapı temel olarak azot, ekzosiklik amino grubu ve metil gruplarından oluşur (Jägerstad et al., 1998). Harman, norharman, Lys-P-1 bileşikler haricinde bu halkaya bağlı bir veya daha fazla azot ve ekzosikliklik grup bulunur ve bu sayede karakterize edilirler (Alaejos and Afonso, 2011). Ayrıca, metil gruplarının sayısı ve pozisyonları bu mutajen sınıfının sayısını büyük ölçüde arttırmaktadır ve bu nedenle yeni mutajenlerin tanımlanması her zaman muhtemeldir (Weisburger, 2002; Cheng et al., 2006).

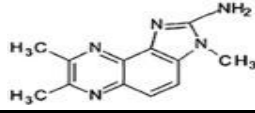
Heterosiklik aminler, genel olarak, yapılarına ve oluşum şekillerine göre aminoimidazoarölenler (polar) ve aminokarbolinler (apolar) olarak iki ana gruba ayrılmaktadır (Skog et al., 1998). Her iki gruba ait bileşikler de sadece ette değil, zengin protein içeriğine sahip ve ısıtım işlem uygulanan tüm gıdalarda bulunabilirler (Pfau and Skog, 2004). Her iki gruba ait HCA'ların özellikleri Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. HCA'ların isim ve özellikleri (Öz ve Kaya, 2006; Barzegar et al., 2019)

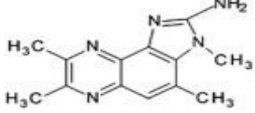
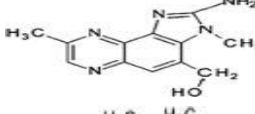
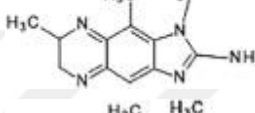
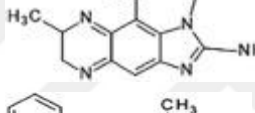
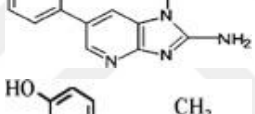
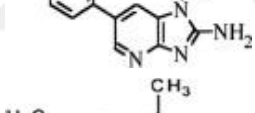
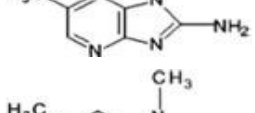
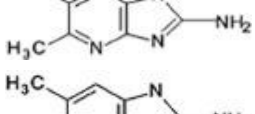
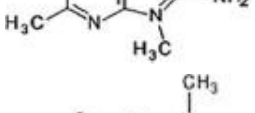
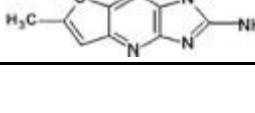
Polarite	Kimyasal İsim	Kısaltma	Molekül Yapısı	Molekül Ağırlığı (g/mol)
Apolar	2-Amino-9H-pyrido[2,3-b]indol	AαC		183,2
	2-Amino-3-methyl-9H-pyrido[2,3-b]indol	MeAαC		197,2
	1-methyl-9H-pyrido[4,3-b]indole	Harman		182,2
	9H-pyrido[4,3-b]indole	Norharman		168,2
	3-Amino-1,4-dimethyl-5H-pyrido[4,3-b]indole	Trp-P-1		211,3

Tablo 2.1. HCA'ların isim ve özellikleri (Öz ve Kaya, 2006; Barzegar et al., 2019) (devamı)

Polarite	Kimyasal İsim	Kısaltma	Molekül Yapısı	Molekül Ağırlığı (g/mol)
Polar	3-Amino-1-methyl-5H-pyrido[4,3-b]indole	Trp-P-2		197,2
	2-Amino-6-methyldipyrido[1,2-a:3'2'-d]imidazole	Glu-P-1		198,3
	2-Amino-dipyrido[1,2-a:3'2'-d]imidazole	Glu-P-2		184,3
	2-Amino-5-phenylpyridine	Phe-P-1		170,2
	4-Amino-6-methyl-1H-2,5,10,10b-tetraazafluoranthene	Orn-P-1		273,3
	4-Amino.1,6-dimethyl-2-methylamino-1H,6H-pyrrolo-[3,4-f]benzimidazole	Cre-P-1		259,3
	1,2,3,8-Tetrahydro-cyclopenta[c]pyrido[3,2-a]carbazole	Lys-P-1		258,3
	2-Amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinolone	IQ		192,2
	2-Amino-1-methylimidazo[4,5-f]quinoline	IsoIQ		192,2
	2-Amino-3,4-dimethylimidazo[4,5-f]quinolone	MeIQ		212,3
	2-Amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoxaline	IQx		199,3
	2-Amino-3,8-dimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline	8-MeIQx		213,3
	2-Amino-3,4-dimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline	4-MeIQx		213,3
	2-Amino-3,4,8-trimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline	4,8-DiMeIQx		227,3

2-Amino-3,7,8-trimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline	7,8-DiMeIQx		227,3
--	-------------	--	-------

Tablo 2.1. HCA'ların isim ve özellikleri (Öz ve Kaya, 2006; Barzegar et al., 2019) (devamı)

Polarite	Kimyasal İsim	Kısaltma	Molekül Yapısı	Molekül Ağırlığı (g/mol)
	2-Amino-3,4,7,8-tetramethylimidazo[4,5-f]quinoxaline	TriMeIQx		241,3
	2-Amino-4-hydroxymethyl-3,8-dimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline	4-CH ₂ OH-8-MeIQx		243,3
	2-Amino-1,7-dimethyl-1H-imidazo [4,5-g]quinoxaline	7-MeIgQx		213,2
	2-Amino1,7,9-tridimethyl-1H-imidazo[4,5-g]quinoxaline	7,9-MeIgQx		227,3
	2-Amino-1-methyl-6-phenyl-imidazo[4,5-b]pyridine	PhIP		224,3
	2-Amino-1-methyl-6-(4'hydroxyphenyl)-imidazo[4,5-b]pyridine	4'OH-PhIP		240,6
	2-Amino-1,6-dimethylimidazo[4,5-b]pyridine	DMIP		162,2
	2-Amino-1,5,6-trimethylimidazo[4,5-b]pyridine	1,5,6-TMIP		176,2
	2-Amino-3,5,6-trimethylimidazo[4,5-b]pyridine	3,5,6-TMIP		176,2
	2-Amino-1,6-dimethyl-furo[3,2-e]imidazo[4,5-b]pyridine	IFP		202,3

Aminokarbolinler, genellikle ekzosiklik grup içerirler ve bazen ekzosiklik metil grubu piridin halkasına indol veya imidazol kısmından bağlı olarak bulunur (Jägerstad et al., 1998). Genel olarak aminokarbolinler; α -karbolinler (A α C ve MeA α C), β -karbolinler (harman ve norharman), γ -karbolinler (Trp-P-1 ve Trp-P-2) ve δ -karbolinler (Glu-P-2 ve Glu-P-2) olarak sınıflandırılırlar. Bu grupta β -karbolinler istisnadır çünkü ekzosiklik amino grubu içermezler ve ko-mutajenler

olarak adlandırılırlar. Ayrıca aminokarbolinler nitrite duyarlıdırlar ve nitrit uygulamaları mutajenik aktivitelerini kaybetmelerine neden olur (Hatch et al., 1988; Tsuda et al., 1985; Jägerstad et al., 1998).

Tüm aminoimidazoaroarenler, bir 2-amino-imidazo grubu ve imidazol halkasındaki azotlardan birine bağlı bir metil grubu içerir. Bu yapının kreatinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu yapıya bağlı olarak imidazopiridin (PhIP, 4b-OH-PhIP, DMIP, TMIP), imidazokinolin (IQ ve MeIQx) ve imidazokinokzalın (IQx, MeIQx, DiMeIQx, TriMeIQx) olarak sınıflandırılabilirler (Jägerstad et al., 1998).

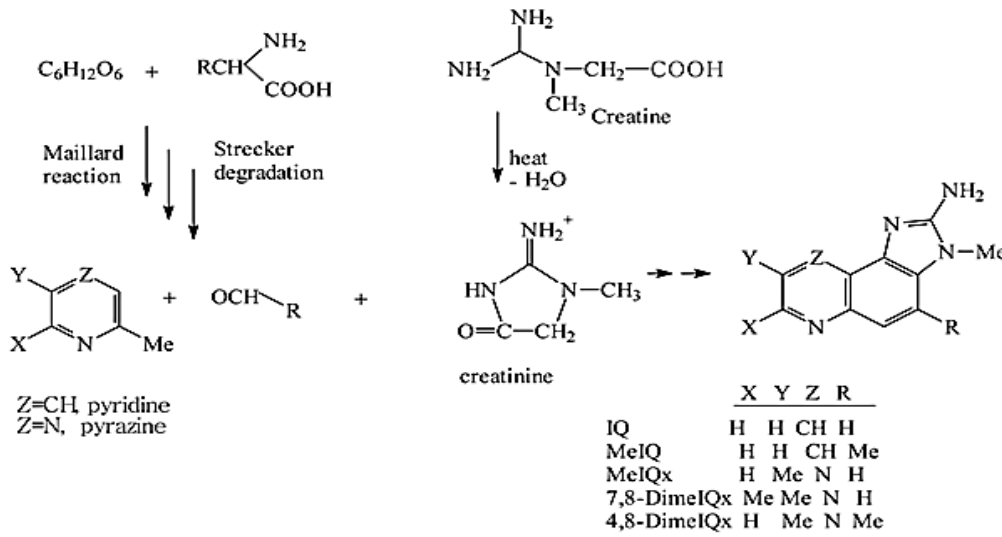
Genel olarak aminoimidazoaroarenlerin aksine aminokarbolinlerde bir metil grubu eksiktir ya da 6'lı halkaya bağlıdır. Ayrıca yine aminokarbolinlerde 5'li aromatik halkalar, 6'lı aromatik halkalar arasında (biri veya ikisi piridinden oluşan) bir sandviç oluşturacak şekilde bulunmaktadır (Wakabayashi et al., 1997; Cheng et al., 2006).

2.2. HCA'ların Oluşumu

Aminokarbolinler, ilk kez sigara dumanından izole edilmişlerdir (Jägerstad et al., 1998). Aminokarbolinlerin başlıca öncüleri amino asitler ve proteinlerdir ve oluşumları bir öncü olarak kreatin/kreatinin'e bağlı olmadığından, hem hayvan hem de bitki kaynaklı gıdalarda yüksek sıcaklıklarda meydana gelebilirler (Cheng et al., 2006). Protein ve peptitlerin yüksek sıcaklıkta (genellikle 300°C' nin üzerinde) pirolizi sırasında üretilen ve pirolitik HCA'lar olarak da bilinen bileşiklerdir (Gašperlin et al, 2009; Pleva et al., 2020). Triptofan, glutamik asit, lisin ve fenilalanin gibi amino asitlerin yada kazein, albümin, gluten ve soya globülini gibi proteinlerin pirolizi HCA oluşumunda rol oynamaktadır (Jägerstad et al., 1998). Triptofanın degradasyonu ile Trp-P-1 ve Trp-P-2, glutamik asidin degradasyonu ile Glu-P-1 ve Glu-P-2 gibi pirolitik HCA'lar oluştuğu düşünülmektedir (Nagao et al., 1983; Chang et al., 2019). Aminokarbolin grubu içerisinde en yaygın bulunanlar norharman ve harman bileşikleridir (Gašperlin et al, 2009; Pleva et al., 2020).

Aminoimidazoaroarenler, amino asitler, indirgen şekerler ve kreatin/kreatinin varlığında genellikle 150°C'nin üzerindeki işlemlerde Maillard reaksiyonun yan ürünü olarak meydana gelirler ve termik HCA'lar olarak da adlandırılırlar (Zamora and Hidalgo, 2015). Aminoimidazoaroarenlerin pişmiş gıdalardaki mutajenitenin başlıca sorumlusu olduğu düşünülmektedir (Felton and Knize, 1991).

Şimdiye kadar 20'den fazla aminoimidazoaroaren izole edilip karakterizasyonu yapılmıştır ve imidazopiridin, imidazokinolin ve imidazokinokzalin olarak tanımlanan üç temel yapının tüm bileşiklerde bulunduğu belirlenmiştir (Zamora and Hidalgo, 2015). Bu termik HCA'lar; α,β -dikarbolin oluşumu aşamasında altı karbonlu indirgen şeker ve amino asitler arasındaki Maillard reaksiyonu sırasında, daha sonra α -aminokarbolin oluşumu aşamasında Strecker degradasyonu sırasında ve piridin veya pirazin halkasının oluşumu sırasında ortaya çıkabilirler. Ayrıca, aldehit ve kreatinin arasındaki reaksiyon aşamasında imidazol ve devamındaki kinolin ve kinokzalin arasındaki reaksiyon sırasında IQ, IQx, MeIQ, 8-MeIQx gibi imidazokinolin veya imidazokinokzalin (IQ tipi) bileşikler oluşabilmektedir (John and Beedanagari, 2014; Chang et al., 2019). Genel olarak aminoimidazoaroarenlerin oluşum mekanizması Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Aminoimidazoaroaren grubu HCA'ların oluşum yolu (Jägerstad et al., 1998).

Aminoimidazoaroarenlerin oluşumunu etkileyen başlıca faktörler, pH, kreatin konsantrasyonu, amino asit çeşidi, işlem sıcaklığı ve süresidir. Özellikle MeIQx ve DiMeIQx oluşumunda kritik parametrelerin işlem süresi ve sıcaklığı olduğu belirlenmiş ve işlem süresince kreatin konsantrasyonundaki azalmanın bu bileşiklerin oluşumu için bir gösterge olduğu düşünülmüştür (Jackson and Hargraves, 1995).

2.3. Gıdalarda HCA'ların Oluşumuna Etki Eden Faktörler

Gıdalarda HCA oluşumunu etkileyen çok sayıda faktör vardır. HCA'ların çeşitleri ve konsantrasyonları genel olarak; pişirme sıcaklığı, pişirme yöntemi (ızgara, kızartma, haşlama vs.) ve süresi, kullanılan etin tipi (sığır eti, domuz eti, kümes hayvanları, balık), öncü madde içeriği (şekerler, serbest amino asitler ve kreatin), pH ve su aktivitesi, yağ içeriği, ısı ve kütle transferi ve antioksidanlara bağlı olabilmektedir (Pais et al., 1999; Oz, 2011; Keşkekoğlu and Üren, 2014).

2.3.1. Etin Tipi

Etin türü (dana eti, domuz eti, tavuk eti, balık vs.) ve örneğin hazırlanma şekli (derili veya derisiz olması vs.) oluşan HCA miktarını etkilemektedir. Et örneklerinin pH'sı, nem seviyesi, yağ ve protein içeriği gibi parametreler de oluşan HCA'ların yapısını ve miktarını değiştirebilir (Puangsombat et al., 2012).

Kırmızı et, diyetle protein ve esansiyel/fonksiyonel lipitlerin önemli bir kaynağıdır. Ancak tüketiminin kardiyovasküler hastalıkların ve kolon kanserinin oluşum riskini artırabilmesi, kırmızı etin sağlıktaki rolünün olumsuz algılanmasına neden olmaktadır (Kontogianni et al., 2008; Manful et al., 2020). Literatürde, genel olarak pişmiş sığır etindeki HCA miktarı; kırmızı ette PhIP seviyeleri 35 ng/g'a kadar, AαC 0-20 ng/g, MeIQx 0-10 ng/g, 4,8-DiMeIQx 0-5 ng/g, Trp-P-1 ve Trp-P-2 daha düşük seviyelerde ve yaklaşık 0-1 ng/g olarak özetlenmiştir (Layton et al., 1995; Murkovic, 2007; Quelhas et al., 2010).

Bazı sakatatların (sığır karaciğeri, kuzu böbreği ve sığır dili) pişirilmesiyle HCA içerikleri incelenmiş ve tüm örneklerde en yaygın olarak norharman ve harman bileşiklerinin (0,20-8,87 ng/g) bulunduğu, buna karşın PhIP ($\leq 0,12$ ng/g), DMIP ($\leq 0,25$ ng/g), MeIQx ($\leq 0,21$ ng/), MeIQ ($<0,1$ ng/g) ve 4,8-DiMeIQx ($\leq 0,02$ ng/g)'in daha düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir. IQ, Trp-P-1, Trp-P-2, AαC ve MeAαC bileşikleri ise hiçbir örnek grubunda tespit edilmemiştir (Khan et al., 2009).

Tavuk eti ile kırmızı etin yapısındaki temel fark, tavuk etinin daha düşük yağ içeriği iken aynı zamanda amino asit yapısı ile şeker ve kreatin içeriği de farklıdır (Borgen et al., 2001; Solyakov and Skog, 2002). PhIP tavukta pişirme sırasında dana eti, domuz eti veya balıktan daha kolay oluşurken, MeIQx miktarı pişmiş tavukta, pişmiş dana eti ve domuz etine göre daha düşüktür (Skog et al., 1998 ; Solyakov and Skog, 2002).

MeIQx ve PhIP, yaygın olarak tüketilen etlerde, kümes hayvanlarında ve balıklarda en çok tespit edilen HCA'lardır (Sinha et al., 1998; Knize et al., 1999). HCA'ların oluşumu genellikle etin dış yüzeyinde meydana gelir (Puansombat et al., 2012). Mangalda pişirilen tavuk etlerinde norharman içeriğinin, sığır eti ve domuz etine kıyasla daha yüksek olduğu ancak örneklerdeki en yüksek norharman içeriğinin domuz etinde ve en yüksek harman içeriğinin sığır etinde bulunduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda istisnalar olsa da, pişirme sonrası etin yüzey renginin HCA oluşumuyla ilişkili olduğu ve özellikle tavuk örneklerinde koyu yüzey rengine sahip neredeyse tüm örneklerin, daha açık yüzey rengine sahip et örneklerine kıyasla daha yüksek HCA konsantrasyonlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, tüketim açısından daha açık yüzey rengine sahip olan etlerin tercih edilmesi önerilmiştir (Aaslyng et al., 2013).

Tavada pişirilen balıklarda, aynı yöntemle daha düşük sıcaklıklarda pişirilmiş tavuk örneklerine göre daha düşük miktarda 4,8-DiMeIQx oluşumu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda MeIQx ve 7,8-DiMeIQx marine edilen tavuk örneklerine göre ve PhIP marine edilmeyen tavuk örneklerine göre daha düşüktür (Salmon et al., 2006). Farklı yöntemlerle pişirilen tavuk örneklerinde toplam HCA oluşumunun, balık örneklerine kıyasla düşük olduğu da belirlenmiştir (Oz et al., 2010).

HCA tüketimini en aza indirmenin yollarından biri, tavuğu derili olarak pişirmek ve daha sonra tüketmeden önce deriyi çıkarmaktır. Bu sayede, pişirme sırasında deri doğrudan pişirme yüzeyine maruz kalır ve deri, HCA oluşumunu destekleyen yüksek yağ içeriğine sahip olmasına rağmen, ısının et yüzeyine daha etkili bir şekilde iletilmesini sağlayarak bir avantaj sağlar. Derisi ile pişirilen tavukta HCA'lar deri üzerinde oluşup daha sonra uzaklaştırılabileceği için derisiz pişirilen tavuğa göre HCA içeriği açısından daha güvenlidir (Puansombat et al., 2012; Rannou et al., 2016).

Izgarada pişirilen tavuk göğsü örneklerinde düşük sıcaklıklarda (150°C) PhIP bileşiği gibi termik HCA'lar daha yüksek oranda görülürken, daha yüksek sıcaklıklarda (230°C) harman bileşiğinin diğer HCA'lara oranla daha yüksek seviyelerde oluştuğu ve toplam HCA miktarının %50'den fazlasının etin dış yüzeyinde ve derisinde bulunduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda analiz edilen deriye sahip tüm örneklerde, derisiz örneklere göre toplam HCA miktarı daha fazla bulunmuştur (Pleva et al., 2020).

2.3.2. Pişirme Yöntemi

Piştirme işlemleri, gıdalara lezzet, sindirilebilirlik, duyuşal özelliklerin geliştirilmesi, net besin kazancının artması, muhafaza ve güvenlik (patojen ve parazitlerden) açısından fayda sağlarken, kontrolsüz uygulamalar nedeniyle etlerde lipit oksidasyonu ve Maillard reaksiyonu yoluyla son ürünün beslenme kalitesini etkileyebilmektedir (Boback et al., 2007; Manful et al., 2020). Bu sebeple et ve et ürünlerinde HCA oluşumu için en önemli faktörlerden biri piştirme yöntemidir (Alaejos and Afonso, 2011).

Dana etlerinde tavada kızartma işleminin (0,252- 0,940 ng/g), haşlama (0,032 ng/g) ve sous-vide (0,036-0,123 ng/g), yöntemine göre toplam HCA miktarını artırdığı belirlenmiştir (Oz and Zikirov, 2015). Bunun sebebi olarak haşlama işleminin, muhtemelen düşük piştirme sıcaklığı (<100°C) nedeniyle tespit edilebilir miktarda HCA oluşumuna yol açmaması olabileceği belirtilmiştir (Skog and Solyakov, 2002; Oz and Zikirov, 2015). Birçok çalışma, kızartma ve kavurma işlemlerinin ette yüksek HCA içeriğinin oluşumuna neden olan başlıca yöntemler olduğunu göstermiştir (Solyakov and Skog, 2002; Salmon et al., 2006; Liao et al., 2010).

Derin yağda kızartma ile genellikle düşük seviyelerde (genellikle 0,5 ng/g'ın altında) HCA oluştuğu görülmüştür. Aynı zamanda piştirme yöntemi olarak ızgara ve mangaldan kaçınmak, tavuk ve dana etlerinde HCA oluşumunu azaltma yöntemlerinden biridir. Mikrodalgada piştirme de, ürünün içinde ısının üretildiği ve yüzeylerin ısınmasıyla ürünün yüzeyle temas eden kısımlarının daha fazla ısınmasına sebep olmayacak ılımlı bir yöntem olarak bilinmektedir. Aynı zamanda, mikrodalga kullanılarak yapılan ön ısıtma, ette meydana gelen sızıntı nedeniyle öncü maddelerin kaybını sağlayabilmesi nedeniyle HCA oluşumunu azaltabilir. Ancak direkt olarak mikrodalgada piştirilen örneklerdeki nispeten yüksek HCA içeriği dikkate alınarak, mikrodalgada ön ısıtmanın, direkt olarak piştirme uygulamasına göre HCA oluşumu açısından daha güvenilir olduğu düşünülmektedir (Felton et al., 1994; Jinap et al., 2013; Solyakov and Skog, 2002; Oz et al., 2010).

Soya yağında kızartılan balık köftelerinde, uygulanan sıcaklığa (150°C, 170°C, 190°C ve 210°C) bağlı olarak toplam HCA içeriği 0,23-9,85 ng/g aralığında değişmiştir. Kızartma sırasında aynı yağın sürekli kullanımı IQ, PhIP, MeIQx, ve AαC bileşiklerinin oluşumunu desteklemiştir ve toplam HCA içeriğinde artışa

sebebi olmuştur. Tercih edilen sıcaklıklar arasında, 210°C’de kızartılan örneklerde toplam HCA içeriği 9,85 ng/g olarak belirlenmiştir ve bu miktarın %80’ini 7,8-DiMeIQx oluşturmaktadır. Aynı zamanda, 7,8-DiMeIQx ilk olarak 170°C’de kızartılmış örneklerde tespit edilirken, PhIP 190°C ve 210°C’de kızartılan örneklerde görülmüştür. Ayrıca analiz edilen tüm örneklerde norharman ve harman bileşikler tespit edilmiştir (Wang et al., 2015). Başka bir çalışmada, IQ, MeIQx, 7,8-DiMeIQx oluşumunun kısmen kızartma yağının fiziksel ve kimyasal özelliklerinden etkilendiği tespit edilmiştir. Sıcak kızartma yağının lipid peroksidasyonu sırasında serbest radikallerin üretilmesi mümkündür, bu da belirli HCA’ların oluşumuna elverişli koşulları destekleyebilmektedir (Johansson et al., 1993; Wang et al., 2015).

Yapılan bir çalışmada farklı pişirme yöntemlerinin tavuk göğüs eti ve ördek göğüs etinde HCA oluşumuna etkisi incelenmiştir. Toplam HCA miktarı tavada kızartılan, derin yağda kızartılan, mangalda ve fırında pişirilen tavuk göğsünde sırasıyla, 27,4 ng/g, 21,3 ng/g, 112 ng/g, 4 ng/g; ördek göğsünde 53,3 ng/g, 14 ng/g, 32 ng/g, 7 ng/g olarak belirlenmiştir. Her iki et örneği için HCA oluşumunun yüksek olduğu pişirme yöntemleri tavada kızartma ve mangalda pişirme yöntemleridir. HCA’lar arasında en yüksek miktarda oluşanlar norharman (32,2 ng/g), harman (32 ng/g) ve PhIP (31,1 ng/g) mangalda pişirilen tavuk göğsünde tespit edilmiştir (Liao et al., 2010).

Tavuk ve balık etlerinin farklı yöntemler kullanılarak pişirilmesi sonucunda en yüksek toplam HCA içeriğinin sırasıyla mikrodalgada pişirilen, tavada kızartılan ve mangalda pişirilen örneklerde bulunduğu görülmüştür. En yüksek toplam HCA içeriği mikrodalga, tava, mangal, fırın ve elektrikli ocak kullanılarak pişirilen balık örneklerinde sırasıyla 18,09 ng/g, 6,98 ng/g, 5,22 ng/g, 4,28 ng/g ve 3,12 ng/g olarak belirlenmiştir. Tavuk örneklerinde bulunan en yüksek ve en düşük toplam HCA içeriğinin (sadece IQ ve 4,8-DiMeIQx tespit edilmiştir) mikrodalga kullanılarak pişirilen örnek grubuna ait olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda fırında pişirilen örneklerde ise IQx, IQ ve 4,8-DiMeIQx, 1 ng/g’ın altında iken, MeIQx ve PhIP tespit edilmemiştir. Elektrikli ocak kullanılarak pişirilen tavuk örneklerinde HCA’lar genellikle 1 ng/g’ın altında görülürken, toplam HCA içeriği pişirme derecelerine göre 0,51-2,35 ng/g aralığında değişmektedir. Neredeyse tüm mangalda pişirilen tavuk örneklerinde ve elektrikli ocakta pişirilen balık örneklerinde IQx, IQ, MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşikler bulunurken, mangalda pişirilen tavuklarda toplam HCA miktarı 1,97 ve 3,58 ng/g

aralığında tespit edilmiştir. Fırında pişirilen balık örneklerinde toplam HCA içeriği 18,09 ng/g iken, bu miktarın 17,84 ng/g'ı IQ bileşiğine aittir (Oz et al., 2010).

Güneydoğu Asya'ya özgü bir yemek olarak bilinen satay, farklı yöntemlerle (kömürde ızgaralama, mikrodalgada ön ısıtma ile ızgaralama ve mikrodalgada ön ısıtma ile derin yağda kızartma) iki farklı (orta ve iyi) pişme derecesi hedeflenerek pişirilmiştir. Mikrodalga-derin yağda kızartma yöntemiyle uygulanan orta pişmiş tavuk ve sığır eti sataylarda HCA tespit edilmemiştir. Toplam HCA konsantrasyonu mikrodalga-ızgara yöntemi ile orta pişmiş tavuk ve dana sataylarda sadece ızgaralama yöntemine göre %24 ve %21 daha düşük iken, iyi pişmiş sataylarda %35 ve %42 daha düşüktür. Izgaralanan sataylarda HCA oluşumu mikrodalga-derin yağda kızartma uygulananlara göre %97-98 daha fazladır (Jinap et al., 2013). Başka bir çalışmada, kapalı halde ızgarada pişirilen tavuk örneklerinin toplam HCA içeriğinin açık halde ızgarada pişirilen örneklerle göre herhangi bir ısı kaybı oluşmaması sebebiyle daha yüksek olduğu ve 150°C ve 190°C'de 5-10 dk süreyle pişirmenin daha uzun süreli ve daha yüksek sıcaklıklardaki pişirme işlemlerine göre HCA oluşumunu azalttığı görülmüştür (Pleva et al., 2020).

2.3.3. Pişirme Sıcaklığı ve Süresi

Pişirme sıcaklığı ve süresinin, et ve et ürünlerinde HCA oluşumu üzerinde, etin tipi (dana eti, tavuk eti ve domuz eti) ve sahip olduğu öncüllerden (kreatin, kreatinin, şekerler ve serbest amino asitler) çok daha fazla etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Aaslyng et al., 2013; Oz ve Kaya, 2011a; Oz and Zikarov, 2015). Pişirme sıcaklığı ve süresindeki artış genellikle HCA artışına neden olmaktadır. Genel olarak 150°C ve altındaki pişirme işlemlerinde, HCA oluşumu çok düşük veya tespit edilemeyecek seviyelerde iken, 190°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda keskin bir artış göstermektedir ve 200°C'den itibaren PhIP başta olmak üzere bazı HCA'ların oluşumu hızlanmaktadır (Aaslyng et al., 2013; Alaejos and Afonso, 2011).

Sığır etine benzer bir et suyu model sisteminde, glukoz, kreatinin ve çeşitli amino asitler içeren karışımın 100°C-225°C arası sıcaklıklarda 0,5-180 dakika sürelerde ısıtılmasıyla IQx, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx PhIP, IFP, harman ve norharman bileşiklerinin açığa çıktığı görülmüştür. Oluşan HCA bileşiklerinin konsantrasyonlarının uygulanan ısıtma sıcaklığı ve süresiyle ilişkili olduğu da belirlenmiştir (Arvidsson et al., 1999; Pais et al., 2000; Szterk, 2015).

Sous-vide yöntemiyle farklı sıcaklıklarda (75°C, 85°C ve 95°C) ve sürelerde (2 saat ve 4 saat) pişirilen dana etlerinde toplam HCA içeriğinin, tıpkı tavada pişirilen ve haşlanan örneklerde olduğu gibi sıcaklık ve süredeki artışla beraber arttığı görülmüştür. Ancak MeIQx ile beraber pişirilmiş etlerde en yaygın olarak görünen HCA'lardan olan PhIP bileşiğinin miktarı, sous-vide yöntemiyle pişirilen örneklerde sıcaklık ve sürenin artışıyla beraber azalmıştır (Oz and Zikirov, 2015).

Az ve orta pişmiş balık ve tavuk örneklerinin toplam HCA içeriğinin genellikle düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Fırında pişirilen tavuk örneklerinde pişirme derecesindeki artışla beraber toplam HCA içeriğinde artış görülmüştür. Tavada iyi pişmiş derecedeki tavuk örneklerinde toplam HCA miktarı 5,82 ng/g ve çok iyi pişmiş örneklerde 2,83 ng/g iken, orta ve az pişmiş örneklerde 1 ng/g'ın altında belirlenmiştir. Analiz edilen hiçbir örnekte PhIP, AαC ve MeAαC tespit edilmemiştir. Balıklarda toplam HCA oluşumu, orta, iyi ve çok iyi pişmiş örneklerde pişirme derecesine göre artış göstermiştir. Mikrodalgada çok iyi pişmiş balık örneklerinin HCA içeriğinin (18,09 ng/g), az pişmiş seviyedeki örneklerle kıyaslandığında (0,24 ng/g) neredeyse 75 katı miktarda olduğu görülmüştür (Oz et al., 2010).

Domuz etlerinin 220°C sıcaklıktaki ızgarada pişirilmesinin, 180°C'de pişirme işlemine göre 4,8-DiMeIQx içeriğinde iki kat ve 7,8-DiMeIQx'de dokuz kat artışa sebep olduğu ve aynı zamanda 220°C'de PhIP bileşiğinin oluştuğu gözlemlenmiştir (Buła et al., 2019).

2.3.4. Öncü madde içeriği

Pişirme öncesinde model sistemlere ve ete düşük oranlarda indirgen şeker ilavesiyle mutajenlerin artış gösterdiği belirlenmiştir. Buna karşılık, amino asitler ve kreatinin molar konsantrasyonunun yarısından daha fazla miktarlarda glukoz ilavesinin, model sistemlerde gıda mutajenlerinin oluşumunu azalttığı gösterilmiştir (Skog ve Jägerstad 1990; Jackson ve Hargraves 1995; Oz and Kaya, 2011a). Kızartılmış balık liflerinde, %9 ve %14 şeker ilavesiyle dokulardaki amino asitlerin miktarı azalırken, HCA içerikleri sırasıyla %85 ve %15 oranında artmıştır. Ayrıca, %19 şeker ilavesiyle HCA içeriği büyük bir düşüş gösterirken amino asit miktarı artmıştır. Bu durum Maillard reaksiyonu ile açıklanmıştır. Maillard reaksiyonu ürünleri, yüksek şeker konsantrasyonlarında daha kolay oluşabilmektedir ve sırasıyla kreatin ve kreatinin ile reaksiyona girerek glukoz miktarının azalmasına sebep olmaktadır (Tai et al., 2001; Alaejos and Afonso, 2011). PhIP gibi bazı

HCA'lar ise, gıdalarda basit şekerler olmadan da oluşabilmektedir. Bununla birlikte, çoğu HCA'nın sentezi, IQ-tipi olanların piridin kısmının ve IQx-tipi olanların pirazin kısmının sentezinden sorumlu olan az miktarda basit şekerin (indirgen şekerler) mevcut olmasını gerektirir (Jägerstad et al., 1998; Murkovic, 2004a; Murkovic 2004b).

HCA'lar, tam olarak tanımlanmış amino asitlerin kimyasal reaksiyonları sonucu oluşmamaktadır. Örneğin gıdalarda MeIQx bileşiği, 17 farklı amino asitin (alanin, glisin, lisin vs.) çeşitli kimyasal reaksiyonlarının bir sonucu olarak oluşabilmektedir (Johansson et al., 1995; Szterk, 2015). Prolin veya triptofanın, tıpkı kreatinin gibi HCA bileşiklerinin oluşumu için öncü maddeler olduğu bilinmektedir. Prolin, PhIP bileşiği için bir öncü iken, triptofan ise β -karbolin grubu için bir öncü olarak kanıtlanmıştır. Bununla birlikte, triptofanın α - veya γ - karbolinlerin oluşumunu artırmadığı ve IQx bileşiğinin oluşumunu artırırken, PhIP oluşumunu inhibe ettiği belirlenmiştir (Skog et al., 2000; Alaejos and Afonso, 2011).

HCA'ların oluşumunda kreatininin önemli bir role sahip olduğu bilinmektedir. Kreatinin molekülü, kreatinin varlığında gerçekleşen Maillard reaksiyonları sırasında üretilen çoğu HCA'ya özgü aminometilimidazo halkası için temel görevi görür (Jägerstad et al., 1991). Model sistemler ve et örnekleri üzerinde yapılan çalışmalar, içerdiği şeker, kreatin ve amino asitler gibi öncü maddelerin konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak, ısıtılmış tek bir örneğin veya karışımın HCA içeriğinin de arttığını göstermektedir (Buła et al., 2019).

Farklı sürelerde (5-15 gün) depolanan etlerin, 180°C ve 280°C'de pişirilmesi sonucunda toplam HCA içeriği, çiğ etin depolanma süresi ve termal işlem sıcaklığının artmasıyla birlikte artmaktadır. Soğukta depolanma süresinin HCA miktarı üzerindeki etkisi, dana etinin kimyasal içeriğinin farklılaşmasıyla açıklanmıştır. Çiğ etin buzdolabında saklanması sırasında, proteinlerin proteolitik enzimlerin katılımıyla ve potansiyel olarak et yüzeyinde bulunan mikroorganizmalardan türetilen enzimlerin katkısı ile serbest amino asitlerin içeriği (kreatinin dahil) artmaktadır. Çiğ et soğutma koşullarında ne kadar uzun süre depolanırsa, ızgara işlemi sırasında HCA'ların sentezi için substrat olarak vazgeçilmez olan serbest amino asit miktarı daha fazla gözlenir (Szterk and Jesionkowska; 2015).

2.3.5. Yağ içeriği

Geviş getiren hayvanlardaki yağsız/kırmızı etin, anti-enflamatuar omega 3 çoklu doymamış yağ asitleri (ω 3-PUFA'lar) ve anti-kanserojenik konjuge yağ asitleri (CFA'lar) (konjuge linoleik ve linolenik gibi) dahil olmak üzere diyet için önemli bir lipit kaynağı olduğu bilinmektedir. Ancak bu yağ asitleri yüksek doymamışlık indisleri nedeniyle ısıyla oluşabilecek oksidasyona oldukça hassaslardır (Scollan et al., 2006; Manful et al., 2020).

Yaęlar, HCA bileşiklerinin oluşumunda öncü maddelerden olmasa da, yüksek termal iletkenliğe sahip olması nedeniyle, sıcaklığın ürün üzerindeki etkisini artırabilmektedir. Bu sebeple yaę içeriği düşük olsa bile HCA içeriğinde artış görülebilmektedir (Alaejos and Afonso, 2011). Aynı zamanda yağlar, serbest radikal oluşumuyla HCA'ların oluşum basamaklarında rol alan piridin ve pirazin oluşumunun artmasına neden olabilmektedir. Ayrıca daha yüksek yaę içeriğine sahip etlerin, genellikle HCA'ların öncüsü olan bileşikleri daha düşük konsantrasyonlarda içerebileceği de düşünölmektedir (Szterk and Jesionkowska, 2015; Buła et al., 2019).

Etlerde maksimum mutajen oluşumu için optimum bir yağ seviyesinin bulunduğu ve bu oranın kıyma için %10 olduğu belirtilmiştir. İki farklı oranda (%11 ve %25) yağ içeren kıyma örneklerinin pişirilme siyle, yağ oranı yüksek olan örnek gruplarında IQ bileşiği oluşumunun 4 kat arttığı görölmüştür. Sığır etlerinin ızgarada 180°C ve 250°C sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu yağ oranı %15 olan örneklerde maksimum mutajenite görölmüştür (Knize et al., 1985; Felton et al., 1986; Robbana-Barnat et al., 1996).

Farklı yağ içeriğine sahip farklı et ürünlerinde HCA oluşumunu belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, HCA seviyelerinin genel olarak %5 yağ içeriğine sahip kıyma örneklerinde, %15 yağlı örneklere göre daha yüksek olduğu ve MeIQx içeriğinin 2,5 kat, PhIP içeriğinin ise 12,5 kat fazla olduğu belirlenmiştir (Abdulkarim and Smith, 1998).

Domuz kıymalarında %40 oranındaki hayvansal yağ içeriği zeytinyağı, ayçiçek yağı ve üzüm çekirdeği yağı ile değiştirilerek %40 bitkisel yağ içeriğine sahip örnekler ve kontrol grubu örnekleri, 180°C ve 220°C sıcaklıklarda pişirilmiştir. En yüksek HCA oluşumu, kontrol grubuna ait örneklerde görölmüştür. Zeytinyağı ve ayçiçek yağı içeren örneklerde MeIQx oluşumu kısmen daha az iken, üzüm çekirdeği yağı içeren örneklerde tamamen inhibe edilmiştir. Aynı zamanda üzüm çekirdeği yağı, örneklerde MeIQx, 4, 8-DiMeIQx ve PhIP oluşumunu

tamamen inhibe edebilmesi nedeniyle en yüksek inhibisyon etkisine sahip olmuştur (Lu et al., 2017).

2.3.6. Marinasyon

Marinasyon işlemi, bitkiler ve baharatlar başta olmak üzere kullanılan içeriklerle beraber, etin lezzetini, dokusunu ve sululuğunu geliştirmektedir (Quelhas et al., 2010). Aynı zamanda marinasyon, gıda ürünü ve ısıtma yüzeyi ile doğrudan temastan kaçınmak için bir bariyer görevi görebilmesi sayesinde et ürünlerinde heterosiklik aminlerin oluşumunu sınırlamak için etkili bir çözümdür. Bununla birlikte, marinasyonun etkinliği, incelenen HCA'ların türüne bağlı olabilmektedir. Formülasyon ve marine etme süresi, marinasyonun verimliliğini etkilemektedir (Gibis and Weiss, 2012; Hasnol et al., 2014; Rannou et al., 2016).

Marine edilerek tavada pişirilen tavuk örnekleri, marine edilmeyen örneklerle göre daha düşük miktarda PhIP içerirken, MeIQx miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda pişme kaybı marine edilen örneklerde daha az olmuştur (Salmon et al., 2006). Ayrıca, marine edilmiş et için kullanılan şeker türü oluşan HCA miktarını etkiler. Çeşitli şeker türleri arasında, muhtemelen içerdiği karbonhidrat bileşikleri nedeniyle HCA oluşumunu sınırlamak için en umut verici olan baldır (Hasnol ve diğerleri, 2014, Shin and Ustunol, 2004; Rannou et al., 2016).

Farklı konsantrasyonlarda üzüm çekirdeği ekstraktı ve biberiye ekstraktı içeren marinasyon sıvıları kullanılarak marine edilen hamburger köfteleri elektrikli ızgarada 230°C'de pişirilerek kullanılan ekstraktlardaki fenolik bileşenlerin HCA oluşumuna etkisi araştırılmıştır. Tüm örnek gruplarında sadece MeIQx, PhIP, norharman ve harman tespit edilmiştir ve her iki marinasyonla MeIQx ve PhIP oluşumunda anlamlı seviyede bir azalma gözlemlenmiştir (Gibis and Weiss, 2012).

Benzer bir çalışmada, farklı konsantrasyonlarda hibiscus ekstraktı (*Hibiscus sabdariffa*) ile marine edilerek kızartılan hamburger köftelerinin düşük konsantrasyonlarda MeIQx (0,3–0,6 ng/g), PhIP (0,02–0,06 ng/g), norharman (0,4–0,7 ng/g) ve harman (0,8–1,1 ng/g) içerdiği belirlenmiştir. En yüksek oranda hibiscus ekstraktı içeren gruplarda MeIQx konsantrasyonu diğer gruplara kıyasla %50'ye kadar azalma göstermiştir (Gibis and Weiss, 2010).

Kuzu etlerinin %4 oranında zerdeçal ve %10 oranında meşale zencefili, limon otu ve köri yaprakları içeren marinasyon sıvıları kullanılarak marine edilip derin yağda kızartılmasıyla, orta (70°C'de) pişmiş örneklerde meşale zencefilinin MeIQx oluşumunu %74,8, köri yaprakları ve zerdeçalın %64,7 oranında azalttığı belirlenmiştir. İyi (80°C'de) pişmiş örneklerde meşale zencefili AαC oluşumunu %86,6 azaltmıştır. Derin yağda kızartılmış tüm örnek grupları arasında en yüksek konsantrasyonda bulunan HCA'nın DiMeIQx (3,69 ng/g) olduğu tespit edilmiştir (Jinap et al., 2016).

Yeşil çay ile farklı sürelerde (5°C'de 1, 2, 4 ve 6 saat) marine edilerek tavada pişirilen etlerde PhIP and AαC oluşumunun marine edilmeyen örneklerle kıyasla önemli oranda (%75 ve %85) azaldığı belirlenirken 4,8-DiMeIQx ve MeIQx için azalma gözlemlenmemiştir (Quelhas et al., 2010).

Kırmızı şarapla marine edilen tavuk göğüs eti örneklerinin elektrikli tavada 220°C'de kızartılmasıyla tüm örnek gruplarında PhIP, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, norharman ve harman tespit edilmiştir. Kullanılan farklı şaraplar MeIQx konsantrasyonunu bazı örneklerde azaltıp bazılarında artırırken, tüm örnek gruplarında PhIP (%88'e kadar) konsantrasyonunu azaltmada etkili olmuştur (Busquets et al., 2006).

Birayla marine edilerek kömür ateşinde ızgaralanan domuz etlerinde, marinasyonun PhIP, Trp-P-1 ve AαC miktarını anlamlı düzeyde azalttığı görülmüştür. Marinasyonda kullanılan 3 farklı biranın etlerde toplam HCA oluşumunu etkili bir şekilde (%90'a kadar) azaltabildiği belirlenirken bu azalmalarla, biraların antioksidan aktiviteleri arasında güçlü bir pozitif korelasyon görülmüştür (Viegas et al., 2015).

Polifenolik antioksidanlar bakımından zengin baharatlar içeren marinasyonların HCA inhibisyonuna etkisi incelenmiştir. Marketlerden hazır olarak temin edilen ve yağ, su ve sirke kullanılarak hazırlanan, karnosik asit, karnosol ve rosmarinik asit gibi yüksek polifenolik antioksidan içeriğine sahip marinasyon sıvıları kullanılarak marine edilen biftekler 204°C' de pişirilmiştir. Genel olarak PhIP ve MeIQx konsantrasyonları, norharman ve harmana göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Marine edilen gruplarda HCA oluşumu, marine edilmeyen gruplara kıyasla çok daha düşüktür ve toplam HCA inhibisyonu yaklaşık olarak %71 civarındadır. Aynı zamanda, marine edilen örneklerde edilmeyenlere göre PhIP oluşumunda %50 azalma tespit edilirken, MeIQx konsantrasyonunda 3-

9 kat ve DiMeIQx konsantrasyonunda ise 6 kata kadar artış görülmüştür. Uygulanan farklı marinasyonların içerdiği polifenolik antioksidanların HCA inhibisyonuna etkisinin oldukça yüksek olduğu ancak bazı baharatların öjenol gibi uçucu fenolik içeriklerinden dolayı bu inhibisyonu açıklamada tamamen yeterli olamayacağı belirtilmiştir (Smith et al., 2008).

2.3.7. Antioksidanlar

Gıdaların yapısında sağlık üzerinde olumlu etkileriyle bilinen ve özellikle son yıllarda dikkat çeken karotenoidler, vitaminler, flavanoidler gibi doğal antioksidan özelliğe sahip pek çok bileşen bulunmaktadır. Şimdiye kadar askorbik asit, α -tokoferol, flavanoidler, ellagik asit, meyve ve sebzeler, soya, çay, zeytinyağı ve baharatlar gibi doğal antioksidanların HCA oluşumuna etkileri araştırılmış ve çeşitli model sistemlerle gösterilmiştir (Vitaglione ve Fogliano, 2004).

En çok çalışılan fenolik bileşiklerden bazıları epikateşin (EC), epigallokateşin gallat (EGCG), epikateşin gallat (EKG) ve epigallokateşindir (EGC). Bunlar flavonoid sınıfına aittir ve yüksek antioksidan aktivite gösterir. EC, EGCG, EGC ve EKG özellikle yeşil çay ve üzüm çekirdeğinde bol miktarda bulunur. Bu saf moleküller veya yeşil çay özütleri, farklı modellerde ve gıda matrislerinde Maillard reaksiyonları ve heterosiklik aminlerin azaltılmasında oldukça etkilidir. Kateşin bileşiklerinin etkisi, ısıtma işlemi sırasında (karbonil yakalama etkisi) veya karbonhidratlı kateşinlerin radikal süpürücü aktivitesi sırasında reaktif karbonillerle kovalent bağların oluşumuna dayanır. Bu bileşikler veya doğal özütler, böylece gıda endüstrisindeki Maillard reaksiyonlarını ve ürünlerinin oluşumunu, ürünün duyu özelliklerinde herhangi bir değişiklik olmadan ve sağlık yararları sağlayarak kontrol etmek için umut verici çözümlerdir (Demirok and Kolsarıcı, 2014; Rannou et al., 2016).

E vitamini, hayvanların dokularında birikebilen ve oksidatif stabilite sağlayabilen doğal bir antioksidandır ve bu durum kısmen aminoazaaren ara maddeleri olan radikal yapıların deaktif edilmesi ile ilişkilidir (Janoszka et al., 2009; Ruan et al., 2014). Çalışmalar, hazırlama veya pişirme sırasında eklenen E vitamininin Maillard reaksiyonunda HCA oluşumu üzerinde engelleyici etkileri olduğunu ve bu sayede pişmiş domuz, tavuk ve balıkta HCA oluşumunu azalttığını göstermiştir (Liao et al., 2009; Ruan et al., 2014).

Polifenol bakımından zengin bira, şarap ve çay bazlı marinasyonların kullanımının da duyuşsal nitelikleri arttırmak ve ızgara etteki heterosiklik amin seviyelerini azaltmak için etkili stratejiler olduğu gösterilmiştir (Melo et al., 2008). Filtrelenmemiş biraların yüksek polifenolik içeriklerine bağılı olarak ızgara ette HCA oluşumunu baskılamada etkili olduğu çalışmalarla gösterilmiştir (Marques et al., 2017; Manful et al., 2020).

Kikugawa (1999), bir model sistemi kullanarak bütillenmiş hidroksianisol (BHA), sesamol, epigallokateşin gallat (EGCG), propil gallat (PG) ve esculetin gibi bileşiklerin imidazokinokzalin tipi mutajenlerin oluşumu üzerindeki etkisini araştırmıştır. Glukoz, glisin ve kreatinin içeren sulu ortam ısıtılarak fenolik antioksidanlar eklenmiş ve tüm fenolik antioksidanların mutajenitenin oluşumunu doza bağılı bir şekilde inhibe edebileceğı belirlenmiştir. Bu bağlamda aynı çalışmada, yeşil çay ekstraktı ve EGCG'nin antioksidan etkileri model sistemi yerine palamut balığı kullanılarak incelenmiş ve mutajen oluşumunun etkin bir şekilde azaldığı görülmüştür (Kikugawa, 1999).

Birçok baharat antioksidan aktiviteleri ile bilinir. Baharat olarak kullanılan soğan ve sarımsakta birçok organik kükürt bileşiğı içerir. Sarımsaktaki ana bileşenler alisin ve diğeri tiyosülfinatlardır. Bu bileşenlerden bazıları dialil disülfür, dialil trisülfid ve tiyoalil amino asitlere dönüştürülebilir. Bir sülfhidril grubuna sahip sistein bileşiğı, HCA'ların oluşumunda önemli bir yol olduğuna inanılan Maillard reaksiyonunu inhibe edebilir. S-alkenil sistein S-oksitler, sistin dialil disülfid ve dipropil disülfid gibi sarımsakla ilişkili kükürt bileşikleri HCA'ların oluşumu üzerinde engelleyici bir etki göstermiştir (Friedman et al., 1990; Shin et al., 2002; Gibis, 2007).

2.4. HCA'ların Sağlık Üzerine Etkileri

Kırmızı et, tuzlama, kürlleme, fermentasyon, tütsüleme, pişirme gibi çeşitli işlemlerden geçirilerek tüketime hazır hale getirilebilmekte ve elde edilen ürün işlenmiş et olarak adlandırılmaktadır. Kırmızı etin işlenmesi sırasında istenmeyen bazı bileşikler de ortaya çıkabilmektedir. Uluslararası Kanseri Araştırmaları Merkezi (IARC), insanlarda kırmızı et tüketimi ile kolon, pankreas ve prostat

kanserleri arasında pozitif ilişki bulunduğunu, bu sebeple kırmızı etin yüksek ihtimalle insan üzerinde kanserojen (grup 2A) olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, insanlarda sindirimin kolonda gerçekleştiği ve işlenmiş etin tüketilmesiyle kolon kanserine sebep olabileceği düşünülmüştür. Bununla beraber, mide kanseri ile işlenmiş et tüketimi arasındaki pozitif ilişki de değerlendirilerek işlenmiş kırmızı et, IARC tarafından insanlar için kanserojen (grup 1) olarak sınıflandırılmıştır (IARC, 2018; Zamora and Hidalgo, 2020).

Uluslararası Kanser Araştırmaları Merkezi (IARC), hayvan deneylerinden elde ettikleri kanıtlarla, IQ bileşiğini yüksek ihtimalli insan kanserojeni (grup 2A) ve PhIP, MeIQ, MeIQx, AαC, MeAαC, Trp-P-1, Trp-P-2, Glu-P-1 bileşiklerini muhtemel insan kanserojeni (grup 2B) olarak tanımlamıştır (IARC, 1993; Zamora and Hidalgo, 2015). Gıdalarda en çok tespit edilen ve termik HCA'lar olarak da adlandırılan IQ, IQx, MeIQ, MeIQx, DiMeIQx ve PhIP bileşikleri, 2005 yılında Amerika Birleşik Devletleri Sağlık ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı tarafından muhtemel insan kanserojeni olarak tanımlanmıştır (Knize et al., 1994; Puangsombat et al., 2012).

Çoğu kanserojen doğrudan mutajenik aktiviteye sahip olamayacağı için vücutta aktivasyonlarının sağlanması sırasında metabolik enzimlere ihtiyaç vardır. Heterosiklik amin karsinojenleri de, hedef organlardaki tümör oluşumuna kadar ilerleyen DNA mutasyonlarına başlamadan önce konakçı aracılığı ile metabolik aktivasyon gerektirir. HCA bileşikleri ince bağırsakta emilir ve karaciğere taşınarak aktive olur. Öncelikle sitokrom P450 enzimi ile oksidasyona uğrayan HCA'lar, N-asetiltransferaz enzimi ile O-esterifikasyona maruz kalarak aktive olurlar. Bu reaksiyonlar ve oluşan ürünler, DNA hasarı ve nihayetinde mutasyonlar meydana getirebilir (Deitz et al., 2000; Felton and Summers, 1995; Lynch et al., 1995; Turesky and Le Marchand, 2011; Barzegar et al., 2019).

HCA'lar arasında harman ve norharman bileşikleri *Ames/Salmonella* testlerinde mutajenik olmadıkları halde, diğer bileşiklerin (Trp-P-1 ve Trp-P-2 gibi) mutajenik aktivitesi harman ve norharman tarafından arttırılabildiği için ko-mutajen olarak tanımlanabilirler (Nagao et al., 1978; Puangsombat et al., 2012). Ayrıca harman ve norharman bileşiklerinin nörotoksin ve enzim inhibitörleri etkileri de araştırılmıştır (De Meester, 1995; Kuhn et al., 1996; Liao et al., 2010).

Şimdiye kadar birçok HCA'nın kanserojen olduğu ve çalışmalarda kemirgenlerin ağız, mide, meme, karaciğer ve kolorektum gibi birden fazla

bölgesinde tümör oluşturduğu belirlenmiştir (Sugimura et al., 2004). Ayrıca yine hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda HCA'ların süte geçebildiği ve normalde kullanılan dozdan 5000–10,000 kat daha düşük dozlarda bile yenidoğan farelerinde güçlü kanserojenik etki gösterdiği tespit edilmiştir (Brittebo et al., 1994; Dooley et al., 1988; Borgen et al., 2001).

Özellikle iyi pişmiş etlerin sık tüketiminin kolon, prostat ve meme kanseri için önemli bir risk kaynağı olduğu bilinmektedir. Ayrıca, genellikle ppb düzeyinde oluşmasına rağmen HCA'ların insan dokularındaki DNA'larda tespit edildiği ve bu dokular üzerinde genetik hasara yol açtığı enstrümental analizlerle belirlenmiştir. Özellikle tümör gelişimine yol açan ve genom replikasyonunu bloke eden bazı mutasyonlar, HCA aktivitesinden kaynaklanan mutasyonların bir etkisidir (Sugimura et al., 2004; Turesky, 2007).

Cross et al. (2010, 2011), MeIQx (24,4 ng/1000 kcal) ve DiMeIQx (1,74 ng/1000 kcal) alımının, yüksek et tüketen beşinci grupta (66,5 g yemek/1000 kcal) kolorektal ve kolon kanseri oluşumu ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Aynı zamanda DiMeIQx alımı ile mide kanseri oluşumu riski arasında pozitif bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

Deney hayvanlarında kolon, meme bezi ve prostat kanseri oluşumunu indüklediği bilinen PhIP bileşiklerinin, nanomolar seviyelerin altında insanların meme kanseri hücrelerinde östrojenik etkiler sergilediği tespit edilmiştir (Lauber and Gooderham, 2011). Ayrıca PhIP maruziyetinin mide kanseri ve renal hücreli karsinomu artırdığı çalışmalarla belirlenmiştir (De Stefani et al., 1998a; 1998b).

2.5. Günlük HCA Alım Seviyeleri ve Sınır Değeri

Yapılan çalışmalarla, HCA'ların başta kanser oluşumunu desteklemek olmak üzere sağlık üzerindeki olumsuz etkileri tespit edilmiştir. HCA'ların kanser gelişimine etkisini değerlendirebilmek için, insanların HCA'lara maruz kalma düzeyleri belirlenmelidir (Wakabayashi et al., 1997). İnsanlarda HCA maruziyet seviyesi, çeşitli gıdalarda HCA'ların konsantrasyonuna ilişkin analitik verilerle birlikte diyet değerlendirmesi kullanılarak tahmin edilebilmektedir (Busqutes et al., 2013).

İnsanlarda HCA maruziyetini belirlemek için idrar örnekleri alınarak MeIQx, PhIP, Trp-P-1 ve Trp-P-2 seviyeleri ölçülmüştür. Yaşları 13-67 aralığındaki

toplamda 10 gönüllüden alınan örneklerin hepsinde 24 saat sonraki HCA seviyeleri 0,03-47 ng olarak belirlenmiştir (Ushiyama et al., 1991; Wakabayashi et al., 1997). Bu sonuçlar insanların sürekli olarak günlük yaşamda gıdalarda meydana gelen mutajenik ve kanserojenik HCA'lara maruz kaldıklarını göstermektedir (Wakabayashi et al., 1997).

Avrupa Konseyi, HCA alım miktarının günde 1 µg'den düşük olması gerektiğini belirtmiştir (Barzegar et al., 2019). Araştırmalara göre Amerika'da diyetle beraber günlük HCA alım miktarı yaklaşık olarak çocuklarda (15 yaşına kadar) 11 ng/kg iken yetişkinlerde (30 yaş ve üzeri) 7 ng/kg'dır. Her iki yaş grubu için de toplam HCA maruziyetinin %65'ini PhIP oluşturmaktadır ve diyetle HCA alımının en büyük kaynağı tavada pişirilmiş kırmızı et olarak tespit edilmiştir. (Keating and Bogen, 2001). ABD'de 14000 erkek üzerinde yapılan çalışmaya göre günlük HCA alımı; PhIP (103 ng/gün), MeIQx (15 ng/gün) ve DiMeIQx (1,4 ng/gün)'dür (Vangnai et al., 2014; Wu et al., 2006). Günlük HCA maruziyetinin 1393 ng olduğu tahmin edilmektedir (Keating and Bogen, 2004).

Pişmiş gıdalarda en yaygın olarak görülen HCA'lerden MeIQx genellikle 10 ng/g'dan daha düşük seviyelerde görülürken, PhIP genellikle 35 ng/g civarındadır (Puangsombat et al., 2011; Skog and Alexander, 2006). Malezya'da 600 kişi ile yapılan çalışmada toplam HCA alımı günlük olarak kişi başına 0-553,7 ng/g seviyelerinde belirlenmiştir ve en yüksek düzeyde tespit edilen HCA'lar sırasıyla PhIP, MeIQx ve MeIQ'dır (Jahurul et al., 2010). Çin'de 497 katılımcı ile gerçekleştirilen çalışmada et tüketim alışkanlıklarına bakılarak tahmini günlük maruz kalma seviyesi ortalama 49,95 ng/gün (14 ng/gün-95,8 ng/gün) olarak belirlenmiştir ve PhIP, MeIQx ve 4,8-DiMeIQx en yüksek orana sahiptir (Wong et al., 2005).

İsveç nüfusunda (8599 kadın ve 6575 erkek) günlük ortalama HCA alımının, kadınlar için 583 ng ve erkekler için 821 ng olduğu tahmin edilmektedir ve PhIP'i maruziyeti kadınlarda 342 ng ve erkeklerde 475 ng'dir (Ericson et al., 2007; Busqutes et al., 2013). İsveç ile benzer bir şekilde İsviçre ve Japonya'da da HCA maruziyetinin diğer ülkelere kıyasla kısmen daha düşük seviyelerde (397 ng/gün ve 77 ng/gün) olduğu tahmin edilmiştir (Zimmerli et al., 2001; Kobayashi et al., 2002; Jahurul et al., 2010).

Türkiye'de yapılan bir çalışma, 15-25 yaş arasındaki gençlerin, tavuk nugget ve tavuk burger gibi kaplamalı tavuk ürünlerinin yüksek tüketim oranlarından

dolayı 26-35 yaş grubuna kıyasla iki kat daha yüksek MeIQx alımına maruz kaldıklarını göstermiştir. Günlük tahmini maksimum MeIQx maruziyeti 15-25 yaş aralığındaki katılımcılar için vücut ağırlığına oranla günlük 10,70 ng/kg olarak belirlenmiştir. MeIQx maruziyetinin kaynağı olan ürünler sırasıyla en yüksek tavuk kanatları, tavuk butları, tavuk nuggetlar ve tavuk burgerler olmuştur (Soncu et al., 2018).

2.6. Gıdalarda HCA'ların Tespit Yöntemleri

Gıdalarda HCA bileşiklerinin tespit edilebilmesi için öncelikle etkin bir saflaştırma işlemi gerçekleştirilmelidir. Bu aşamada öncelikli olarak örnekler farklı çözücüler kullanılarak homojenize edilmekte ve bir çözelti oluşturulmaktadır. Elde edilen çözeltiye genellikle proteinlerin çöktürülmesinden sonra santrifüjleme veya filtrasyon gibi bir ayırma tekniği kullanılmaktadır. Ayrıca, düşük tespit limitlerine ulaşmak için genellikle nihai ekstraktın kuruyana kadar buharlaştırılması ve tortunun uygun olan küçük bir hacimde yeniden çözündürülmesi ile sağlanan bir ön konsantrasyon basamağı da gerekmektedir (Martín-Calero et al., 2007). Bu amaçla örnek hazırlama aşamasında;

- Katı faz ekstraksiyonu (SPE)
- Katı faz mikro ekstraksiyonu (SPME)
- Sıvı-sıvı ekstraksiyonu (LLE)
- Süperkritik sıvı ekstraksiyonu (SFE)
- Basınçlı sıvı ekstraksiyonu (PLE),
- Mikrodalga destekli ekstraksiyon

yöntemleri kullanılmaktadır (Pais and Knize, 2000; Cárdenes et al., 2004; Barzegar et al., 2019).

HCA bileşiklerinin analizi için geleneksel ekstraksiyon ve saflaştırma metodu, Gross ve Grüter (1992) tarafından geliştirilen ve sıvı-sıvı ekstraksiyonunu takiben karmaşık gıda matrislerinden HCA ekstraksiyonunu sağlamak için katı faz ekstraksiyonunu (SPE) içeren bir protokol izlenmesidir. Bu doğrultuda, yüksek

performanslı sıvı kromatografisi, ultraviyole ve floresans dedektör (HPLC-UV/FLD) ile birleştirilmiş bir katı faz ekstraksiyon (SPE) yöntemi (Extrelut, propilsülfonik asit silika (PRS) ve C₁₈ kartuşları) kullanarak pişmiş somondaki HCA bileşiklerini belirlemişlerdir (Gross and Grüter, 1992; Linghu et al., 2019; Lee et al., 2020).

HCA'ların tanımlanmasında ve kantitatif analizinde genellikle katı faz ekstraksiyonu ile saflaştırmanın ardından kütle spektrometrisi (MS) veya fotodiyot array dedektör (DAD), floresans dedektör (FD) ile yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) kullanılmaktadır (Knize et al., 1997; Barcelo-Barrachina et al., 2006; Chang et al., 2019). Ayrıca son yıllarda, pestisit ve veteriner ilaçları analizinde kullanılmakta olan Quechers yönteminin, kolaylığı, analiz hızı ve az miktarda çözgen kullanımı ile istenmeyen gıda matrislerinin uzaklaştırılmasında sağladığı verimlilik sayesinde HCA'ları analiz etmek için güvenilir bir ekstraksiyon yöntemi olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Hsiao et al., 2017; Lighu et al., 2019).

Gıdalarda HCA'ların ayırma ve tespitlerinde kullanılan bazı teknikler şu şekildedir;

- Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC)
- Sıvı Kromatografi Kütle Spektrometresi (LC-MS)
- Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometrisi (GC-MS)
- Kapiler elektroforez (CE)
- ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay)

Yöntemlerin tespit sınırları analiz edilen bileşiğe ve örnek saflığına bağlı olarak 0,01-50 ng/g'dır ve çoğu yöntemle tek seferde 10-15 HCA tespit edilebilmektedir (Skog et al, 2002; Özdestan et al., 2014).

Gıda matrisinin oldukça karmaşık yapıda olması ve HCA'ların genellikle düşük konsantrasyonlarda (ng/g) bulunması sebebiyle gıdalarda tespit edilebilmeleri için seçici ve hassas kromatografik tekniklere ihtiyaç duyulmaktadır (Krach ve Sontag, 2000). Bu amaçla, en yaygın kullanılan kromatografik

tekniklerin başında HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) gelmektedir. Özellikle, termal olarak kararsız olan ve uçucu olmayan yüksek polariteye sahip bileşenler HPLC tarafından kolayca saptanabilmektedir. Şimdiye kadar gıda ürünlerinde vitaminler, lipitler, amino asitler, şekerler, koruyucular, toksik bileşenler (pestisitler, PAH'lar), aflatoksinler ve ayrıca HCA'lar gibi çeşitli bileşenlerin eser miktarının izlenmesi HPLC tarafından başarıyla gerçekleştirilmiştir (Alaejos et al., 2008).

HPLC ile farklı dedektör sistemlerinin kullanılmasıyla analizlerde istenilen hassasiyet ve seçicilik sağlanabilir. Floresans (F), ultraviyole (UV), elektrokimyasal (ED) ve kütle spektrometresi (MS) dedektörleri bu amaçla yaygın olarak kullanılmaktadır (Pais ve Knize, 2000). Özellikle HPLC-UV çok düşük seviyelerdeki HCA'ların tespitinde yetersiz olduğundan son yıllarda, HPLC-MS iyi ayırım sağlaması, yüksek hassasiyeti ve seçiciliği sayesinde karmaşık matrislerde güvenilir sonuçlar vermesiyle dikkat çekmektedir (Krach ve Sontag, 2000).

LC-MS, HCA'ların eşzamanlı olarak oldukça hassas, doğru ve kesin bir şekilde belirlenmesi için kullanılmaktadır. Kütle spektrometresi (MS), HCA'ları tespit etmek ve miktarını belirlemek için güvenilir bir dedektör olarak kullanım sağlamaktadır. LC ile bileşenlerin ayrımı sağlanırken; MS, bu bileşenlerin yapısını göstermektedir ve bu sayede ikisinin beraber kullanımı ile hedeflenen bileşenlerin tam analizi sağlanmaktadır (Barzegar et al., 2019).

HCA bileşiklerinin çoğu polar yapıda değildir ve düşük konsantrasyonlarda tespit edilememektedirler. Bu nedenle, genellikle daha düşük konsantrasyonların tespiti için türevlendirme aşamalarına ihtiyaç vardır. GC-MS'in yüksek duyarlılığa sahip olmasına rağmen, analiz öncesinde uğraştırıcı bir türevlendirme süreci gerektirmektedir (Canales et al., 2017; Wu et al., 2019). Ancak HCA'ların türevlendirilmesi sadece polariteyi azaltmak için değil, aynı zamanda bileşenlerin uçuculuğunu, seçiciliğini, duyarlılığını ve ayrılmasını geliştirmek için de kullanılabilir. Bu sayede GC-MS, yüksek ayırım ve nispeten yüksek hassasiyet sağladığı için tercih sebebi olarak görülmektedir (Alaejos et al., 2008).

2.7. Antioksidanların Etkileri

Serbest radikallerin HCA oluşumunu desteklediği düşüncesiyle beraber, bu maddelerin serbest radikalleri süpürücü etkisiyle HCA oluşumunu engelleyebilecek etkiye sahip olması sebebiyle gıdalara antioksidanların eklenmesi yaklaşımı ortaya

çıkıştır. Bu inhibitörlerin HCA oluşumu sırasında oluşan serbest radikallere karşı hareket ederek radikal söndürücü ve serbest radikal süpürücü aktivitesi yoluyla mutajen oluşumunu önlediği düşünülmektedir. Bununla birlikte, antioksidanların konsantrasyonlarına ve pişirme sırasında diğer gıda bileşenleri ile etkileşimlerine bağlı olarak hem anti-oksidatif hem de pro-oksidatif etkiler gösterdikleri bilinmektedir (Melo et al., 2008).

Tek bir antioksidan çeşidinin veya kompleks antioksidan karışımlarının HCA ile beraber mutajen ve kanserojenlerin oluşumunu inhibe edebildiği bilinmektedir. Bu inhibisyonun HCA oluşumu ve toksik aktivitesi sırasında çeşitli reaksiyon basamaklarında oluşan etkinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Antioksidanlar; bu reaksiyonların farklı basamaklarında; radikal söndürücü ve serbest radikal süpürücü aktiviteleri mutajen oluşumunu önleyebilirler, bloke edici ajan görevi ile metabolik aktivasyonu inhibe ederek, detoksifikasyon enzimlerini uyararak veya reaktif molekülleri uzaklaştırarak metabolik aktivasyonu engelleyip pre-mutajenlerin reaktif metabolitlere biyotransformasyonunu önleyebilirler,

DNA onarım mekanizmaları, tümör gelişimi ve tümör gelişiminin ilerlemesiyle ilişkili olan hücre içi süreçleri modüle eden baskılayıcı ajanlar olarak görev yapabilirler (Dashwood, 2002; Vitaglione and Fogliano, 2004).

HCA bileşiklerinin oluşumunu etkili bir şekilde azaltan birçok sentetik ve doğal antioksidan olduğu bilinmektedir. Bazı çalışmalar, HCA'ların konsantrasyonlarının, antioksidan potansiyele sahip bileşiklerin ilave edilmesiyle de azaltılabileceğini göstermiştir (Melo et al., 2008). Bununla birlikte, etin ev ortamında pişirilmesi sırasında ticari antioksidanların uygulanması uygun olmamakla birlikte bütillenmiş hidroksitoluen ve bütillenmiş hidroksianisol gibi bazı sentetik antioksidanlar da birçok ülkede yasaklanmıştır. Bu nedenle, doğal antioksidanlar bu bağlamda büyük ilgi görmektedir (Jamali et al., 2016).

Diyetle alınan temel antioksidanlardan biri olan polifenoller gibi serbest radikal temizleyici olarak işlev görebilen antioksidanlar içeren doğal ürünlerin katkı maddesi gibi eklenmesiyle, ısıtma işlem görmüş et ve model sistemlerdeki HCA miktarını azaltmaktadır (Melo et al., 2008).

Hayvan dokularında biriken antioksidan seviyelerinin HCA'ların oluşumu üzerine etkilerini ve etlerinde ızgara işlemiyle oluşan mutajenleri belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, hayvanlar farklı seviyelerde E vitamini (340, 690,

1040 ve 1740 IU/hayvan/gün) içeren yemler ile 120 gün boyunca beslenmiştir. Pişirme sonrasında en yüksek oranda oluşan bileşikler MeIQ_x, TriMeIQ_x, norharman, harman ve PhIP iken, yağsız ette toplam HCA içeriği 9,57-11,59 ng/g olarak tespit edilmiştir. Diyetle E vitaminindeki artış dokudaki α -tokoferol seviyesini artırıp mutajenitede azalma görülürken, ayrı ayrı veya toplam HCA içeriği üzerinde anlamlı bir etkisi olmamıştır (Ruan et al., 2014).

Tablo 2.2’de HCA oluşumu üzerindeki etkileri araştırılan doğal antioksidan özellikteki maddeler gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Gıdalarda HCA oluşumu üzerine etkileri araştırılan doğal antioksidan kaynakları

Bitki Ekstraktları	Referans	Baharatlar	Referans	Yağlar	Referans
Biberiye	Tsen et., 2006	Karabiber	Oz and Kaya, 2011b; Zeng et al., 2017	Karanfil tomurcuğu yağı	Rounds et al., 2012
Adaçayı	Murkovic et al., 1998	Kırmızıbiber	Oz and Kaya, 2011c	Zeytinyağı	Monti ve et al., 2001; Persson et al., 2003
Üzüm çekirdeği	Gibis and Weiss, 2012 ; Keskekoglu and Uren, 2017	Zerdeçal	Puangsoombat et al., 2011	Kekik yağı	Friedman et al., 2009
Yeşil çay	Weisburger et al., 1994	Kimyon	Puangsoombat et al., 2011	Kolza yağı	Persson et al., 2003
Enginar	Tengilimoglu-Metin and Kizil, 2017	Soğan ve sarımsak tozu	Gibis, 2007		
Alıç	Tengilimoglu-Metin et al., 2017	Tarçın ve Karanfil	Damašius et al., 2011		
Elma kabuğu	Sabally et al., 2016				
Ananas, Elma	Cheng et al., 2007				

2.8. Propolis

Propolis, çeşitli bitki kaynaklarından bal arıları tarafından toplanan reçineli bir maddedir. Propolisin ana bileşimi; reçine (%50), balmumu (%30), uçucu ve aromatik yağlar (%10), polen (%5) ve polifenoller (flavanoidler ve fenolik asitler) gibi diğer bileşenlerden (% 5) oluşmaktadır (Abu-Mellal et al., 2012; Olegário et al., 2019). Antioksidan, antimikrobiyal, antiviral, antienflamatuar ve antitümör özelliklere sahip olduğu bilinen propolis, dünyanın birçok bölgesinde yiyecek,

içecek ve ilaçlarda kullanılmaktadır (Kumazawa et al., 2004). Propolisin günlük olarak tüketiminin kanserlerin, kardiyovasküler ve nörodejeneratif hastalıkların önlenmesi ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Farooqui and Farooqui, 2012).

Propolisin aktif bileşenleri, toplama alanındaki bitki örtüsüne, arı türlerine ve coğrafi bölgelere bağlı olarak değişebilmekle beraber, biyolojik aktivitesi polifenolik fraksiyonlardan, özellikle flavonoidlerden, aromatik asitlerden, fenolik asit esterlerinden ve lignanlardan veya terpenoid bileşenlerden oluşur (Silici and Kutluca, 2005; Moreno et al., 2020; Maldonado et al., 2020). Çalışmalarda farklı propolis örneklerinde yağ asitleri, fenolik asitler ve bunların esterleri, flavanoidler (flavonlar, flavanonlar, flavonoller, dihidroflavonoller, kalkonlar), terpenler, ̢-steroidler, aromatik aldehytler ve alkoller, seskiterpenler, naftalen ve stilben türevleri dahil olmak üzere 300'den fazla bileşik tanımlanmıştır (Marcucci et al., 2001; Long et al., 2020). Flavonoidlerin propolis içinde en bol ve en etkili antioksidan olduğu bilinmektedir (Dudoit et al., 2020).

Farklı coğrafi kökenli propolislerin antioksidan aktivitelerini değerlendiren birçok çalışma vardır. Bu alışmalar propoliste doğal olarak oluşan polifenollerin, antioksidan aktivitelerinden dolayı, kanser ve kardiyovasküler hastalıklar dahil olmak üzere, yaşamı tehdit edici çeşitli hastalıkların riskini azaltmaya yardımcı olduğunu bildirmektedirler. Bu nedenle antioksidan aktiviteye sahip propolisin insanları zararlı oksidatif işlemlerden koruyabileceği dşnlmektedir (Kumazawa et al., 2004). Ayrıca Banskota et al. (2001), propolisin antioksidan aktivitesinin antitümör ve antihepatotoksik aktivitelere de sahip olan fenolik bileşenler sayesinde olduğunu bildirmişlerdir.

2.9. Keçiboynuzu

Keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua L.*), baklagil familyasına aittir ve yıl boyunca yeşil olan yaprak dökmeyen bir ağacın meyvesidir. Özellikle İspanya, Portekiz, İtalya, Fas, Yunanistan, Türkiye ve Cezayir gibi Akdeniz iklimine sahip bölgelerde yaygın olarak yetiştirilmektedir (şahin et al., 2009). Keçiboynuzu meyvesi, 10-30 cm uzunluğunda, 1,5-3,5 cm genişliğinde uzun ve basık yapıda olup, düz veya kavisli şekile sahiptir. Meyve, pulp (% 90) ve tohum (% 10) olmak üzere iki ana kısımdan oluşmaktadır (Battlea and Tous, 1997; Zhu et al., 2019). Gıda, ilaç ve kozmetik endüstrilerinde hammadde olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Durazzo et al., 2014).

Polifenol içeriği en yüksek diyet liflerinden biri keçiboynuzu lifidir. Keçiboynuzu meyvesinin posası tatlı karbonhidrat (% 40-%50 kuru madde) ve ayrıca diyet lifi, tanen ve polifenoller içerir (Bastida et al., 2009). Keçiboynuzunda 24 çeşit fenolik bileşen bulunmaktadır. Bu fenolik maddelerden bazıları mirisetin ramnosit (%9,8), kuersetin ramnosit (%10,23), metil gallat (% 1,03), sinamik asit (%1,5), mirisetin glikozit (%1,58) ve gallik asittir (%41,7). Toplam fenolik madde miktarının (3944,7 mg/kg kuru madde) büyük bir çoğunluğunu gallik asit oluşturmaktadır (Owen et al., 2003).

Keçiboynuzunun saflaştırılmamış ekstraktları, çeşitli in vitro testlerde yüksek antioksidan aktivite göstermiştir. Mevcut veriler, keçiboynuzu meyvesi ekstraktlarının, fonksiyonel etkiler gösteren miktarlarda eklendiğinde pişmiş domuz eti sistemlerine antioksidan etkiler uyguladığını göstermektedir (Bastida et al., 2009). Aseton kullanılarak elde edilen keçiboynuzu ekstraktının, gıdalarda kullanılan en iyi antioksidanlardan biri olan butilhidroksitoluen (BHT)'e göre yaklaşık %30 oranda daha düşük antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir (Lakkab et al., 2019). Ayrıca, keçiboynuzu ağacının yapraklarının antioksidan özelliklerinin ve toplam fenolik madde miktarının incelenmesi sonucunda, yaprakların da fenolik madde açısından oldukça zengin olduğu tespit edilmiştir (El Hajaji et al., 2010).

2.10. Kuşburnu Çekirdeği Yağı

Kuşburnu meyvesi (*Rosa canina L.*) uzun zamandır tıbbi amaçlarla kullanılmaktadır. İçerdiğinde yüksek oranda C vitamini bulunması nedeniyle kuşburnu meyvesi hastalıklardan korunmak amacıyla tüketilebilmektedir (Szentmihályi et al., 2002). Kuşburnu tohumları, kuşburnu suyu veya şurubu imalatından elde edilen atık bir üründür ve tohumlar % 4,9- % 17,82 arasında yağ içermektedir. Ancak kuşburnu tohumlarından elde edilen yağlar, özellikle linoleik (omega-6) ve α -linolenik (omega-3) çoklu doymamış yağ asitleri bakımından zengin bir kaynak olmasının yanı sıra, yüksek karotenid (likopen, beta-karoten ve rubikantin), A vitamini ve C vitamini içeriği ile gıda ve kozmetik endüstrisi için değerli hammadde olarak kabul edilmektedir. Ayrıca tohumlarda farklı konsantrasyonlarda B1, B2, E ve K vitaminleri ve K, Ca, Na, Fe ve Mg gibi mineraller de tespit edilmiştir (Franco et al., 2007; Silva et al., 2008; Ercisli, 2007; González-Sarrías et al., 2013; Santana, 2016). Sahip olduğu bu bileşenler sayesinde egzama ve deri ülserleri gibi cilt bozukluklarının tedavisinde kullanılmaktadır ve doğal bir cilt bakım maddesi, nemlendirici ve yaşlanma karşıtı ajan olarak işlev

gören önemli bir doğal kaynaktır (Dąbrowska et al., 2019). Aynı zamanda kuşburnu çekirdeği yağı, antioksidan, antibakteriyel, antifungal ve antienflamatuar özelliklere sahiptir ve kanser hücrelerinin çoğalmasını inhibe edebileceği tespit edilmiştir (Olsson et al., 2004; Silva et al., 2008; Santana et al., 2016).

Genel olarak, oksidatif stresi önleyici etkisi, antioksidan özelliğini sağlamada kilit bir özelliktir. Kuşburnu çekirdeği yağında çeşitli fitokimyasallar, tokoferoller, steroller de tespit edilmiştir (Grajzer et al., 2015) Çalışmalarda kuşburnu çekirdeği yağında 110-1099,9 mg/kg aralığında değişen miktarlarda γ -tokoferol, 400-6630 mg/kg aralığında sterol ve 39,2-145,3 mg/kg aralığında karotenid tespit edilmiştir (Zlatanov, 1999; Ilyasoğlu, 2014; Szentmihályi et al., 2002). Szentmihályi et al. (2002), süperkritik sıvı ekstraksiyonu ile elde ettikleri kuşburnu çekirdeği yağının karoten içeriğinin daha düşük olmasına karşın, yağ asidi kompozisyonu incelendiğinde yüksek oranda doymamış yağ asidi (%92'den fazla) ve çoklu doymamış yağ asidi (doymamış yağ asidi içeriğinin yaklaşık %77'si) içerdiğini belirlemişlerdir. Çalışmalar sonucunda, besin bileşimi ve biyoaktif bileşiklerin varlığı nedeniyle kuşburnu çekirdeği ve yağının, fonksiyonel gıda formülasyonlarında ve diyet takviyelerinde katkı maddesi olarak önerilebileceği görülmüştür (Ilyasoğlu, 2014).

2.11. Kabak Çekirdeği Yağı

Cucurbitaceae ailesine ait olan kabak (*Cucurbita pepo* L.), fenolikler, polisakkaritler, flavonoidler, vitaminler, mineral tuzları bakımından zengin olmakla birlikte, iyi bir karoten ve suda çözünen vitamin kaynağı olarak bilinmektedir (Sadeghi et al., 2019). Gıda endüstrisi, meyve suları, püreler, reçeller ve alkollü içeceklerin üretimi için balkabağından faydalanmıştır Kabak çekirdeği ise, bitkisel ilaçlar ve fonksiyonel gıdalar olarak sıklıkla kullanılan bazı biyoaktif bileşikler içeren balkabağının yenilebilir tohumunu ifade etmektedir (Jiao et al., 2014).

Kabak çekirdeği, toplam içeriğin % 50'sini oluşturan ana bileşeni yağ ile, değerli bir protein ve yağ kaynağı olarak kabul edilmektedir. Kabak çekirdeği yağı, yeşil renklidir ve içeriğinde baskın yağ asitleri olarak yağ kompozisyonunun yaklaşık %98'ini oluşturan, oleik (C18:1, %21,0-46,9), linoleik (C18:2, %35,6-60,8), palmitik (C16:0, %9,5-14,5) ve stearik (C18:0, %3,1-7,4) asit bulunmaktadır (Murkovic ve Pfannhauser, 2000; Nawirska-Olszańska et al., 2013). Kabak çekirdeği yağı içerdiği linoleik ve linolenik asit gibi esansiyel yağ asitleri, karotenler, skualen, lutein, γ - ve β -tokoferoller, fitosteroller, klorofil ve selenyum

gibi bileşenler, mineraller (özellikle potasyum, fosfor ve magnezyum), ve E vitamini (tokoferoller) ile güçlü bir antioksidan kaynağı ve faydalı bir besin takviyesidir (Fahim et al., 1995; Seymen et al., 2016). Kabak çekirdeği bakımından zengin diyetler, daha düşük seviyelerde mide, meme, akciğer ve kolorektal kanser ile de ilişkilendirilmiştir (Huang et al., 2004; Stevenson et al., 2007).

Kabak çekirdeği yağının faydalı etkileri kısmen fenolik bileşiklerin bolluğundan kaynaklanmaktadır. Tıpkı diğer tohum yağları gibi, kabak çekirdeği yağı da önemli miktarda γ – tokoferol içermektedir. Antioksidan ve antienflamatuar etkilerinin yanı sıra, γ – tokoferol kardiyovasküler hastalıkların ve prostat kanserinin önlenmesine yardımcı olmaktadır. Fitosteroller, serum kolesterol seviyesini düşürebilmesinin yanı sıra kolon kanseri başta olmak üzere bazı kanser türlerine karşı koruma sağlayabilmektedir ve anti-enflamatuar etkilere sahip olduğu bilinmektedir. Skualen güçlü bir antioksidan, anti-kanserojen ve detoksifikatör olarak kabul edilmektedir. Karotenoidler ise esas olarak gıdaların çekici renklerinden sorumlu olmakla beraber güçlü antioksidanlardır ve çeşitli kanser türlerine, gözle ilgili hastalıklara, kardiyovasküler hastalıklara ve ışığa bağlı cilt bozulmalarına karşı koruyucu ajanlardır (Jiang et al., 2001; Quilez et al., 2003; Kim and Karadeniz, 2012; Fiedor and Burda, 2014; Özbek and Ergönül, 2020). Kabak çekirdeği yağında bu bileşenler dışında, tirozol, vanillik asit, vanilin, luteolin ve sinapik asit gibi özel fenoliklerin varlığı da tespit edilmiştir (Andjelkovic et al., 2010).

2.12. Literatürde HCA’ların Belirlenmesi İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Vitaminler (C, E ve A vitaminleri), flavonoidler, karotenoidler ve polifenoller, gıdalarda bulunan ve vücuda alınması ile sağlık üzerinde olumsuz etkiye sebep olan radikallerden korunmayı sağlayan başlıca doğal antioksidanlar olarak bilinmektedirler (Güçlü ve ark., 2009). Günümüzde meyveler, tohumlar, çeşitli baharatlar ile bunlardan elde edilen ekstraktlar ve yağlar, doğal antioksidan etkileri sayesinde et ve et ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Bastida et al., 2009).

Et ve et ürünlerinde hem HCA oluşumunu azaltmak hem de üründe istenilen lezzet ve aromanın sağlanması için kullanılan önemli antioksidan kaynaklarından biri baharatlardır. Kızartma işleminden önce sığır köftelerine %1 ve %10 oranında biberiye oleoresin ilavesiyle PhIP oluşumunun %44 azaldığı gözlemlenmiştir (Balogh et al., 2000). Aynı oranda (%1) çam kabuğu ekstraktı, biberiyeden elde edilen oleoresin ve üzüm çekirdeği ekstraktı eklenen köftelerin MeIQx konsantrasyonunu sırasıyla %77, %75 ve %69 azalttığı belirlenmiştir (Ahn and Grün, 2005).

Fesleğen, kekik, mercanköşk, biberiye, keklikotu kişniş ve tatlı çimen ekstraktları ilavesinin dana etlerinde HCA oluşumuna etkileri araştırılmıştır. Farklı oranlarda (%0,2- %0,5) kekik ve keklikotu ekstraktı ilavesinin PhIP oluşumunu kısmen azaltırken diğer ekstraktların PhIP oluşumu üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Kekik ve fesleğen ekstraktları, Trp-P-2 oluşumunu azaltırken, örneklerin Trp-P-1 içeriğinin fesleğen ekstraktı içeren örneklerde azaldığı ve kekik ekstraktı içeren örneklerde arttığı gözlemlenmiştir (Damašius et al., 2011).

Fenolik bileşikler açısından zengin olan *Rosa rugosa* (Japon gülü) çayı ekstraktı ilaveli köftelerin 160°C ve 220°C sıcaklıklarda kızartılmasıyla HCA oluşumu belirlenmiştir. Norharman ve harman bileşikleri analiz edilen tüm örnek gruplarında tespit edilmiştir ve sıcaklık artışıyla beraber miktarlarında artış görülmüştür. Aynı zamanda, ekstrakt eklenen örneklerdeki Trp-P-1 ve Trp-P-2 miktarının kontrol grubuna göre daha düşük konsantrasyonlarda olduğu belirlenmiştir. Kullanılan ekstraktın sahip olduğu antioksidan aktivitesi sayesinde, yüksek sıcaklıklarda (220°C) HCA oluşumu üzerine etkisinin düşük sıcaklıklara (160°C) göre daha fazla olduğu ve her iki sıcaklıkta da PhIP oluşumunda önemli oranda azalma sağladığı belirtilmiştir (Jamali et al., 2016).

Kore böğürtleni ve soğan içeren dana köftelerinin 230°C’de her yüzeyinin 8 dakika pişirilmesiyle HCA oluşumunun kontrol örneklerine kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Örneklerle 4 gram Kore böğürtleni ilavesiyle MeIQ, norharman, Glu-P-1, ve AaC bileşikleri sırasıyla % 74, %62, %39 ve %37 oranında azalırken; 4,8-DiMeIQx oluşumu tamamen inhibe edilmiştir. Örneklerle 12 gram Kore böğürtleni ilave edildiğinde ise harman bileşiği başta olmak üzere pek çok HCA inhibe edilirken, 16 gram ilave edilmesi Glu-P-1, MeIQx, norharman, harman ve PhIP oluşumunu sırasıyla % 96, %92, %85, %72 ve %84 oranında azaltmıştır. Köfte örneklerine 4 gram soğan ilavesinin HCA oluşumunu azaltırken, daha yüksek

miktarlarda ilave edildiğinde (8 gram) HCA oluşumunu desteklediği görülmüştür. Örneklere 2 gram soğan ilave edilmesiyle 4,8-DiMeIQx, Glu-P-1, MeIQ, norharman ve PhIP oluşumunun sırasıyla 100, %96, %88, %74 ve %79 oranında inhibe olduğu belirlenmiştir (Dong et al., 2011).

Khan et al. (2019), *Chrysanthemum morifolium* çiçeği ekstraktının farklı sıcaklıklarda ve farklı yöntemlerle pişirilen keçi eti köftelerinde HCA oluşumunu %14-%82 aralığında inhibe ettiğini belirlemiştir. Toplam HCA oluşumu 175°C’de, tavada kızartılan, derin yağda kızartılan ve fırında pişirilen örneklerde sırasıyla %46, %40 ve %35 oranında azaltılırken; 225°C’de bu yöntemlerle pişirilen örneklerde sırasıyla %47, %52 ve %32 oranında azalma görülmüştür. Bu nedenle, kullanılan ekstraktın etkisinin derin yağda kızartma ve tavada kızartma yöntemlerinde daha belirgin olduğu ve sıcaklıktaki artışla beraber ekstraktın her iki pişirme yönteminde de etkinliğini arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Rounds et al. (2012), çeşitli bitkisel ekstraktların, baharatların ve bitkisel yağların sığır köftelerinde HCA oluşumunu belirlemek için bir çalışma yapmışlardır. Dana köftelerine %1 (a/a)’lık konsantrasyonda esansiyel yağlar ve %5 (a/a) oranında bitkisel ekstraktlar ve baharatlar eklenerek 200°C ızgarada pişirilmiştir. Yapılan analizlere göre köftelerde MeIQx oluşumunda azalma, bitkisel ekstraktlarda; %79,5 (zeytin), %76,1 (elma kabuğu), %31,4 (yeşil çay), %50,4 (üzüm çekirdeği), toz baharatlarda; %78,0 (soğan), %68,9 (paprika), %66,2 (sarımsak), %49,5 (kekik otu), %48,6 (zerdeçal), %24,2 (kimyon), esansiyel yağda; %35,0 (karanfil tomurcuğu yağı) olarak bulunmuştur. PhIP oluşumundaki azalma ise; bitkisel ekstraktlarda; %84,3 (zeytin), %82,1 (elma kabuğu), %86,0 (yeşil çay), %78,9 (üzüm çekirdeği), toz baharatlarda; %94,3 (soğan), %87,2 (paprika), %85,0 (sarımsak), %85,4 (kekik otu), %73,6 (zerdeçal), %51,7 (kimyon), esansiyel yağda; %52,1 (karanfil tomurcuğu yağı) oranında belirlenmiştir. Genel olarak bitkisel ekstraktların toz baharatlarla kıyaslandığında HCA oluşumunu daha yüksek oranda etkilediği belirtilmiştir.

Oz and Kaya (2011b), karabiberin yüksek yağ içeriğine (%30) sahip köftelerde HCA oluşumuna etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla dana köftelerine %1 (a/a) karabiber eklenerek 175°C, 200°C ve 225°C’de kızartılmıştır. En yüksek miktarda HCA, 225°C’de 31,80 ng/g (PhIP) saptanırken MeIQx hiçbir örnek grubunda tespit edilmemiştir. Toplam HCA oluşumu %12-100 aralığında inhibe edilmiştir. Başka bir çalışmada (Zeng et al., 2017) karabiber (%0,05, %0,10, ve %0,15, g/g) ve piperinin (%0,005, %0,010 ve %0,015, g/g) dana köftelerine

eklenmesiyle HCA oluşumuna etkileri karşılaştırılmıştır ve piperinin analiz edilen tüm HCA'ların (PhIP, IQx, MeIQx, 4-DiMeIQx, harman ve norharman) oluşumunu inhibisyonunda daha etkili olduğu belirlenmiştir. Toplam HCA oluşumu 225°C'de pişirilen köftelerde konsantrasyona göre sırasıyla karabiber içeren grubun %42, %34, %25 ve piperin içeren grubun %62, %60, %56 oranlarında inhibe olduğu tespit edilmiştir.

Gibis and Weiss (2012) yaptıkları bir çalışmada, biberiye ve üzüm çekirdeği ekstraktlarının dana köftelerinde HCA üzerine etkisini araştırmışlardır. Köfteleri ayrı ayrı biberiye ve üzüm çekirdeği ekstraktları ile marine ederek kızartmışlardır. Kızartılan köftelerde yapılan analizler sonucunda MeIQx ve PhIP'de %57-%90 aralığında azalma tespit edilirken, norharman ve harman seviyeleri de düşük çıkmıştır. Biberiye ekstraktının antioksidan kapasitesinin üzüm çekirdeği ekstraktının yarısı kadar olduğu anlaşılmıştır.

Yapılan bir çalışmada, HCA oluşumunu azaltmak amacıyla ızgara tavuk örneklerinde organik asitlerin ve farklı şekerlerin kullanımı araştırılmıştır. Demirhindi tartarik asit açısından zengin iken, limon, lime ve kalamansinin yüksek sitrik asit içeriğine sahip olduğu bilinmektedir. Bu nedenle örnekler demirhindi, limon, lime ve kalamansi ilave edilen beyaz şeker, esmer şeker ve bal ile marine edilerek pişirilmiştir. Beyaz şeker ve kahverengi şeker içeren kalamansi ile marinasyonun örneklerde, bal ve demirhindi ile marinasyona göre HCA oluşumunu azalttığı belirlenmiştir. Aynı zamanda, demirhindi, limon, lime ve kalamansi gibi organik asit bileşenleri kullanılarak marinasyon sıvısının pH'sının düşürülmesinin, HCA oluşumunu önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Ayrıca kullanılan tüm şeker çeşitleri için marine edilen örneklerin HCA konsantrasyonlarının, kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde düşük olduğu belirlenmiştir (Jinap et al., 2018).

Tavuk göğsünün zeytin ve lotus yaprağı ekstraktları içeren marinasyon sosuyla marine edilerek 200°C'de 16 dakika süreyle pişirilip HCA oluşumu incelenmiştir. Örneklerle uygulanan %2 ekstrakt içeren marinasyonun, Glu-P-1, Glu-P-2 ve MeIQ başta olmak üzere birçok HCA'yı inhibe ettiği ve MeIQx, PhIP, MeAaC, ve norharman oluşumunu sırasıyla %87,%55, %54, ve %17 oranında azalttığı görülmüştür. Ancak örneklerle %4 zeytin ve lotus yaprağı ekstraktları içeren marinasyonun uygulanmasıyla HCA oluşumunun desteklendiği ve Glu-P-1'in tamamen inhibe olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda MeIQ, MeIQx, Glu-P-2 ve PhIP sırasıyla %92, %69, %45 ve %24 oranında azalmıştır. Örneklerle %8

ekstrakt içeren marinasyon uygulamasının ise MeIQ, MeIQx, PhIP ve Glu-P-1 oluşumunu %79, %51, %23, ve %48 azalttığı görülmüştür (Dong et al., 2011).

Keşkekoğlu and Üren (2014), dört farklı yöntemle (fırında, ızgarada, mangalda ve yağda) pişirilen dana ve tavuk eti köftelerinde nar çekirdeği ekstraktının etkilerini incelemişlerdir. Köftelere eklenen %0,5 (a/a) nar çekirdeği ekstraktının en yüksek inhibe edici etkiyi derin yağda kızartılan örnek grubunda gösterdiği görülmüştür. Dana eti köftelerinde en yüksek inhibe edici etki PhIP, norharman, harman, IQ ve MeIQx için sırasıyla %68, %24, %18, %45 ve %57 iken, tavuk eti köfteleri için sırasıyla; %75, %57, %28, %46 ve %49 olarak bulunmuştur. Dana köftelerinde toplam HCA oluşumu pişirme yöntemlerine göre mangalda %39 ve derin yağda %46 oranında azalmıştır.

Benzer bir çalışmada üzüm çekirdeği ekstraktının farklı yöntemlerle pişirilen köfteler üzerinde HCA oluşumuna etkisi araştırılmıştır. Dana eti köftelerinde en yüksek inhibe edici etki PhIP, norharman, IQ ve MeIQx için sırasıyla %65, %69, %65 ve %59 iken, tavuk eti köfteleri için sırasıyla; %73, %31, %52 ve %37 olarak bulunmuştur. Pişirme yöntemlerine göre dana köftelerinde toplam HCA seviyesinin mangalda %65 ve fırında %65 oranında azaldığı görülmüştür (Keskekoglu and Uren, 2017).

Tablo 2.3'te gıdalarda kullanılan çeşitli katkıların HCA oluşumu üzerine etkileri ile ilgili çalışmalar özetlenmektedir.

Tablo 2.3. Gıdalarda kullanılan çeşitli katkıların HCA oluşumu üzerine etkileri ile ilgili çalışmalar

Katkı	Kullanılan Örnekler ve Uygulanan İşlemler	Çalışmada Elde Edilen Sonuçlar	Referans
Biberiye, adaçayı, kekik ve sarımsak	Dana etli örneklerine eklenip 180°C'de 20 dk kızartılmışlardır.	Yapılan analizler örneklerde; 13,2 µg/kg MeIQx, 10,2 µg/kg IQ, 2,26 µg/kg 4,8-DiMeIQx, 2,46 µg/kg MeIQ ve 5,28 µg/kg PhIP oluştuğunu göstermiştir. Kullanılan baharatlar kontrol	Murkovic et al., 1998

		grubuna göre HCA oranını %60 azaltmıştır.	
Domateslerden elde edilen karotenoid ekstraktı	Dana eti suyu	Et suyu model sisteminde kullanılan 1000 ppm konsantrasyonundaki karotenoid ekstraktının, MeIQx oluşumunun %13 ve 4,8-DiMeIQx oluşumunun %5 oranında azaltıldığı belirlenmiştir.	Vitaglione et al., 2002
Zeytinyağı ve kolza yağı	Hamburger köfteleri, farklı yağlar (rafine zeytinyağı, sızma zeytinyağı, fenollerden arındırılmış sızma zeytinyağı, biberiye ekstraktı içeren zeytinyağı ve kolza tohumu yağı) kullanılarak 200°C kızartılmışlardır.	Köftelerde 12 farklı HCA tespit edilmiştir. Bunlardan MeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, harman ve norharman zeytinyağında kızartılmış bütün köftelerde belirlenmiştir. Sızma zeytinyağındaki HCA oluşumu, rafine zeytinyağına göre daha az meydana gelmiştir ve bu durumun zeytinyağındaki fenollerden kaynaklandığı belirtilmiştir.	Persson et al., 2003
Elma ve üzüm çekirdeği ekstraktları	%0,1 (a/a) oranında ekstrakt içeren dana köfteleri teflon tavada 210°C'de 12 dk (her yüzey için 6 dk) kızartılmışlardır	Ekstraktlar, hem ayrı ayrı MeIQx, DiMeIQx ve PhIP 'in hem de toplam HCA içeriğinin azalmasını (kontrol grubuna göre yaklaşık %70 oranında) sağlamışlardır.	Cheng et al., 2007
Bira ve şarap	Dana etleri, 18°C'de 1, 2, 4 ve 6 saat marine edilip teflon tavada 180-200°C'de her yüzeyi 4 dk dakika pişirilmiştir.	Örneklerin PhIP ve MeIQx seviyeleri her iki marinasyon işleminde de (bira ve şarap) sırasıyla %88 ve %40 civarında azalmıştır.	Melo et al., 2008
Karvakrol (Kekik yağının bileşeni)	%1 karvakrol içeren dana köfteleri elektrikli tavada, merkez sıcaklıkları 65, 70 ve 80 °C'ye ulaşınca dek pişirilmiştir.	HCA oluşumunda en yüksek orandaki azalmalar 70°C sıcaklıkta gerçekleşmiştir. İnhibisyon oranları PhIP, MeIQx ve MeIQ'da sırasıyla; %78, %72 ve %58 olarak bulunmuştur.	Friedman et al., 2009
Biberiye ekstraktları (5 farklı yöntemle elde edilmiş)	Dana köfteleri, farklı çözücüler kullanılarak elde edilen biberiye ekstraktları ekleyerek 2 farklı yöntemle (191°C'de her yüzeyi 6 dk ve 204°C'de her yüzeyi 5 dk) pişirilmiştir.	Köfte örneklerinin tamamında MeIQx ve PhIP oluşumunun önemli oranda azaldığı görülmüştür. %20'lik etanol çözeltisi kullanımının en yüksek inhibisyon etkisine (%91,7 MeIQx, %85,3 PhIP) sahip olduğu tespit edilmiştir.	Puangsoombat and Smith, 2010

Tablo 2.3. Gıdalarda kullanılan çeşitli katkıların HCA oluşumu üzerine etkileri ile ilgili çalışmalar (devamı)

Katkı	Kullanılan Örnekler ve Uygulanan İşlemler	Çalışmada Elde Edilen Sonuçlar	Referans
Kırmızıbiber	%1 (a/a) kırmızıbiber içeren dana etleri, 175°C, 200°C ve 225°C’de kızartılmışlardır.	Kırmızıbiber içermeyen kontrol grubunda en düşük miktarın (225°C’de) 2,63 ng/g olduğu görülmüştür. Kırmızıbiber içeren örnek grubunda ise en yüksek miktarın (225°C’de) 0,64 ng/g olduğu belirlenmiştir. Toplam HCA oluşumu %75-100 aralığında inhibe edilmiştir.	Oz and Kaya, 2011c
Zerdeçal, zencefil çiçeği ve limon otu	Farklı oranlarda baharatlarla marine edilen 1 g dana etlerinden yapılmış satay örnekleri (Güneydoğu Asya yemeği), 70°C ve 80°C sıcaklıklarda ızgara edilmiştir.	%4 (a/a) konsantrasyonda zerdeçal, 82 ng/100 g IQ seviyesini azaltırken; %10 (a/a) konsantrasyonda limon otu, 44,4 ng/100 g azalmayı sağlayabilmiştir. %10 (a/a) zencefil ilavesi ise en yüksek MelQx seviyesini 83 ng/100 g’a düşürmüştür.	Jinap et al., 2015
Alıç ekstraktı	Farklı oranlarda ekstrakt içeren dana ve tavuk göğüs etleri, tavada ve fırında üç farklı sıcaklıkta (150, 200 ve 250 °C) pişirilmişlerdir	En yüksek oranda toplam HCA inhibisyonun, %0,5 ekstrakt içeren etlerde gerçekleştiği belirlenmiştir. Ekstrakt eklenen dana etlerinde toplam HCA oluşumu %20-100 aralığında, tavuk göğüs etlerinde ise %12-100 aralığında azalmıştır.	Tengilimoglu-Metin et al., 2017
Enginar ekstraktı	Dana eti ve tavuk göğüs etlerine farklı oranlarda ekstraktlar eklenip, tavada ve fırında üç farklı sıcaklıkta (150, 200 ve 250 °C) pişirilmiştir.	Ekstrakt eklenen dana etlerinde toplam HCA oluşumu %6-98 aralığında (%0,5 ve %0,1 oranındakiler için sırasıyla %6-46 ve %25-98), tavuk göğüs etlerinde ise %5-97 aralığında azalmıştır.	Tengilimoglu-Metin and Kizil, 2017
Karanfil ve tarçın	Farklı yağ içeriklerine sığır yağı, donyağı, deri altı ve kuyruk yağı) sahip sucuk örneklerine baharatlar katılıp 24-48 saat fermente edildikten sonra 60°C’de ısıtma işlemi uygulanmıştır.	Tüm HCA’lar arasında en yüksek miktarda oluşan IQ olmuştur. Sığır yağı ve %0,5 tarçın içeren örneklerin IQ seviyesi 5,96 ng/g tespit edilmiştir. Baharat eklenen örneklerden sığır yağı ve iç yağı içeren gruplarda HCA oluşumu önemli miktarda artarken, %0,5 tarçın eklenen ve deri altı yağı içeren grupta toplam HCA oluşumunun en az olduğu görülmüştür.	Unal et al., 2018

Tablo 2.3. Gıdalarda kullanılan çeşitli katkıların HCA oluşumu üzerine etkileri ile ilgili çalışmalar (devam)

Katkı	Kullanılan Örnekler ve Uygulanan İşlemler	Çalışmada Elde Edilen Sonuçlar	Referans
Zeytin yaprağı ekstraktı	Farklı oranlarda (%0, %0,25, %0,5, %1, %2) ekstrakt eklenen somon balıkları, 180°C ve 220°C sıcaklıklarda tavada pişirilmiştir.	Pişmiş örneklerde toplam HCA miktarı 0,81-4,03 ng/g aralığında bulunmuştur. Somon örneklerine %0,25 ve %1 oranında eklenen zeytin yaprağı ekstraktının, HCA oluşumunu %3,87-77,69 aralığında azalttığı belirlenmiştir.	Macit, 2018
Reishi mantarı ekstraktı	Dana köftelerine farklı konsantrasyonlarda (%0, %0,25, %0,5 ve %1) ve farklı yöntemlerle (köfte yüzeyine serpme ve kıyma formülasyonuna karıştırma) ekstrakt eklenerek hazırlanan örnekler 150°C ve 190°C sıcaklıklarda derin yağda kızartılmıştır.	Toplam HCA miktarının 2,92 ng/g ve altında olduğu belirlenmiştir. Köfte örneklerinde IQx (1,47 ng/g) ve PhIP (1,86 ng/g) en yüksek seviyelerde tespit edilirken reishi mantarı ekstraktının toplam HCA oluşumunu % 54,26-100 aralığında inhibe ettiği görülmüştür.	Güzel, 2019

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Denemelerde kullanılan yağsız dana kıyma ve çekilmiş iç yağı Efem Kasap (Efeler, Aydın) firmasından temin edilmiştir. Tüm denemelerde aynı etler kullanılmıştır ve temin edilen materyaller, köfte örnekleri hazırlanıncaya kadar buzdolabında (+4°C’de 12 saat) bekletilmiştir.

Çalışmada Arifoğlu markasına ait propolis ekstraktı (PE), keçiyoynuzu ekstraktı (KE), kuşburnu çekirdeği yağı (KUÇY) ve kabak çekirdeği yağı (KAÇY) kullanılmıştır ve köftelere ilave edilen oranlar literatüre göre belirlenmiştir. Kullanılan keçiyoynuzu ekstraktı, keçiyoynuzu meyvesinden; kuşburnu çekirdeği yağı, kuşburnu çekirdeklerinden ve kabak çekirdeği yağı, kabak çekirdeklerinden soğuk sıkma yöntemiyle elde edilmiştir ve propolis ekstraktı, propolisten su ekstraksiyonu yoluyla elde edilmiştir. Tablo 3.1’de tez çalışmasında uygulanan deneme planı görülmektedir.

Tablo 3.1. Tez çalışmasında uygulanan deneme planı

3.1. Köfte Örneklerinin Hazırlanması				
Grup	Grup	Grup	Grup	Grup
Kontrol grubu (%0) köftelerin hazırlanması	Köfte + PE (%1 ve %2) örneklerinin hazırlanması	Köfte + KE (%1 ve %2) örneklerinin hazırlanması	Köfte + KAÇY (%1 ve %2) örneklerinin hazırlanması	Köfte + KUÇK (%1 ve %2) örneklerinin hazırlanması
3.2. Pişirme Öncesinde Köfte Örneklerine Uygulanacak Analizler				
Nem analizi Yağ analizi Protein analizi Kül analizi pH analizi				
Ekstrakt ve Yağlara Uygulanacak Analizler				
Toplam fenolik madde miktarı analizi Antioksidan aktivite analizi				
4.1.Köfte Örneklerinin Pişirilmesi				
Farklı konsantrasyonlarda ekstrakt ve yağ içeren köfte örnekleri 150°C, 200°C ve 250°C sıcaklıklarda, fırında ve tavada pişirilmişlerdir.				
4.2. Pişmiş Köftelere Uygulanacak Analizler				
HCA analizi TBARS analizi Çözünür protein analizi Toplam fenolik madde miktarı analizi Antioksidan aktivite analizi Her bir örnek grubu için analizler 2 tekrar, 2 yada 3 paralel olacak şekilde yapılmıştır.				

3.1.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Analizlerde kullanılan metanol, kloroform (CHCl_3), DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl), sodyum hidroksit (NaOH) Sigma-Aldrich (USA) firmasından, hidroklorik asit (HCl) (37%, w/w) çinko asetat dihidrat ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_6\text{Zn}$), amonyak (NH_3) (25% w/w), trikloroasetik asit (TCA), tiyobarbitürik asit (TBA), Coomassie Brilliant Blue, fosforik asit, Bovine Serum Albümini (BSA), sodyum klorür, potasyum dihidrojen fosfat (KH_2PO_4), dipotasyum hidrojen fosfat (K_2HPO_4), amonyum asetat, asetonitril, asetik asit, Folin Ciocalteu reaktifi, sodyum karbonat (Na_2CO_3), gallik asit Merck firmasından temin edilmiştir.

Kullanılan bütün kimyasallar ve solventler HPLC saflıkta veya analitik saflıktadır. Çalışmada tüm analizlerde ultra saf su kullanılmıştır.

Standart olarak kullanılan HCA'lar: 2-amino-3-methyl-3H-imidazo[4,5-f]quinoline (IQ), 2-amino-3,8-dimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline (MeIQx), 2-amino-3,4,8-trimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline (4,8-DiMeIQx), 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine (PhIP) ve 1-methyl-9Hpyrido[4,3-b]indole (harman) Toronto Research Chemicals (Toronto, Canada); 9H-pyrido[4,3-b]indole (norharman) Sigma (Switzerland) markaları kullanılmıştır. Katı faz ekstraksiyonu için Oasis MCX kartuş (3 ml/60 mg, 30 μm) Waters (Ireland) ve Bond Elute C18 kartuş (3 ml/100 mg) Agilent (USA) ile çalışılmıştır.

3.1.2. Kullanılan cihazlar

Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan cihazların isimleri ve markaları

Cihaz adı	Marka
Spektrofotometre	Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis
Yüksek performans sıvı kromatografisi (HPLC)	Agilent Technology 1200 Series
Su banyosu	Falc WB U2
Vortex karıştırıcı	Wise Mix VM-10
Ultra-Turrax	IKA'25 Digital
Santrifüj cihazı	Hettich-Centrifuge Universal 320 R
Analitik terazi	Shimadzu ATX-224
pH metre	ISOLAB
Termocouple	Protec 506 Digital Multimeter
Dumas protein cihazı	LECO FP-528
Ultrasonik su banyosu	Selectra 10K
Yüzey ısı ölçer	Ebro THI350
Ultra saf su cihazı	Human Corporation Zeneer
Çalkalama cihazı	Daihan SHO-2D

3.2. Yöntem

3.2.1. Köfte Örneklerinin Hazırlanması

Yağsız dana eti ve iç yağı kasaptan kıyma halinde temin edilmiş ve galeta unu eklenip %20 yağ içeriğine ayarlandıktan sonra homojen bir karışım elde edilinceye kadar yoğurularak köfte hamuru haline getirilmiştir. Hazırlanan hamur gruplara ayrılmış ve daha sonra her bir grup ışık ve oksijenden korumak amacıyla alüminyum folyoya sarılıp poşetlere konularak -18°C’de pişirme işlemine kadar saklanmıştır. Pişirme işlemi öncesinde örnek grupları +4°C’de tamamen çözündürülerek %0, %1 ve %2 oranında katkıları ilave edilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda katkı içeren köfte hamurları, 30 g’lık porsiyonlara ayrılıp 6,5 cm çapındaki dairesel kalıplar kullanılarak şekillendirilmiştir. Hazırlanan kontrol ve katkı ilaveli köfte örnekleri buzdolabı koşullarında (+4°C) 24 saat dinlendirilmiştir. Köfte örneklerinin hazırlanması Ek 1’de gösterilmiştir. Tablo 3.3’te köfte örneklerinin bileşimi görülmektedir.

Tablo 3.3 Hazırlanan köfte örneklerinin bileşimi (%)

Köfte Bileşimi (% w/w)	Kontrol (%0)	K1	K2
Et	63,4	62,4	61,4
Yağ	20	20	20
Galeta Unu	16,6	16,6	16,6
Katkılar	0	1	2

K1: %1 oranında katkı içeren, K2:%2 oranında katkı içeren örnektir.

3.2.2. Pişirme Öncesi Köfte Analizleri

3.2.2.1. Protein analizi

Dana köftesi parçalanarak homojen hale getirilmiş ve oluşan hamurdan 0,25 gram tartılarak, LECO FP 528 cihazında okuma yapılmıştır. Dumas prensibi ile çalışan bu sisteme göre, alüminyum folyolara 0,25 g örnek tartılır ve cihazda % azot (N) olarak sonuç alınır. Bu sonuç da et ve ürünlerine ait değer olan 6,25 ile çarpılarak % protein sonucu cihaz tarafından otomatik olarak verilir (AOAC, 2000).

3.2.2.2. Nem analizi

Parçalanmış örneklerden 2 g tartılıp etüvde 105°C’de 5 saat kurutulmuştur (AOAC, 2000). Örneğin başlangıç ağırlığı ile kurutma sonrası ağırlığı arasındaki fark % (w/w) olarak hesaplanmıştır.

$$\%Nem = [(ilk\ ağırlık - son\ ağırlık) / ilk\ ağırlık] \times 100$$

3.2.2.3. Yağ analizi

Kloroform-metanol yöntemi ile Folch (1957)’a göre yapılmıştır. 5 gram (m) örnek tartılıp 50 ml kloroform-metanol (2:1) eklenerek 2 dk homojenize edilmiştir. Karışım filtre kâğıdıyla ayırma balonuna süzülüp üzerine 10 ml %0,4 (w/v) CaCl₂ eklenip kapağı kapatılmıştır. Ayırma balonu çalkalandıktan sonra 24 saat bekletilip oluşan alt faz darası alınmış olan silifli balona (M₁) ayrılmıştır. Balon rotary evaporatöre bağlanıp 20 dk boyunca kloroform uçurulduktan sonra etüvde 105°C’de sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur (M₂).

$$\%Yağ = [(M_2 - M_1) / m] \times 100$$

3.2.2.4. Kül analizi

Krozeler 105°C’de sabit tartıma getirilip içerisine 5 gram örnek tartılmış ve 4 saat ön yakma işlemi uygulanmıştır. Daha sonra örnekler 650°C’ye ayarlanan kül fırınına yerleştirilip yakılarak toplam kül miktarı belirlenmiştir (AOAC, 2000).

3.2.2.5. pH Analizi

pH analizi, pH 4 ve 7 tampon çözeltileri ile kalibre edilen pH metre ile yapılmıştır. Analizde kullanılan pH metre Ek 2’de gösterilmiştir. Köfte örneklerinden 10 g tartılıp 100 ml distile su ile homojenize edilmiş ve karışıma pH metre probu daldırılarak örneklerin pH değerleri belirlenmiştir (Qiao et al., 2001).

3.2.3. Pişirme İşlemi

Hazırlanan köfte örnekleri Tablo 3.4’te belirtilen şartlarda iki tekrar olarak pişirilmişlerdir. Pişirme yöntemi olarak yağsız tava ve fırın tercih edilmiştir. Bu pişirme yöntemleri köfte pişirilmesinde en fazla kullanılan yöntemler olduğu için tercih edilmiştir. Ayrıca pişirme sıcaklıklarına karar verilirken de yüzey sıcaklıkları açısından az pişmiş, orta pişmiş ve çok pişmiş örnekler elde etmek amaçlanmıştır. Her üç sıcaklıkta pişirilen köfteler merkez sıcaklığı kontrol edildiğinde tüketime uygun oldukları görülmüştür. Yağsız tavada pişirme işlemi sırasında her denemede yüzey sıcaklığı 150°C, 200°C ve 250°C’ye ayarlanmış ve pişirme işlemi boyunca yüzey termometresi ile sıcaklık kontrol edilmiştir. Eşit boyut ve ağırlıktaki köfte örnekleri için optimum pişirme süresi, merkez sıcaklıklarının minimum 75°C’ye ulaşmasına göre ön denemelerle belirlenmiştir. Tüm sıcaklıklar (150°C, 200°C ve 250°C) için tavada pişirme süresi toplam 5 dk (her bir yüzey için 2,5 dk), fırında pişirme süresi ise 7 dk olarak uygulanmıştır. Fırında pişirme işlemi sırasında orta raf ve fansız olarak çalıştırılmış ve her sıcaklık için 10 dk ön ısıtma yapılmıştır. Her iki yöntemle pişirme işlemi sırasında örneklerin merkez sıcaklıkları düzenli olarak bir termocouple ile kontrol edilmiştir. Köfte örneklerinin tavada pişirilmesi aşaması Ek 3’te, merkez sıcaklığını kontrol etmek amacıyla kullanılan termocouple Ek 4’te ve pişirme işlemi sırasında kullanılan yüzey sıcaklık ölçer Ek 5’te gösterilmiştir.

Piştirilen köfteler soğuması için 20 dk bekletilip bir el blenderı ile homojen hale getirildikten sonra tekrar alüminyum folyoya sarılarak analizlerde kullanılmak üzere -18°C’de saklanmıştır. Köfte örneklerinin pişirme sonrası görünüşleri Ek 6’te gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Köfte örneklerine uygulanan pişirme koşulları

Özüt	Oran	Pişirme şekli	Pişirme sıcaklığı
Propolis ekstraktı	Kontrol	Tava	150°C, 200°C ve 250°C
		Fırın	150°C, 200°C ve 250°C
	%1	Tava	150°C, 200°C ve 250°C
		Fırın	150°C, 200°C ve 250°C
	%2	Tava	150°C, 200°C ve 250°C
		Fırın	150°C, 200°C ve 250°C
Keçiboynuzu ekstraktı	Kontrol	Tava	150°C, 200°C ve 250°C
		Fırın	150°C, 200°C ve 250°C
	%1	Tava	150°C, 200°C ve 250°C
		Fırın	150°C, 200°C ve 250°C
	%2	Tava	150°C, 200°C ve 250°C
		Fırın	150°C, 200°C ve 250°C
Kuşburnu çekirdeği yağı	Kontrol	Tava	150°C, 200°C ve 250°C
		Fırın	150°C, 200°C ve 250°C
	%1	Tava	150°C, 200°C ve 250°C
		Fırın	150°C, 200°C ve 250°C
	%2	Tava	150°C, 200°C ve 250°C
		Fırın	150°C, 200°C ve 250°C
Kabak çekirdeği yağı	Kontrol	Tava	150°C, 200°C ve 250°C
		Fırın	150°C, 200°C ve 250°C
	%1	Tava	150°C, 200°C ve 250°C
		Fırın	150°C, 200°C ve 250°C
	%2	Tava	150°C, 200°C ve 250°C
		Fırın	150°C, 200°C ve 250°C

3.2.4. Pişirme Sonrası Köfte Analizleri

3.2.4.1. HCA Analizi

Köfte örneklerinde HCA analizinin tüm basamakları (bileşenlerin ekstraksiyonu, saflaştırılması ve ölçümü) Özdestan et al. (2014) tarafından geliştirilen metoda göre uygulanmıştır.

HCA standartlarının hazırlanması

Öncelikle her bir HCA'dan 100 mg/l stok çözeltiler metanolde hazırlanmıştır. Daha sonra her birisinden 0,1 mg/l, 0,2 mg/l, 0,5 mg/l, 1 mg/l, 5 mg/l ve 10 mg/l metanolde standart çözeltiler hazırlanmış ve bunlara göre her bir HCA için standart kalibrasyon grafikleri oluşturulmuştur.

Köfte örneklerinden HCA'ların ekstraksiyonu

4 g köfte örneği 25 ml 0,2 M HCl ile homojenize edilip (Ika T25 Ultra-Turrax, 25000 devir/dk, Almanya) karışım 250 ml'lik erlene aktarılmıştır. Erlene alınan karışımlar 1 saat süreyle çalkalama cihazında (Daihan SHO-2D) çalkalandıktan sonra karışıma 1 ml Carrez I ilave edilip 2 dk çalkalanmış, ardından 1 ml Carrez II ilave edilip 2 dk daha çalkalanmıştır. Karışım Whatman (40) süzgeç kâğıdından süzildükten sonra süzüntü iki eşit kısma ayrılmıştır. Her iki porsiyon ayrı ayrı safsızlıklardan kurtulmak için Bond Elute C₁₈ SPE kartuştan geçirilmiştir. Bu amaçla C₁₈ kartuşlar önce 2 ml 0,1 M HCl ile şartlandırılmıştır. C₁₈ kartuştan geçirilen çözelti 2 ml 0,1 M HCl ile şartlandırılan OASIS MCX katı faz ekstraksiyon kartuşuna gönderilmiştir. Bu kartuşta tutulan HCA'lar 2 ml 0,1 M HCl ve ardından 2 ml metanol ile yıkanmış ve kartuşta kalan çözelti basınçlı hava ile uzaklaştırılmıştır. Yıkama sonrasında kartuşta tutulmuş olan HCA'lar 3 ml metanol/NH₃ (%25) (19/1) çözeltisi ile tüplere alınmıştır. Tüplerdeki çözgen azot gazı altında uçurulduktan sonra kalıntı 0,5 ml metanolde çözülmüştür. Çözelti 0,45 µm lik filtreden süzildükten sonra HPLC cihazına enjekte edilmiştir.

Kromatografik koşullar

Dedektör olarak MeIQx, 4,8-DiMeIQx ve IQ bileşikleri için DAD dedektör, PhIP, norharman ve harman için ise floresans dedektör kullanılmıştır. Dalga boyu olarak MeIQx ve 4,8-DiMeIQx 263 nm'de, IQ ise 254 nm'de çalışılmıştır. Floresans dedektörde uyarma dalga boyu 340 nm ve emisyon dalga boyu 370 nm olarak seçilmiştir. DAD dedektör ile yapılan analizde hareketli faz olarak A: %25 lik NH₃ ile pH'sı 5,0'e ayarlanmış metanol/asetonitril/su/asetik asit (8/14/76/2, v/v/v/v) çözeltisi ve B: asetonitril kullanılmıştır. Uygulanan gradient programı Tablo 3.5'te gösterildiği gibidir. Enjeksiyon miktarı 20 µl olacak şekilde ayarlanmıştır.

Tablo 3.5. DAD dedektörde kullanılan dereceli elüsyon programı

Zaman	A Solventi (%)	B Solventi (%)	Akış Hızı (ml/dk)
0	100	0	0,3
12	100	0	0,3
20	70	30	0,3
29	70	30	0,3
34	0	100	0,3
35	0	100	1
44	0	100	1
49	100	0	0,3
55	100	0	0,3

PhIP, norharman ve harman analizinde hareketli faz olarak A: 0,5 M amonyum asetat ve B: metanol kullanılmıştır. Gradient program Tablo 3.6'daki gibi ayarlanmıştır.

Enjeksiyon miktarı 15 µl olacak şekilde ayarlanmıştır.

Tablo 3.6. DAD dedektörde kullanılan dereceli elüsyon programı

Zaman	A Solventi (%)	B Solventi (%)	Akış Hızı (ml/dk)
0	90	10	0,5
10	75	25	0,5
15	50	50	0,5
20	25	75	0,5
22	0	100	0,5
25	90	10	0,5
30	90	10	0,5

3.2.4.2. TBARS Analizi

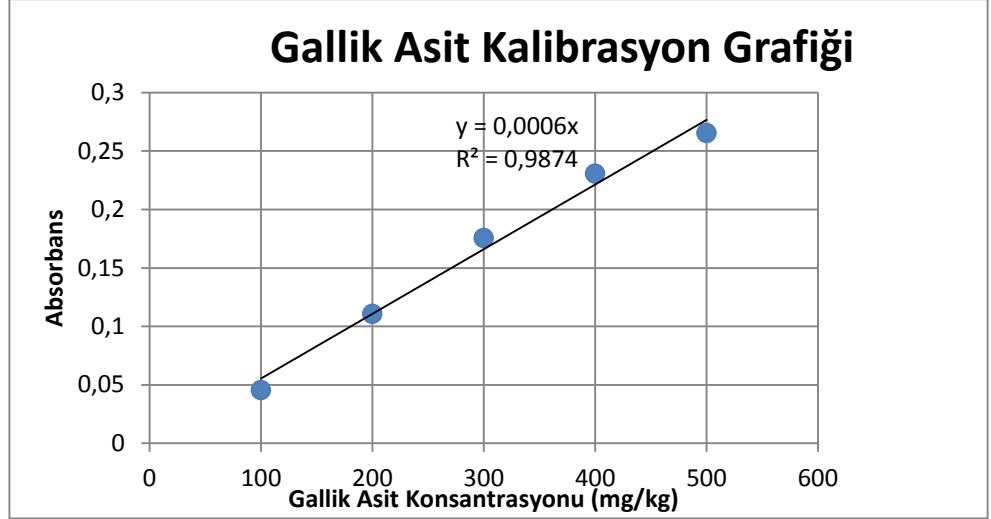
10 g et örneği 35 ml soğuk (4 °C) %5 lik TCA çözeltisi ile 3 dk süre ile homojenize edilmiştir. Karışıma 2 ml % 0,5'lik (w/v) EDTA ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) çözeltisi ilave edilip karışım 1 dk süreyle karıştırılmıştır. Karışım Whatman (40) süzgeç kağıdından süzülüp 50 ml'lik volumetrik balona aktarıldıktan sonra örnek kabı ve süzgeç kâğıdı %5 lik TCA çözeltisi ile yıkayıp, yıkama çözeltileri aynı balona aktarılmıştır. Çözelti %5'lik TCA ile 50 ml ye tamamlanmış 5 ml'si 20x1.5 cm'lik kapaklı deney tüpüne aktarıldıktan sonra üzerine 5 ml 0,02 M TBA çözeltisi (ultrasonik su banyosu yardımıyla suda çözülerek hazırlanmış günlük çözelti, alüminyum folyo ile kaplanmış ve buzdolabında muhafaza edilmiş) ilave edilip karıştırılmıştır. Malonaldehit-TBA kompleks bileşiğinin oluşması için deney

tüpleri 30 dk süreyle 80 °C sıcaklıktaki su banyosunda bekletilmiştir. Deney tüpleri musluk suyu yardımı ile 10 dk içerisinde oda sıcaklığına getirilmiş ve örneklerin absorbansı 532 nm’de okunmuştur. Tanık deney olarak 5 ml %5’lik TCA çözeltisi 5 ml TBA çözeltisi ile muamele edilmiştir. Absorbans değerleri 5,2 katsayısı ile çarpılarak örnekteki lipid oksidasyon ürünleri mg/kg malonaldehit cinsinden hesaplanmıştır (Ulu, 2004).

3.2.4.3. Toplam Fenolik Madde Miktarı Analizi

Köftelerde toplam fenolik madde miktarı analizi Xu and Chang (2007) tarafından kullanılan yöntem modifiye edilerek uygulanmıştır. Buna göre 0,5 g örnek alınıp 5 ml metanol ile homojenize edilerek 40 °C’deki su banyosunda 60 dk boyunca bekletilmiş ve belirli aralıklarla çalkalanmıştır. Süre sonunda 2000 rpm’de 10 dk santrifüj edildikten sonra örnekler fitre kağıdından süzölmüştür. Elde edilen ekstraktan 50 µl alınarak üzerine 3 ml su, 250 µl Folin Ciocalteu reaktifi ve 750 µl %7’lik (w/v) Na₂CO₃ çözeltisi eklenip, vorteks cihazında karıştırılarak 8 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra karışıma 950 µl su eklenip, 2 saat daha oda sıcaklığında ve karanlıkta bekletilmiştir. Bekleme süresinin sonunda 760 nm’de spektrofotometrede absorbansı ölçölmüştür. Analizler her örnek için 3 paralel olarak uygulanmıştır.

Örneklerdeki toplam fenolik madde miktarını belirlemek amacıyla farklı konsantrasyonlarda gallik asit standart çözeltisi kullanılarak kalibrasyon grafiğı oluşturulmuştur. Bunun için 100 mg gallik asit tartılarak metanol ile 100 ml’ye seyreltilmiştir ve elde edilen 1000 mg/kg’lık stok çözeltiden, 500 mg/kg, 400 mg/kg, 300 mg/kg, 200 mg/kg ve 100 mg/kg konsantrasyonlarında gallik asit çözeltileri hazırlanmıştır. Örnek ekstraktı yerine, hazırlanan standart çözeltiler kullanılarak, spektrofotometrede absorbanslar belirlenmiş ve Şekil 3.1’deki gallik asit standart çözeltilerine ait kalibrasyon grafiğı çizilmiştir.



Şekil 3.1. Gallik asit çözeltisi kalibrasyon grafiği

3.2.4.4. Antioksidan Aktivite Analizi

Köfte örneklerinin serbest radikal süpürme aktivitesi Brand-Williams et al. (1995) tarafından uygulanan 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) yöntemi üzerinde bazı değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. Örneklerin ekstraksiyonu için 0,5 g örnek alınıp 5 ml metanol ile homojenize edilerek 40 °C'deki su banyosunda 60 dk boyunca bekletilmiş ve belirli aralıklarla çalkalanmıştır. Süre sonunda 2000 rpm'de 10 dk santrifüj edildikten sonra örnekler fitre kağıdından süzölmüştür. Elde edilen ekstrakttan 30 µl alınarak üzerine 1970 µl günlük olarak hazırlanan 100 µl DPPH reaktifinden eklenmiştir. Karışım vortekslendikten sonra 25 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda örneklerin 515 nm dalga boyundaki absorbansları spektrofotometrede belirlenmiştir. Kontrol çözeltisi için 30 µl yerine saf su kullanılmış ve aynı işlemler tekrarlanarak hazırlanan çözeltinin absorbansı ölçölmüştür. Kör çözelti olarak metanol kullanılmıştır ve analiz 3 paralel olarak uygulanmıştır. Sonuçlar % inhibisyon olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\%inhibisyon = \frac{\text{Kontrol örneği absorbansı} - \text{Örnek absorbansı}}{\text{Kontrol örneği absorbansı}} * 100$$

3.2.4.5. Çözünür Protein Analizi

Köftelerde çözünür protein analizi, Bradford et al. (1976)'un geliştirdiği Coomassie Brilliant Blue G-250 boyar maddesinin proteinlere bağlanması ile mavi renkli ürün oluşan çözeltinin 595 nm'deki absorbansının ölçölmesi prensibine

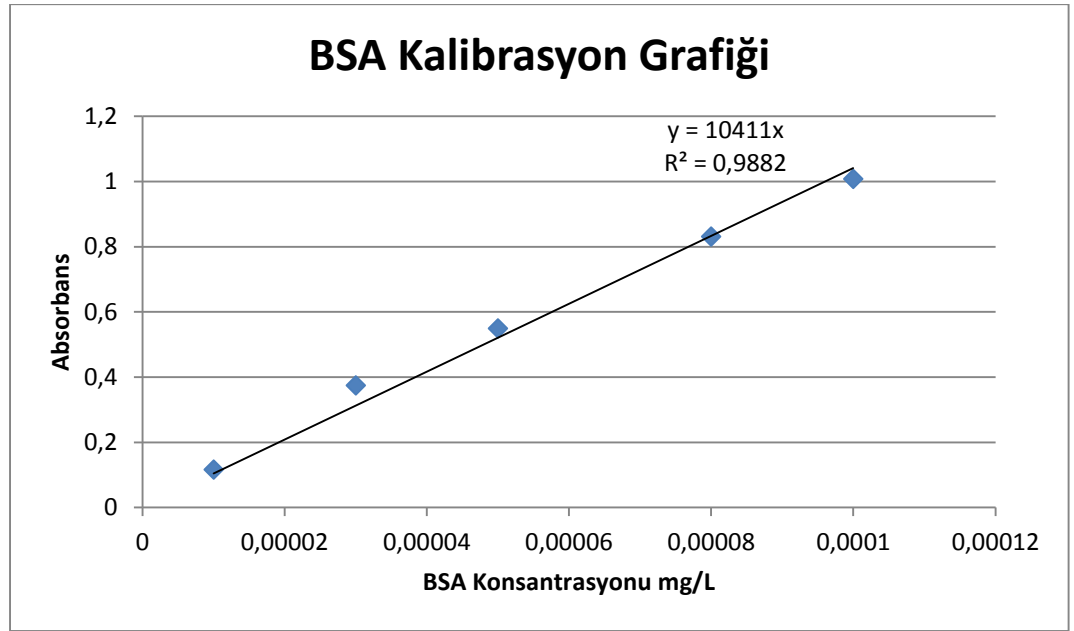
dayanan yönteme göre yapılmıştır. Protein standardı olarak kullanılan bovine serum albümini (BSA) farklı konsantrasyonlarda hazırlanarak kalibrasyon grafiği oluşturulmuş ve örneğin  z n r protein miktarı belirlenmiştir.

Bradford Reaktifi: 100 mg Coomassie Brilliant Blue G-250 50 ml %95 lik etanolde üzülür. 100 ml %85'lik (w/v) fosforik asit ilave edilir ve boyar madde tamamen  z nd kten sonra saf suyla 1 litreye tamamlanır. Açık kahve renkli  z lti Whatman (40) süzgeç kâğıdından s z ld kten sonra kullanılır. Oluşabilecek mavi renkli   eltiyi uzaklaştırmak için  z ltiyi daha sonra süzmek gerekebilir. Bu reaktif koyu renkli şişede ve oda sıcaklığında saklanır ve birkaç hafta kadar dayanmaktadır.

Bovine serum albümini (BSA) standardından 50 mg tartılıp 50 ml saf suda üzülür ve bu stok  z lti 20  C da saklanır. Protein standardının (BSA) nem içeriği depolama sırasında değiştiğinden stok protein  z ltisinin derişimi 280 nm'deki absorpsiyonu    l r k kontrol edilmelidir (bu dalga boyunda kuvars küvet ile çalışılmalıdır). BSA stok  z ltisinin absorbansı 1 cm ışın yollu küvette 0.66 olmalıdır. Bu  z ltiden tüplere 0, 10, 30, 50, 80, 100  l alınıp saf su ile 100  l ye tamamlanır. Bu  z ltilere 5'er ml Bradford reaktifi eklenir ve tüpler alt üst edilerek yavaşça karıştırılır. 5 dk bekledikten sonra  z lti tekrar alt üst edilerek karıştırılır ve 595 nm de absorbans değerleri    l r k kalibrasyon grafiği oluşturulur.

 r n klerde bulunan  z n r proteini ekstrakte etmek için; 0,3 M NaCl, 0,02 M KH₂PO₄, 0,02 M K₂HPO₄ ve 1 g/l EDTA içeren ekstraksiyon  z ltisi hazırlanır. 0,1 M NaOH ile bu  z ltinin pH'sı 7'ye ayarlanır.

Köfte  r n klerdeki protein miktarını belirlemek için; 2 g  r nek tartılıp, üzerine 20 ml ekstraksiyon  z ltisinden ilave edilerek blendırda 3 dk süreyle parçalanmıştır, ardından manyetik karıştırıcıda 1 saat karıştırılmıştır. 10 000 devir/dk da 15 dk santrifüj edilmiştir. Bu  z ltiden 100  l alınarak, üzerine 5 ml Bradford reaktifi eklenip karıştırılarak 5 dk sonra 595 nm'de örneğin absorbansı okunmuştur. şekil 3.2'deki bovine serum albümini kalibrasyon eğrisi yardımıyla  r n klerin  z n r protein içeriği hesaplanmıştır. Kalibrasyon eğrisinin çiziminde referans madde olarak BSA kullanıldığından kalibrasyon eğrisinden elde edilen sonuçlar iki ile çarpılmıştır.



Şekil 3.2. Bovine serum albümini kalibrasyon grafiği

3.2.5. Köftelere İlave Edilen Ekstrakt ve Yağ Analizleri

3.2.5.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı Analizi

Köftelere eklenen propolis ekstraktı, keçiboynuzu ekstraktı, kabak çekirdeği yağı ve kuşburnu çekirdeği yağına, köfteler ile aynı analiz metodu uygulanmıştır (Brand-Williams et al., 1995).

3.2.5.2. Antioksidan Aktivite Analizi

Köftelere eklenen propolis ekstraktı, keçiboynuzu ekstraktı, kabak çekirdeği yağı ve kuşburnu çekirdeği yağına, köfteler ile aynı analiz metodu uygulanmıştır (Xu and Chang, 2007).

3.2.6. İstatistiksel Analiz

Elde edilen veriler ANOVA varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Farklar $P < 0,05$ önemli olarak kabul edilmiştir. Tüm analizler SPSS 25 (SPSS Inc., Chiago, IL, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Pişirilmemiş Köftelerin Nem, Yağ, Kül, Protein ve pH Değerleri

Piştirilmemiş köfte örneklerinin nem, yağ, kül, protein ve pH analizi sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir. Piştirme öncesinde köftelerin ortalama nem miktarı %55,46, yağ miktarı %24,02, protein miktarı %19,26, kül miktarı %1,01 ve pH değeri 5,68 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.1. Piştirilmemiş köfte örneklerinin nem, yağ, kül, protein ve pH değerleri

Örnekler	Nem (%, w/w)	Yağ (%, w/w)	Protein (%, w/w)	Kül (%, w/w)	pH
Kontrol	55,71±1,58	23,42±1,32	19,83±1,59	1,00±0,02	5,73 ^a ±0,01
1KE	56,02±1,07	23,42±1,77	19,64±1,10	0,97±0,10	5,69 ^b ±0,03
2KE	56,30±0,55	23,41±0,87	19,15±0,98	0,96±0,12	5,67 ^b ±0,01
1PE	56,19±2,26	23,42±0,69	19,62±0,77	0,94±0,18	5,63 ^c ±0,01
2PE	57,55±1,25	23,42±0,47	19,39±1,01	0,89±0,06	5,61 ^c ±0,02
1KAÇY	54,49±1,39	24,49±0,65	19,24±0,82	1,05±0,13	5,73 ^a ±0,00
2KAÇY	53,55±2,20	25,02±0,93	18,75±0,82	1,05±0,13	5,74 ^a ±0,01
1KUÇY	54,82±1,44	24,51±0,51	19,08±1,88	1,01±0,16	5,74 ^a ±0,01
2KUÇY	54,57±0,54	25,02±1,31	18,66±1,63	1,02±0,14	5,74 ^a ±0,02

K: Kontrol, 1PE: %1 Propolis ekstraktı ilave edilen örnek, 2PE: %2 Propolis ekstraktı ilave edilen örnek, 1KE: %1 Keçiboynuzu ekstraktı ilave edilen örnek, 2KE: %2 Keçiboynuzu ekstraktı ilave edilen örnek, 1KAÇY: %1 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KAÇY: %2 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 1KUÇY: %1 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KUÇY: %2 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek.

^aÇizelgede aynı sütundaki farklı harfler Duncan testine göre örnek grupları arasındaki farklılıkları ifade etmektedir (P<0,05). Sonuçlar ortalama± standart sapma olarak verilmiştir.

4.1.1. Nem İçeriği

Sonuçlar istatistiki olarak değerlendirildiğinde, örnek grupları arasında nem içeriği açısından anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir (P>0,05). Ancak örnek grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmasa da nem analizi sonuçları incelendiğinde örneklerin nem miktarlarının %53,55 ile %57,55 aralığında değiştiği görülmektedir. Genel olarak kontrol grubuna ait örneklerin

%nem içeriğinin sıvı propolis ve keçiboynuzu ekstraktı içeren örneklerle kıyasla daha düşük iken, kabak çekirdeği yağı ve kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örneklerle göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak örneklerle ilave edilen propolis ve keçiboynuzu ekstraktlarının nem içeriğinin, köfte formülasyonunda kullanılan kabak çekirdeği yağı ve kuşburnu çekirdeği yağlarının aksine, kıymanın nem içeriğine göre daha yüksek olması düşünülmektedir. Benzer olarak, Turp (2016), %75 oranında et içeren düşük yağ içeriğine sahip İnegöl köftelerinin nem içeriğini %59,70 olarak belirlemiştir. Yılmaz (2005), köftelere düşük nem içeriğine sahip farklı oranlarda buğday kepeği ilavesiyle örneklerin nem içeriğinin, ilave edilen buğday kepeği oranı arttıkça azaldığını tespit etmiştir. Ergezer et al. (2014), %27,2 nem içeriğine sahip ekmek kırıntıları %10 oranında ve %82,6 nem içeriğine sahip patatesten hazırlanan patates püresi %10 ve %20 oranında köfte örneklerine ilave etmişlerdir. Örnekler arasında %10 ekmek kırıntısı içeren grubun nem içeriği kontrol grubuna göre daha düşük seviyede iken, %10 patates püresi içeren grubun nem içeriğinin daha yüksek seviyede olduğu görülmüştür ve en yüksek nem içeriğine sahip örneklerin %20 patates püresi ilave edilen grupta olduğu belirlenmiştir. Başka bir çalışmada köfte örneklerine farklı oranlarda ilave edilen perilla tohumları ile, örneklerin nem içeriği %65,44'ten %62,38'e kadar düşüş göstermiştir (Ran et al., 2020).

4.1.2 Yağ İçeriği

Örneklerin yağ miktarlarının %23,41 ve %25,02 aralığında olduğu belirlenmiştir. Genel olarak örnek gruplarının yağ içerikleri arasında anlamlı bir fark bulunmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Kuşburnu çekirdeği yağı ve kabak çekirdeği yağı ilave edilen örneklerin yağ içeriğinin, kontrol grubu örneklerine göre yüksek olduğu ve örneklerin yağ içeriğindeki bu artışın, ilave edilen %1 ve %2 yağ konsantrasyonlarındaki artışla doğrudan ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca %1 keçiboynuzu ekstraktı ilavesiyle örneklerin yağ içeriğinde değişim görülmezken, %2 oranında keçiboynuzu ekstraktı ilaveli örneklerin yağ içeriğindeki düşük seviyedeki azalmanın köfte formülasyonundaki et oranının azalmasına bağlı olarak meydana geldiği düşünülmektedir. Ancak örneklerin yağ içeriğinde benzer bir azalma propolis ekstraktı içeren gruplarda gözlemlenmemiştir. Benzer bir çalışmada, Serdaroğlu and Değirmencioğlu (2004), %5, %10 ve %20 yağ içeriğine ayarlanan örneklerle farklı oranlarda mısır unu ilavesi ile %5 ve %10 yağ içeriğine ayarlanan örnek gruplarında %yağ içeriği kontrol grubuna göre azalma gösterirken, %20 yağ içeriğine ayarlanan örneklerde %yağ içeriğinin arttığını saptamışlardır. Yılmaz and Dağlıoğlu (2003), köfte örneklerine et miktarı

azaltılarak farklı oranda yulaf kepeği ilavesi ile örneklerin yağ içeriğinin ilave edilen yulaf kepeği oranındaki artışla beraber azaldığını belirlemişlerdir.

4.1.3 Protein İçeriği

Köfte örneklerinin protein miktarları %18,66 ile %19,83 aralığında değişim göstermektedir. Örnek gruplarının protein içerikleri arasında anlamlı bir fark bulunmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Ancak genel olarak kontrol örneklerinin, ekstrakt ve yağ eklenen örnek gruplarına göre daha yüksek miktarlarda protein içerdiği belirlenmiştir ve bu durumun köfte formülasyonuna ilave edilen yağ ve ekstraktların protein içeriğinin etten daha düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Aukkanit et al. (2015), köftelerdeki et oranı azaltılarak, yerine %1, %2 %3 ve %4 mısır püskülü ilavesiyle örneklerin protein içeriğinin azaldığını belirlemişlerdir. Sengun et al. (2018), kontrol ve %0,5, %1 ve %1,5 çörtlük otu ilaveli köfte örnekleri arasında en yüksek protein içeriğine kontrol örneklerinin sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Elde etmiş olduğumuz sonuçlar literatürdeki sonuçlar ile uyum göstermektedir.

4.1.4 Kül İçeriği

Köfte örneklerinin kül içerikleri %0,89 ve %1,05 aralığında değişmektedir. Köfte örneklerinin kül içerikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Örnekler arasında en düşük kül içeriği %2 propolis ekstraktı ilave edilen örneklerde görülürken en yüksek kül içeriği %1 ve %2 kabak çekirdeği yağı ilave edilen örneklerde aynı seviyelerde tespit edilmiştir. Genel olarak kontrol grubuna kıyasla kabak çekirdeği yağı ve kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örneklerde kül içeriği daha yüksek iken, propolis ekstraktı ve keçiyoynuzu ekstraktı ilave edilen örneklerde kül içeriği daha düşük oranlarda görülmektedir. Aynı zamanda, propolis ekstraktı ve keçiyoynuzu ekstraktı içeren örneklerde ilave edilen oranların artışıyla %kül miktarının azaldığı belirlenmiştir. Aukkanit et al. (2015), yaptıkları çalışmada, köfte formülasyonunda kullanılan et oranını azaltarak %1, %2, %3 ve %4 mısır püskülü ilave etmişlerdir ve örneklerin kül içeriğinin, ilave edilen mısır püskülü oranı arttıkça azaldığını tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise, köftelere farklı oranlarda yulaf kepeği ilavesinin örneklerin kül miktarını artırdığı belirlenmiştir (Yılmaz and Dağlıoğlu, 2003).

4.1.5. pH Değerleri

Örneklerin pH değerleri 5,61 ile 5,74 aralığında değişim göstermektedir. Köfte örneklerinin pH değerlerine bakıldığında örnekler arasında anlamlı farklar bulunduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Propolis ekstraktı ve keçiyoynuzu ekstraktı ilave edilen örneklerin pH değerlerinin kontrol grubuna göre daha düşük olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Örnekler arasında en düşük pH değerinin %2 propolis ekstraktı içeren örneklerde olduğu görülmüştür ve propolis ekstraktı içeren grupların pH değerlerinin diğer gruplardan anlamlı düzeyde farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Örneklere %1 kabak çekirdeği yağı ilavesinin pH değerlerini etkilemezken %2 kabak çekirdeği yağı ilavesiyle pH değerlerinin düşük seviyede artış gösterdiği belirlenmiştir. Örneklere %1 ve %2 kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilmesi ile, örneklerin pH değerleri aynı oranda artış göstermiştir.

Yıldız-Turp and Serdaroğlu (2010), köftelere farklı oranlarda (%5, %10, %15) erik ilavesiyle örneklerin pH değerlerinin 5,9'dan 5,4'e kadar düşüş gösterdiğini belirlemişlerdir. Soltanizadeh and Ghiasi-Esfahani (2010) tarafından, asidik olduğu bilinen Aloe veranın hamburger köftelerine %1, %3 ve %5 oranında ilavesiyle, pH değerlerinde azalma görülmüştür ve en düşük pH'ya sahip örnek grubunun %5 oranında Aloe vera içeren grupta bulunduğu tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada kontrol grubu örneklerin pH değeri 5,86 iken, %0,5 ve %1 nar kabuğu ekstraktı ilavesi ile sırasıyla örneklerin pH değerleri 5,79 ve 5,60 değerlerine düşmüştür (Turgut et al., 2017).

Turhan et al. (2014), köfte örneklerine %0, %1,5, %3, %4,5 ve %6 oranlarında arı poleni ilave ederek depolamışlardır. Depolama sonunda örneklerin pH değerlerinin sırasıyla 5,54, 5,62, 5,72, 5,79 ve 5,81 olduğunu tespit etmişlerdir ve örneklerin pH değerlerindeki bu düşüşün arı polenin doğal asidik ($\text{pH } 4,81 \pm 0,03$) özelliğinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Ran et al. (2020), köftelere ilave ettikleri %5, %10, %15 ve %20 oranındaki perilla tohumları ile örneklerin pH değerlerinin 6,02'den 6,34'e kadar artış gösterdiğini belirlemişlerdir.

4.2. Antioksidan Aktivite Değerleri

4.2.1. Köftelere İlave Edilen Ekstrakt ve Yağların Antioksidan Aktivite Değerleri

Antioksidan aktivite değerleri (%inhibisyon cinsinden) propolis ekstraktı için %27,93, keçiboynuzu ekstraktı için %32,02, kabak çekirdeği yağı için %24,62 ve kuşburnu çekirdeği yağı için %22,76 olarak belirlenmiştir. Ozdal et al. (2019), Türkiye’de çeşitli bölgelerden toplanan 11 ham propolis örneğinin ekstraksiyonundan elde edilen propolis ekstraktlarının yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu ve bu değerlerin $1370,6 \pm 198$ mg TE/100g ve $6332,9 \pm 114$ mg TE/100g aralığında değiştiğini belirlemişlerdir. Nagai et al. (2003), farklı propolis ekstraktlarının antioksidan aktivite değerlerini %5,3- %99,9 aralığında tespit etmişlerdir.

Goulas and Georgiou (2020), farklı çözenler kullanılarak elde edilen keçiboynuzu ekstraktlarının antioksidan aktivite değerlerinin %50,1-70,3 aralığında değiştiğini belirlemişlerdir.

Andjelkovic et al. (2010), kabak çekirdeği yağının antioksidan aktivite değerinin %62 civarında olduğunu tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada, kabuklu ve kabuksuz kabak çekirdeklerinden elde edilen yağların antioksidan aktivite değerlerinin %38,25-57,39 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Gorjanović et al., 2011).

Ilyasoğlu (2014), metanol, aseton ve etanol kullanılarak elde edilen kuşburnu çekirdeği yağının antioksidan aktivite değerlerinin $1,77 \mu\text{mol TE/g}$, $2,01 \mu\text{mol TE/g}$ ve $2,09 \mu\text{mol TE/g}$ olduğunu belirlemiştir ve bu değerlerin üzüm çekirdeği yağının antioksidan aktivite değerine göre daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Tez çalışmamızda bulmuş olduğumuz antioksidan aktivite değerleri bazı ekstraktlar için literatürle uyumlu bulunurken, özellikle yağların antioksidan aktivite değeri literatürdekinden düşük bulunmuştur. Bunun sebebi olarak bu yağların elde edildiği kaynakların ve elde edilme yöntemlerinin birbirinden farklı olması düşünülmektedir.

4.2.2. Köfte Örneklerinin Antioksidan Aktivite Değerleri

Tablo 4.2’de köfte örneklerinin antioksidan aktivite değerleri görülmektedir.

Örnekler arasında en yüksek antioksidan aktivite değeri 200°C’de tavada pişirilen %2 keçiboynuzu ekstraktı ilaveli gruplarda belirlenmiştir ve bunun sebebinin örneklerle ilave edilen en yüksek antioksidan aktivite değerine sahip katkının keçiboynuzu olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. En düşük antioksidan aktivite değerinin ise 250°C’de fırında pişirilen %1 propolis ekstraktı ilaveli örneklerde bulunduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.2. Köfte örneklerinin antioksidan aktivite değerleri (%inhibisyon)

	Tava			Fırın		
Örnek Grupları	150°C	200°C	250°C	150°C	200°C	250°C
K	18,53±0,96 ^C	19,25±0,24 ^C	17,65±1,91 ^C	16,77±1,22 ^C	17,54±0,91 ^C	18,37±0,49 ^C
1PE	18,45±0,26 ^C	18,28±0,63 ^C	17,93±0,19 ^C	17,06±1,36 ^C	17,56±0,63 ^C	15,92±2,24 ^C
2PE	19,81±0,80 ^B	19,06±1,94 ^B	20,64±0,87 ^B	21,78±0,51 ^B	19,61±0,42 ^B	19,16±2,18 ^B
1KE	20,96±1,25 ^A	21,09±2,57 ^A	22,74±1,51 ^A	22,46±0,53 ^A	22,51±1,08 ^A	22,90±0,33 ^A
2KE	23,69±0,46 ^A	23,70±1,46 ^A	22,89±0,65 ^A	20,51±1,27 ^A	19,12±1,16 ^A	21,73±1,20 ^A
1KAÇY	19,20±1,17 ^B	20,17±0,95 ^B	18,24±0,31 ^B	20,11±1,37 ^B	20,13±1,55 ^B	19,27±0,96 ^B
2KAÇY	19,99±0,66 ^C	17,31±0,61 ^C	18,08±1,26 ^C	18,51±0,84 ^C	17,89±0,94 ^C	17,27±1,30 ^C
1KUÇY	18,27±0,77 ^B	18,87±0,43 ^B	20,70±0,49 ^B	19,02±0,99 ^B	20,01±0,46 ^B	20,39±0,42 ^B
2KUÇY	18,91±1,75 ^B	19,66±1,27 ^B	21,24±0,16 ^B	20,44±0,61 ^B	21,04±0,42 ^B	21,06±1,25 ^B

K: Kontrol, 1PE: %1 Propolis ekstraktı ilave edilen örnek, 2PE: %2 Propolis ekstraktı ilave edilen örnek, 1KE: %1 Keçiboynuzu ekstraktı ilave edilen örnek, 2KE: %2 Keçiboynuzu ekstraktı ilave edilen örnek, 1KAÇY: %1 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KAÇY: %2 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 1KUÇY: %1 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KUÇY: %2 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek.

^AAynı sütundaki büyük harfler Duncan testine göre kullanılan ekstrakt ve yağlara göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir. (P<0,05).

Tez çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara benzer olarak Keşkekoğlu (2012), farklı yöntemlerle pişirilen köfte örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin kontrol grubunda %16,95-23,9 iken, üzüm çekirdeği ekstraktı ilaveli örneklerde %34,39-37,20 ve nar çekirdeği ekstraktı ilaveli örneklerde %33,10-60,65 aralığında olduğunu belirlemiştir.

Kartikawati and Purnomo (2019) tarafından, köfte örneklerine farklı oranlarda pirinç kepeği ilavesi ile örneklerin (%) antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir. Örneklere ilave edilen pirinç kepeklerinin antioksidan aktiviteleri %15,26-28,15 aralığında iken, köfte örneklerinde kontrol grubuna ait antioksidan aktivite değerlerinde pirinç kepeği ilavesiyle %16,75'ten %55,21'e kadar artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada köfte örneklerinin antioksidan aktivite değeri %16,75 olarak belirlenmiştir (Rohmawati et al., 2016; Kartikawati and Purnomo, 2019).

Ariviani et al. (2019), köfte örneklerini, antioksidan aktivite değerleri 2867 mg GA/kg ve 3820 mg GA/kg olan kitosan ve sarımsak esansiyel yağı ile kaplayarak depolamışlardır. Depolamanın 0. gününde kontrol grubu örnekleri, kitosan film kaplanan örnekler, sarımsak esansiyel yağı içeren film ile kaplanan örnekler ve kitosan-sarımsak esansiyel yağlı film ile kaplanan örnekler için antioksidan aktivite değerleri sırasıyla 3701,72 mg GA/kg, 9759,70 mg GA/kg, 10651 mg GA/kg ve 11172 mg GA/kg olarak bulunmuştur.

Ergezer and Serdaroğlu (2017), köftelere enginarın yan ürünlerinin ekstraktlarını ilave ederek, pişirilmemiş köfte örneklerinde kontrol grubunun antioksidan aktivite değerini %53,54 ve ekstrakt ilaveli örneklerin antioksidan aktivite değerini %84,63 olarak tespit etmişlerdir.

Tüm örnek grupları değerlendirildiğinde, köftelerin pişirme dereceleri bakımından her iki pişirme yöntemi için istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenememiştir ($P>0,05$). İlave edilen ekstrakt ve yağ miktarları kıyaslandığında, 1KE ve 2KE gruplarının antioksidan aktivite değerlerinin diğer örnek gruplarından anlamlı düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Aynı zamanda kontrol grubu örnekler ile 1PE ve 2 KAÇY grupları arasında antioksidan aktivite değerleri açısından anlamlı bir fark bulunmazken ($P>0,05$), diğer tüm gruplardan anlamlı düzeyde düşük antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

4.3. Toplam Fenolik Madde Miktarları

4.3.1. Köftelere İlave Edilen Ekstrakt ve Yağların Toplam Fenolik Madde Miktarları

Toplam fenolik madde miktarı değerleri propolis ekstraktı için 7833,33 µg GAE/g, keçiyoynuzu ekstraktı için 9683,33 µg GAE/g, kabak çekirdeği yağı için 4164,28 µg GAE/g ve kuşburnu çekirdeği yağı için 4366,66 µg GAE/g olarak belirlenmiştir.

Ozdal et al. (2019), Türkiye’de farklı bölgelere ait 11 propolis örneğinin etanol ile ekstraksiyonundan elde edilen propolis ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarı değerlerinin oldukça yüksek olduğunu ve 2748 mg GAE/100 g ile 19970 mg GAE/100 g aralığında değiştiğini belirlemişlerdir. Yavuz (2011), Türkiye’nin 6 farklı bölgesinden toplanan propolis ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarlarını 180,89- 270,22 mg GAE/g aralığında tespit etmiştir. Başka bir çalışmada, propolis ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarları 1734 mg GAE/100 g ile 3344 mg GAE/100 g aralığında belirlenmiştir (Gargouri et al., 2019).

Lakkab et al. (2019), farklı yöntemlerle elde edilen keçiyoynuzu ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarını 11,58-16,17 µg GAE/100 g aralığında tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada, farklı çözügenler kullanılarak elde edilen keçiyoynuzu ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarları 7,1 mg GAE/100 g ile 382 mg GAE/100 g aralığında tespit edilmiştir (Goulas and Georgiou, 2020).

Kabak çekirdeği yağının toplam fenolik madde miktarı 24,71-50,93 mg GAE/kg aralığında bulunmuştur (Andjelkovic et al., 2010). Başka bir çalışmada, kabak çekirdeği yağının toplam fenolik madde miktarı 66,27 mg GAE/kg olarak belirlenmiştir (Gohari et al., 2011).

Ilyasoğlu (2014), kuşburnu çekirdeği yağının toplam fenolik madde miktarını 215,4 µg/g olarak tespit etmiştir.

Tez çalışmamızda bulmuş olduğumuz toplam fenolik madde miktarları literatürdekinden farklı bulunmuştur. Bunun sebebi olarak bu ekstraktların ve yağların elde edildiği kaynakların ve elde edilme yöntemlerinin birbirinden farklı olması düşünülmektedir.

4.3.2. Köfte Örneklerinin Toplam Fenolik Madde Miktarları

Tablo 4.3'te köfte örneklerine ait toplam fenolik madde miktarları verilmiştir. En düşük toplam fenolik madde miktarı 200°C'de tavada pişirilen %2 kabak çekirdeği yağı ilave edilen örneklerde görülürken, en yüksek toplam fenolik madde miktarına sahip örnekler 250°C'de tavada pişirilen %2 propolis ilaveli gruplarda belirlenmiştir.

Tablo 4.3. Köfte örneklerine ait toplam fenolik madde miktarı (mg/kg GAE)

	Tava			Fırın		
Örnek Grupları	150°C	200°C	250°C	150°C	200°C	250°C
K	624,28±75,1 _{4DE}	549,6±108,80 _{DE}	642,85±46,2 _{2DE}	521,82±63,9 _{5DE}	619,04±69,31 _{DE}	509,84±56,6 _{8DE}
1PE	493,80±25,7 _{6E}	463,33±36,26 _E	506,66±63,6 _{5E}	519,04±47,4 _{3E}	646,66±52,96 _E	580,95±96,4 _{2E}
2PE	959,04±68,5 _{9A}	1069,04±71,0 _{3A}	1198,57±12,205 _A	675,71±42,6 _{6A}	701,42±87,14 _A	859,04±77,5 _{4A}
1KE	600,95±73,5 _{4BC}	628,09±28,22 _{BC}	793,80±68,0 _{6BC}	680,95±38,2 _{3BC}	668,57±55,93 _{BC}	660,95±66,2 _{4BC}
2KE	678,57±66,0 _{3BC}	630,00±141,0 _{6BC}	759,52±72,7 _{9BC}	691,42±52,5 _{0BC}	746,19±52,49 _{BC}	610,95±14,3 _{8BC}
1KAÇY	576,66±102,27 _B	888,57±97,87 _B	792,85±31,3 _{3B}	650,95±43,3 _{8B}	768,57±45,37 _B	654,28±91,7 _{2B}
2KAÇY	600,47±107,95 _{CD}	471,90±2,65 _C	603,80±46,5 _{4CD}	699,52±104,55 _{CD}	737,14±156,6 _{7CD}	601,42±70 _{CD}
1KUÇY	585,23±54,8 _{5CDE}	554,28±33,22 _{CDE}	644,28±75,5 _{5CDE}	607,14±106,63 _{CDE}	549,04±37,69 _{CDE}	705,23±57,8 _{5CDE}
2KUÇY	515,71±54,3 _{4DE}	573,80±91,87 _{DE}	565,71±55,3 _{4DE}	524,28±15,1 _{1DE}	545,71±72,95 _{DE}	664,28±103,24 _{DE}

K:Kontrol, 1PE: %1 Propolis ekstsaktı ilave edilen örnek, 2PE: %2 Propolis ekstsaktı ilave edilen örnek, 1KE: %1 Keçiyoynuzu ekstsaktı ilave edilen örnek, 2KE: %2 Keçiyoynuzu ekstsaktı ilave edilen örnek, 1KAÇY: %1 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KAÇY: %2 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 1KUÇY: %1 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KUÇY: %2 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek.

^AAynı sütundaki büyük harfler Duncan testine göre kullanılan ekstrakt ve yağlara göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir (P<0,05).

Çalışmamızda elde ettiğimiz verilerle uyumlu olarak Kartikawati and Purnomo (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, köfte örneklerine farklı oranlarda (kontrol, %50 ve %100) ve farklı türlerde pirinç kepeği ilavesi ile örneklerin toplam fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Örneklere ilave edilen pirinç kepeklerinin toplam fenolik madde miktarı 266,05 mg/100 g ile 286 mg/100 g aralığında iken, köfte örneklerinde kontrol grubuna ait toplam fenolik madde içeriğinin pirinç

kepeği ilavesiyle 37,82 mg/100 g'dan 100,76 mg/100 g'a kadar artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada köfte örneklerinin toplam fenolik madde miktarı 37,82 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Rohmawati et al., 2016; Kartikawati and Purnomo, 2019).

Keşkekoğlu (2012), farklı yöntemlerle pişirilen köfte örneklerinin toplam fenolik madde miktarını kontrol grubu için 201,25 mg/kg-329,91 mg/kg; üzüm çekirdeği ekstraktı ilaveli örnekler için 353,61 mg/kg-471,81 mg/kg ve nar çekirdeği ekstraktı ilaveli örnekler için 300,19 mg/kg-447,82 mg/kg aralığında belirlemiştir.

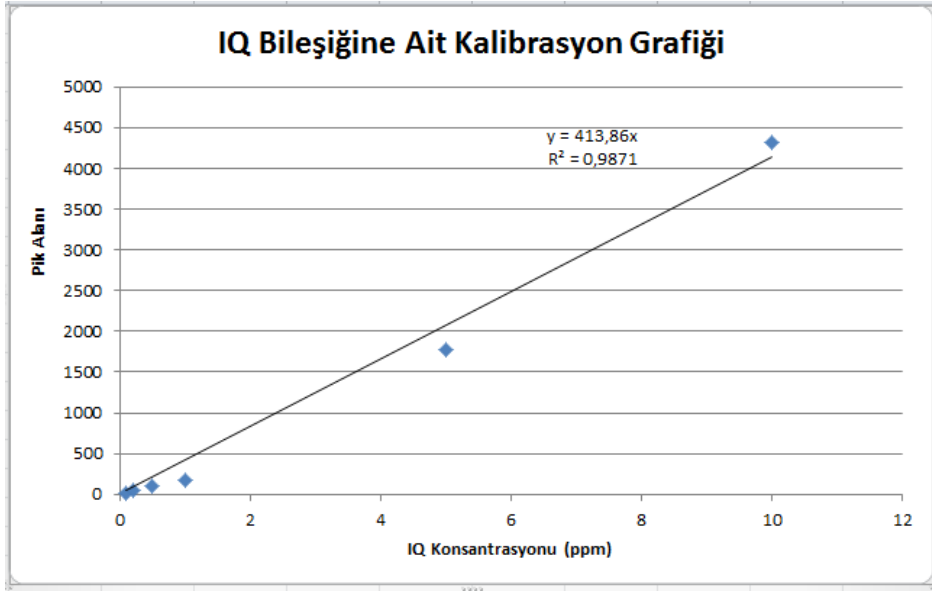
Ergezer and Serdaroğlu (2017), köftelere enginarın yan ürünlerinin ekstraktlarını ilave ederek, pişirilmemiş köfte örneklerinde kontrol grubunun toplam fenolik madde içeriğinin 29,33 mg GA/100 g ve ekstrakt ilaveli örneklerin toplam fenolik madde içeriğini 51,02 mg GA/100 g olduğunu tespit etmişlerdir.

Genel olarak, köftelere ilave edilen ekstrakt ve yağların toplam fenolik madde miktarları ile ekstrakt ve yağ ilaveli köfte örneklerinin toplam fenolik madde miktarı değerlerinin uyumlu olduğu görülmektedir. Elde ettiğimiz sonuçlar pişirme sıcaklıklarına göre değerlendirildiğinde, hem tavada hem de fırında pişirilen örneklerin toplam fenolik madde miktarları arasında anlamlı bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Ancak köftelere ilave edilen ekstrakt ve yağlar değerlendirildiğinde, kontrol grubu ile 2PE, 1KE, 2KE ve 1KAÇY gruplarının toplam fenolik madde miktarları arasında anlamlı bir fark bulunduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

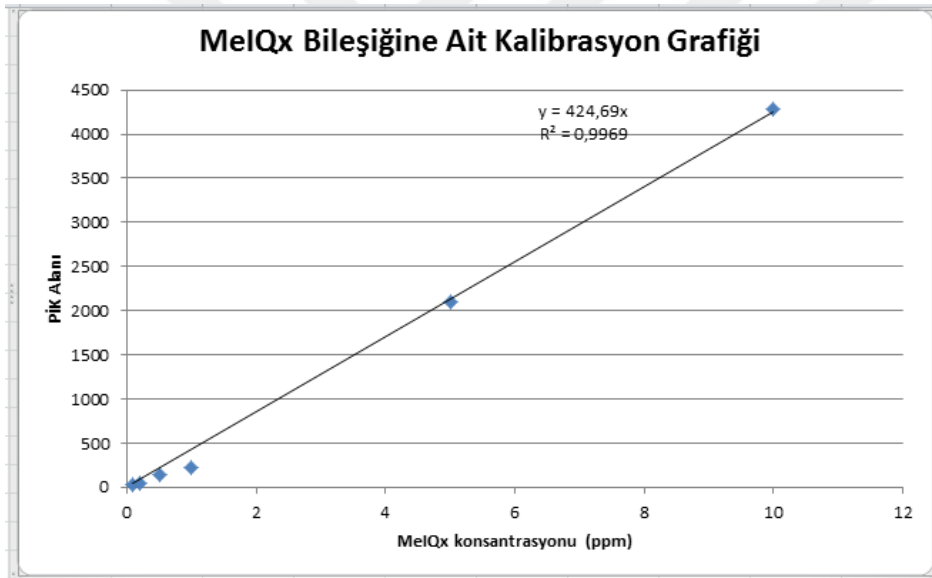
4.4. Köfte Örneklerinin HCA İçerikleri

4.4.1 Kalibrasyon grafiklerinin oluşturulması

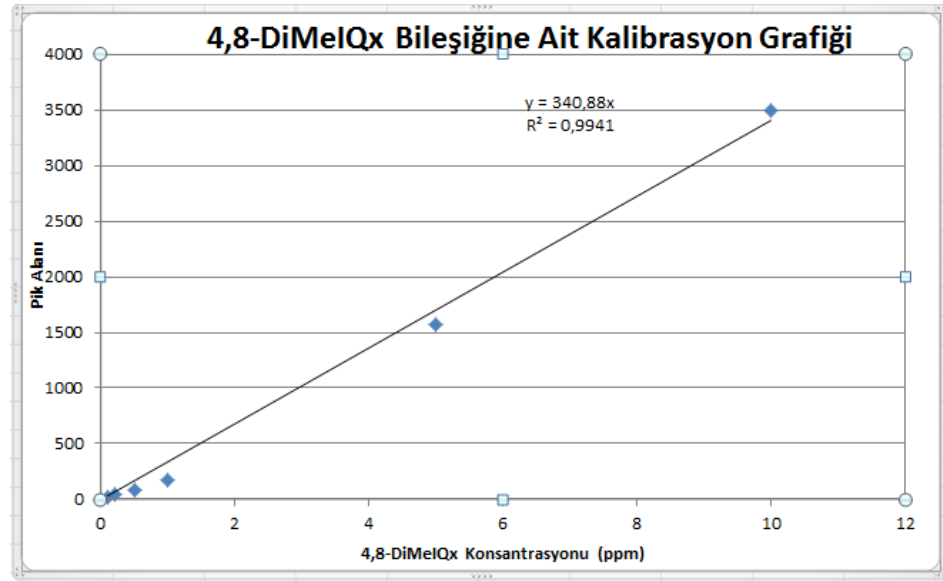
Örneklerin HCA miktarlarının hesaplaması amacıyla 100 ppm'lik stok HCA çözeltilerinden (IQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP norharman ve harman), 0,1 ppm, 0,2 ppm, 0,5 ppm, 1 ppm, 5 ppm ve 10 ppm'lik standart HCA çözeltileri hazırlanmıştır. Hazırlanan standart çözeltiler için kalibrasyon grafikleri oluşturulmuştur ve örneklerin HCA içerikleri, bu grafikler kullanılarak hesaplanmıştır. HCA standartlarına ait kalibrasyon grafikleri, Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6'da verilmiştir.



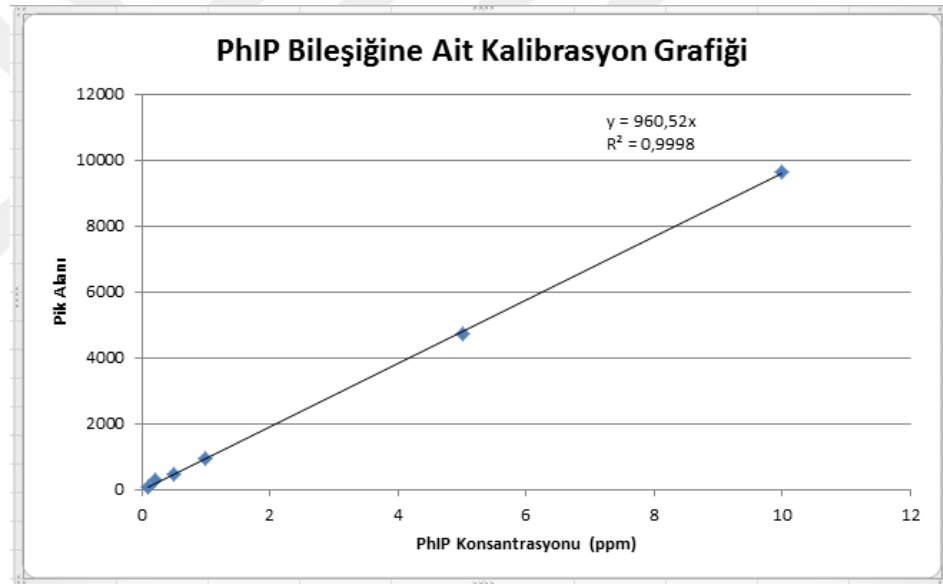
Şekil 4.1. IQ bileşğine ait kalibrasyon grafiği



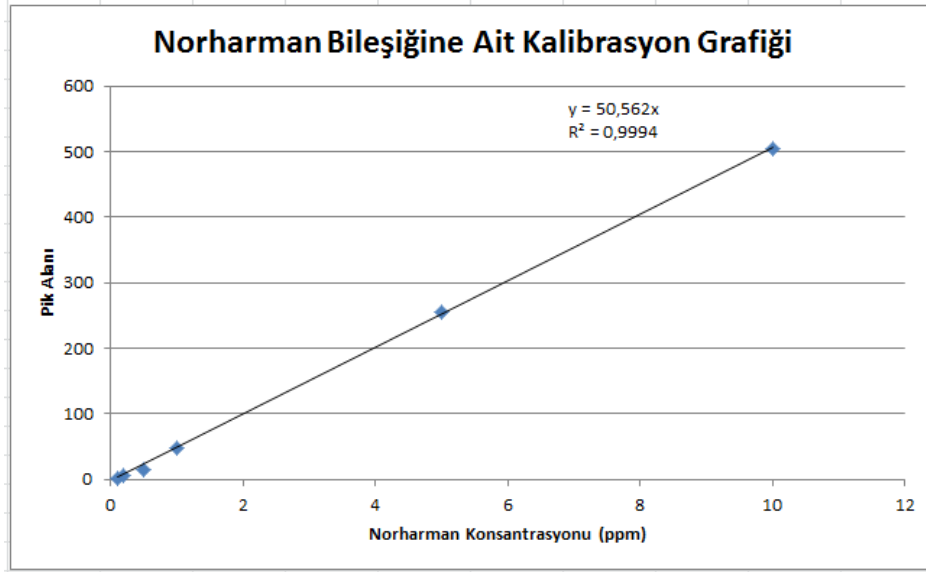
Şekil 4.2. MeIQx bileşğine ait kalibrasyon grafiği



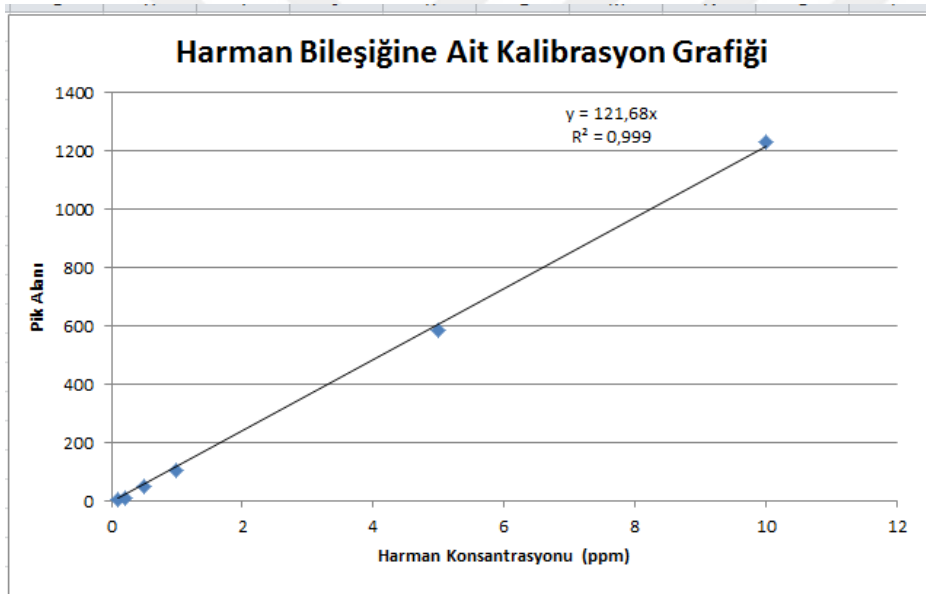
Şekil 4.3. 4,8-DiMeIQx bileşiğine ait kalibrasyon grafiği



Şekil 4.4. PhIP bileşiğine ait kalibrasyon grafiği



Şekil 4.5. Norharman bileşiğine ait kalibrasyon grafiği



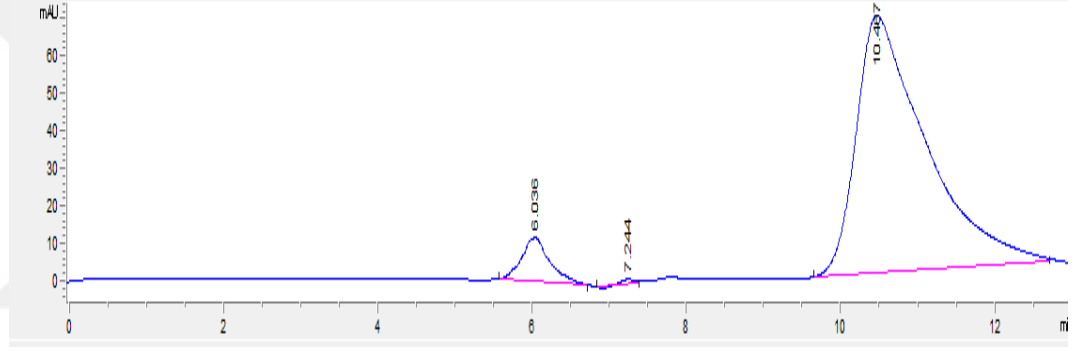
Şekil 4.6. Harman bileşiğine ait kalibrasyon grafiği

Yapılan denemelerde HCA piklerinin alıkonma zamanları DAD dedektörde çalışılan IQ için 10,46 dk, MeIQx için 11,97 dk ve 4,8-DiMeIQx için ise 17,01 dk olarak belirlenmiştir. Fluoresans dedektörde okunan PhIP için 24,07 dk, norharman için 25,25 dk ve harman için 25,46 dk olarak belirlenmiştir.

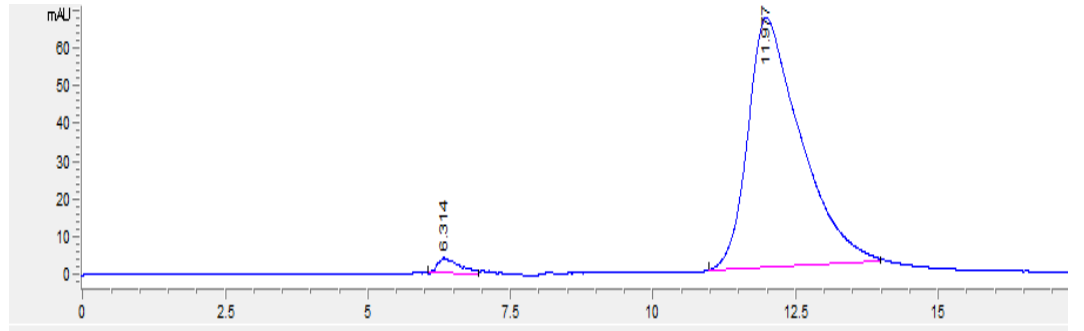
Fluoresans dedektörde uyarıcı dalga boyu olarak 340 ve 370 nm'ler kullanılmış olup en uygun pikler 340 nm'de elde edilmiştir. PhIP, norharman ve harman hesaplamalarında 340 nm'ye ait pikler kullanılmıştır.

DAD dedektörde, çalışılan altı HCA'nın ayrımı gerçekleştirilmiştir. Ancak PhIP, norharman ve harman için floresans dedektörde daha güçlü sinyaller elde edildiği için, DAD dedektörde sadece IQ, MeIQx ve 4,8-DiMeIQx değerlendirmeleri yapılmıştır. HCA analizinde kullanılan yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC)- diyot array dedektör (DAD)/floresans dedektör Ek 7 ve Ek 8'de gösterilmiştir.

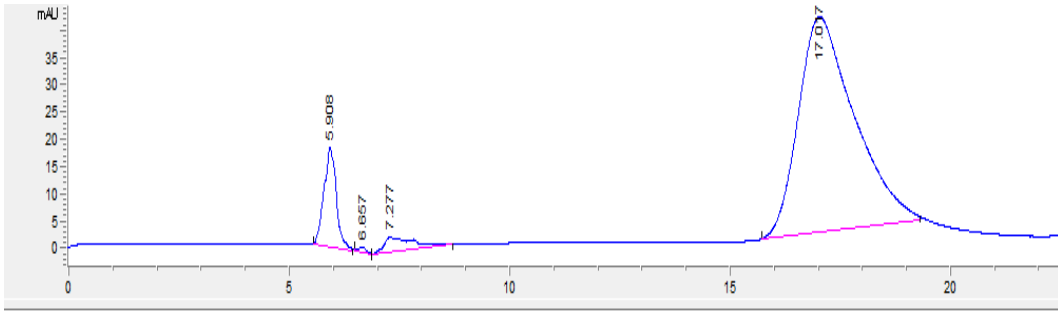
DAD dedektördeki çalışmalarda dalga boyu olarak 254 ve 263 nm'ler seçilmiş olup, IQ için 254 nm; MeIQx ve 4,8-DiMeIQx için ise 263 nm'deki piklerin daha uygun olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.7, 4.8, 4.9'da 10 ppm'lik IQ, MeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşiklerine ait kromatogram görünümleri verilmiştir. Şekil 4.10, 4.11, 4.12'de 10 ppm'lik PhIP, norharman ve harmana ait kromatogramlar verilmiştir.



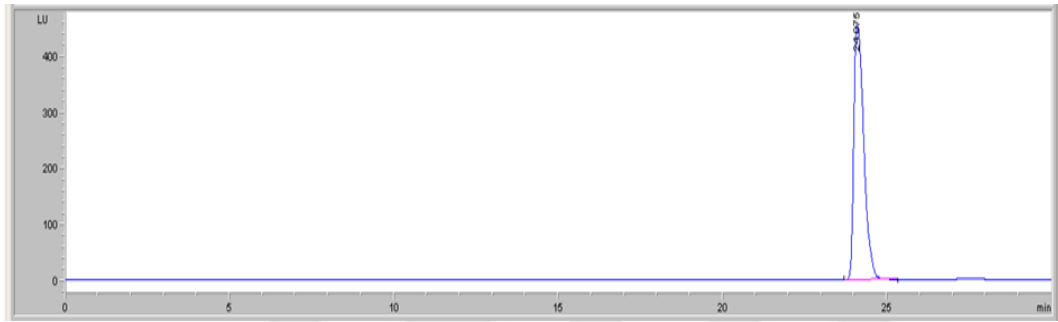
Şekil 4.7. DAD dedektöre ait 10 ppm'lik IQ bileşiği standardının HPLC kromatogramı



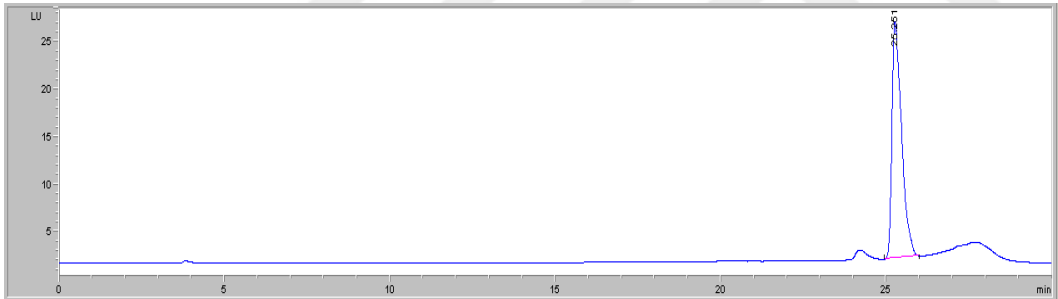
Şekil 4.8. DAD dedektöre ait 10 ppm'lik MeIQx bileşiği standardının HPLC kromatogramı



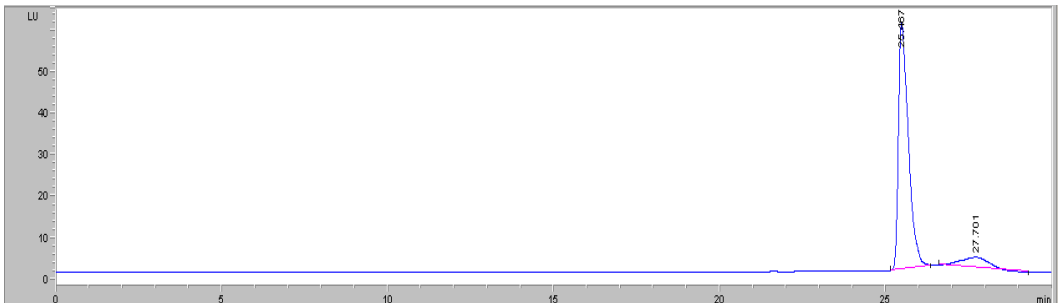
Şekil 4.9. DAD dedektöre ait 10 ppm'lik 4,8-DiMeIQx bileşiği standardının HPLC kromatogramı



Şekil 4.10. Floresans dedektöre ait 10 ppm'lik PhIP bileşiği standardının HPLC kromatogramı



Şekil 4.11. Floresans dedektöre ait 10 ppm'lik Norharman bileşiği standardının HPLC kromatogramları



Şekil 4.12. Floresans dedektöre ait 10 ppm'lik Harman bileşiği standardının HPLC kromatogramı

4.4.2. HCA Analizi Geri Kazanım Değerleri

HPLC’de HCA analiz yöntemine ait geri kazanım değerleri Tablo 4.4’de verilmiştir (Özdestan et al., 2014). Geri kazanım değerleri %68,9 ile %87,8 aralığında bulunmuştur. HCA miktar hesaplamalarında bu geri kazanım değerlerinden yararlanılmıştır.

Tablo 4.4. Heterosiklik amin analizine ait geri kazanım değerleri (%)

Heterosiklik aminler	Geri kazanım değerleri (%)
IQ	73,9
MeIQx	87,8
4,8-DiMeIQx	68,9
PhIP	76,3
Norharman	85,0
Harman	87,7

4.4.3. Köftelerin IQ miktarları

Köftelere propolis ekstraktı, keçiyoynuzu ekstraktı, kuşburnu çekirdeği yağı ve kabak çekirdeği yağı ilavesi ile oluşan IQ bileşiğinin miktarı Tablo 4.5’te ve Şekil 4.13’de verilmiştir. Kontrol grubu dışındaki ekstrakt ilave edilen örnekler arasında en yüksek ortalama IQ içeriği 200°C’de tavada pişirilen %2 kuşburnu çekirdeği yağı içeren örneklerde 4,29 ng/g, 250°C’de tavada pişirilen %1 ve %2 propolis ekstraktı içeren örneklerde 2,69 ng/g olarak belirlenmiştir.

Genel olarak en yüksek IQ seviyeleri kontrol grubuna ait örneklerde görülürken, bu miktarlar 150°C, 200°C ve 250°C’de fırında pişirilen örneklerde sırasıyla 1,14 ng/g, 1,51 ng/g ve 2,64 ng/g iken, tavada pişirilen örneklerde 1,38 ng/g, 3,99 ng/g ve 8,11 ng/g olarak tespit edilmiştir. Örnekler arasında %2 keçiyoynuzu ilaveli 150°C’de fırında pişirilen gruplarda %100 inhibisyon sağlanırken, IQ bileşiği tespit edilen gruplar arasında en düşük konsantrasyon 0,41 ng/g ile %2 propolis ekstraktı içeren 150°C’de fırında pişirilen örneklerde görülmüştür.

Örnek grupları kıyaslandığında, kontrol gruplarının IQ içeriği diğer örneklerden anlamlı olarak farklıdır ($P<0,05$). Örneklerin en yüksek toplam IQ miktarları, K (18,77 ng/g), 2KUÇY (11,01 ng/g), 1KUÇY (9,89 ng/g), 2PE (9,03 ng/g), 2KAÇY (8,44 ng/g), 1PE (8,42 ng/g), 1KE (7,63 ng/g), 1KAÇY (6,7 ng/g), 2KE (5,94 ng/g) olarak belirlenmiştir. Toplam IQ miktarının kontrol örneklerine

göre inhibisyonları 2KE; %68, 1KAÇY; %64, 1KE; %59, 1PE; %55, 2KAÇY; %55, 2PE; %51, 1KUÇY; %47, 2KUÇY; %41 oranında tespit edilmiştir. Genel olarak ekstrakt ve yağ oranı arttıkça, IQ inhibisyon oranının da arttığı görülmektedir.

Piştirme sıcaklıklarına göre örnekler arasında hem tavada hem de fırında piştirme yöntemi açısından anlamlı farklar görülmektedir ($P<0,05$). Fırında pişirilen köfte örneklerinde IQ içeriğinin her piştirme sıcaklığı için anlamlı olarak birbirinden farklı olduğu görülmektedir ($P<0,05$). Tavada pişirilen örneklerde ise 150°C’de pişirilen köfte örneklerinin IQ içeriği diğer gruplara göre anlamlı olarak farklıdır ($P<0,05$). Piştirme sıcaklığı arttıkça, IQ miktarının arttığı görülmektedir.

Tablo 4.5. Köftelerin IQ miktarları (ng/g)

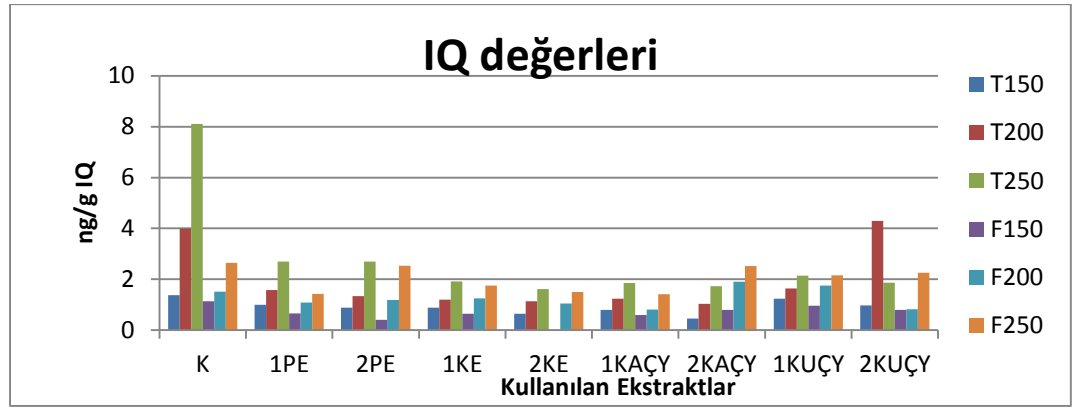
	Tava			Fırın		
Örnek Grupları	150°C	200°C	250°C	150°C	200°C	250°C
K	1,38±0,04 ^{ba}	3,99±0,72 ^{aA}	8,11±0,08 ^{aA}	1,14±0,34 ^{ca}	1,51±0,4 ^{ba}	2,64±0,29 ^{aA}
1PE	1,00±0,05 ^{bb}	1,57±0,11 ^{aB}	2,69±0,25 ^{aB}	0,65±0,10 ^{cB}	1,08±0,09 ^{bb}	1,43±0,13 ^{aB}
2PE	0,88±0,06 ^{bb}	1,33±0,06 ^{aB}	2,12±0,25 ^{aB}	0,41±0,02 ^{cB}	1,19±0,15 ^{bb}	2,53±0,29 ^{aB}
1KE	0,88±0,08 ^{bb}	1,20±0,33 ^{aB}	1,91±0,13 ^{aB}	0,64±0,07 ^{cB}	1,25±0,35 ^{bb}	1,75±0,30 ^{aB}
2KE	0,64±0,03 ^{bb}	1,14±0,21 ^{aB}	1,61±0,06 ^{aB}	nd	1,05±0,02 ^{bb}	1,50±0,19 ^{aB}
1KAÇY	0,80±0,35 ^{bb}	1,24±0,54 ^{aB}	1,85±0,61 ^{aB}	0,59±0,08 ^{cB}	0,81±0,02 ^{bb}	1,41±0,72 ^{aB}
2KAÇY	0,46±0,27 ^{bb}	1,04±0,59 ^{aB}	1,73±0,25 ^{aB}	0,79±0,31 ^{cB}	1,90±0,61 ^b	2,52±1,05 ^{aB}
1KUÇY	1,24±0,54 ^{bb}	1,64±1,02 ^{aB}	2,14±1,59 ^{aB}	0,96±0,67 ^{cB}	1,75±0,71 ^{bb}	2,16±0,86 ^{aB}
2KUÇY	0,97±0,59 ^{bb}	4,29±0,74 ^a	1,87±0,92 ^{aB}	0,80±0,42 ^c	0,82±0,51 ^b	2,26±1,09 ^{aB}

K: Kontrol, 1PE: %1 Propolis ekstsaktı ilave edilen örnek, 2PE: %2 Propolis ekstsaktı ilave edilen örnek, 1KE: %1 Keçiyoynuzu ekstsaktı ilave edilen örnek, 2KE: %2 Keçiyoynuzu ekstsaktı ilave edilen örnek, 1KAÇY: %1 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KAÇY: %2 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 1KUÇY: %1 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KUÇY: %2 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek.

^aAynı satırdaki küçük harfler Duncan testine göre piştirme sıcaklıklarına göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir (Duncan testi için piştirme sıcaklıkları, tavada ve fırında piştirme yöntemlerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir).

^AAynı sütundaki büyük harfler Duncan testine göre kullanılan ekstrakt ve yağlara göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir ($P<0,05$).

nd:belirlenemedi.



Şekil 4.13. Köftelerin IQ miktarları (ng/g)

(T:Tavada pişirilen örnekler, F: Fırında pişirilen örnekler)

Benzer çalışmalarda Keşkekoğlu and Üren (2014, 2017) tarafından yapılan çalışmalarda, en yüksek IQ miktarının kontrol grubunda bulunduğu ve %0,5 ve %1 oranında nar çekirdeği ve üzüm çekirdeği ekstraktı ilave edilen köftelerde IQ konsantrasyonunun sırasıyla %46 ve %52 oranında inhibe edildiği belirlenmiştir.

Tengilimoğlu-Metin et al. (2017), yaptıkları çalışmada, %0,5 ve %1 alıç ekstraktı ilaveli tavada pişirilen etlerde IQ bileşiğini tespit edememişlerken, 200°C'de pişirilen örneklerde IQ miktarı, 0,31-0,68 ng/g aralığında ve 250°C'de pişirilen örneklerde 1,04-1,85 ng/g aralığında tespit edilmiştir. Tavada pişirilen örneklerde %1 alıç ilavesiyle IQ miktarı %55 oranında azalma göstermiştir. Köfte örneklerinin IQ miktarının kiraz ilavesiyle %64 ve %72 oranında inhibe edilebileceği belirlenmiştir (Britt et al., 1998).

4.4.4. Köftelerin MeIQx miktarları

Köfte örneklerinde analiz edilen tüm gruplarda MeIQx bileşiği tespit edilmiştir ve örneklerdeki ortalama MeIQx miktarları Tablo 4.6'da ve Şekil 4.14'de verilmiştir. En yaygın olarak tespit edilen HCA'lardan olan MeIQx bileşiğinin miktarı, en yüksek olarak kontrol grubuna ait örneklerde ortalama 2,04 ng/g seviyelerinde belirlenmiştir. Genel olarak örneklerde artan katkı kullanımıyla beraber MeIQx oluşumunun azaldığı görülmektedir. Katkı kullanılan gruplar arasında en düşük ve en yüksek MeIQx miktarı, %2 propolis ekstraktı ilaveli 150°C'de fırında pişirilen ve %2 kuşburnu çekirdeği yağı ilaveli 200°C'de tavada pişirilen örneklerde görülmüştür ve kontrol grubuna göre inhibisyon oranları sırasıyla %66 ve %38 olarak belirlenmiştir.

Örnek grupları kıyaslandığında, kontrol gruplarının MeIQx içeriği diğer örneklerden anlamlı olarak farklıdır ($P<0,05$). Örneklerin en yüksek toplam MeIQx miktarları, 2KUÇY (6,97 ng/g), 1PE (6,53 ng/g), 1KUÇY (6,4 ng/g), 2PE (5,69 ng/g), 1KAÇY (5,35 ng/g), 1KE (5,16 ng/g), 2KE (4,87 ng/g), 2KAÇY (4,26 ng/g) olarak belirlenmiştir. Toplam MeIQx miktarının kontrol örneklerine göre inhibisyonları 2KAÇY; %65, 2KE; %60, 1KE; %57, 1KAÇY; %56, 2PE; %53, 1KUÇY; %47, 1PE; %46, 2KUÇY; %43 oranında tespit edilmiştir.

Tavada pişirme yöntemiyle 150°C’de pişirilen örneklerin MeIQx içerikleri diğer sıcaklıklarda pişirilen örneklerle göre anlamlı olarak düşük çıkmıştır ($P<0,05$). Fırında pişirme yöntemiyle pişirilen örneklerde ise her sıcaklık için örnek gruplarının MeIQx içeriğinin birbirinden anlamlı olarak farklı olduğu görülmektedir ($P<0,05$). Kontrol gruplarıyla kıyaslandığında toplam MeIQx oluşumunda en yüksek inhibisyon %60 oranında kabak çekirdeği yağı kullanılan grupta görülürken, bu sıralamayı %59 inhibisyonla keçiyoynuzu ekstraktı, %51 inhibisyonla propolis ekstraktı takip etmektedir ve en düşük inhibisyon oranı %45 ile kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örneklerde görülmüştür.

Tablo 4.6. Köftelerin MeIQx miktarları (ng/g)

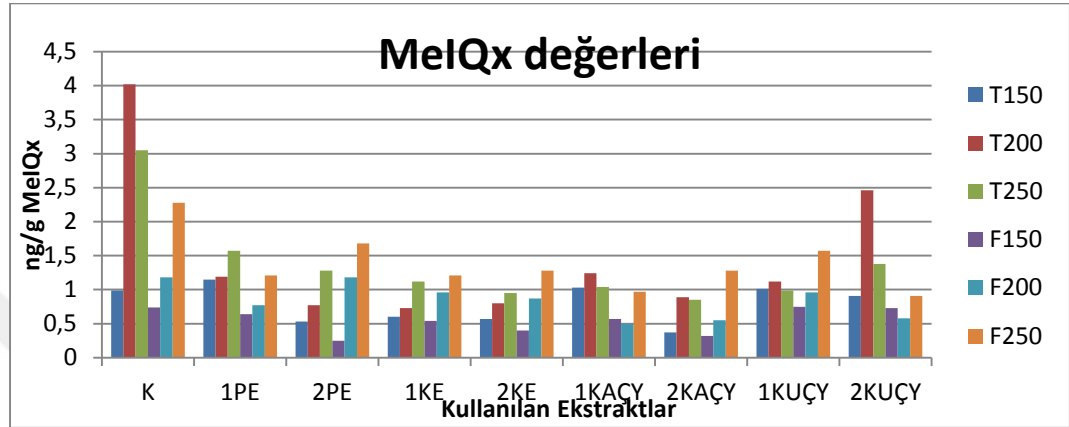
	Tava			Fırın		
Örnek Grupları	150°C	200°C	250°C	150°C	200°C	250°C
K	0,99 ±0,03 ^{ba}	4,02 ±0,01 ^{aA}	3,05 ±0,23 ^{aA}	0,74 ±0,27 ^{cA}	1,18±0,69 ^b A	2,28±0,37 ^a A
1PE	1,15±0,03 ^b B	1,19±0 ^{aB}	1,57±0,13 ^a B	0,64±0,05 ^c B	0,77±0,08 ^b B	1,21±0,19 ^a B
2PE	0,53±0,04 ^b B	0,77±0,07 ^a B	1,28±0,10 ^a B	0,25±0 ^{cB}	1,18±0,03 ^b B	1,68±0,07 ^a B
1KE	0,60±0,03 ^b B	0,73±0,12 ^a B	1,12±0,07 ^a B	0,54±0,09 ^c B	0,96±0,01 ^b B	1,21±0,07 ^a B
2KE	0,57±0,09 ^b B	0,80±0,27 ^a B	0,95±0,03 ^a B	0,40±0,08 ^c B	0,87±0,35 ^b B	1,28±0,05 ^a B
1KAÇY	1,03±0,57 ^b B	1,24±0,51 ^a B	1,04±0,23 ^a B	0,57±0,26 ^c B	0,50±0,04 ^b B	0,97±0,38 ^a B
2KAÇY	0,37±0,24 ^b B	0,89±0,34 ^a B	0,85±0,21 ^a B	0,32±0,10 ^c B	0,55±0,06 ^b B	1,28±0,17 ^a B
1KUÇY	1,01±0,33 ^b B	1,12±0,55 ^a B	0,99±0,17 ^a B	0,75±0,07 ^c B	0,96±0,2 ^{bB}	1,57±0,54 ^a B
2KUÇY	0,91±0,14 ^b B	2,46±0,13 ^a B	1,38±0 ^{aB}	0,73±0,3 ^{cB}	0,58±0,16 ^b B	0,91±1,18 ^a B

K: Kontrol, 1PE: %1 Propolis ekstraktı ilave edilen örnek, 2PE: %2 Propolis ekstraktı ilave edilen örnek, 1KE: %1 Keçiyoynuzu ekstraktı ilave edilen örnek, 2KE: %2 Keçiyoynuzu ekstraktı ilave

edilen örnek, 1KAÇY: %1 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KAÇY: %2 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 1KUÇY: %1 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KUÇY: %2 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek.

^aAynı satırdaki küçük harfler Duncan testine göre pişirme sıcaklıklarına göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir (Duncan testi için pişirme sıcaklıkları, tavada ve fırında pişirme yöntemlerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir).

^AAynı sütundaki büyük harfler Duncan testine göre kullanılan ekstrakt ve yağlara göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir. (P<0,05).



Şekil 4.14. Köftelerin MeIQx miktarları (ng/g)

(T:Tavada pişirilen örnekler, F: Fırında pişirilen örnekler)

Genel olarak, her iki pişirme yönteminde de örneklerin pişirme sıcaklıklarındaki artışla beraber MeIQx oluşumunda artış meydana geldiği belirlenmiştir. Aynı zamanda tavada pişirilen örneklerin MeIQx içeriğinin fırında pişirilen örneklere göre daha yüksek olduğu görülmektedir ve bu durum literatürle uyumludur. Benzer bir şekilde Tengilimoglu-Metin and Kizil, (2017), 150°C, 200°C ve 250°C’de tavada pişirilen kontrol grubu köftelerde MeIQx miktarını sırasıyla, 2,02 ng/g, 4,39 ng/g ve 6,17 ng/g; fırında pişirilen örneklerde ise 0,14 ng/g, 0,19 ng/g ve 7,25 ng/g olarak belirlemişlerdir. Örneklere %0.5 ve %1 enginar ekstraktı ilavesiyle MeIQx oluşumunda %11-100 aralığında inhibisyon sağlanmıştır.

Puangsommat and Smith (2010) tarafından yapılan çalışmada, MeIQx miktarının, 191°C’de pişirilen örneklerde %0,05 biberiye ekstraktı ilaveli köftelerde %56,2-73,8 aralığında, %0,2 biberiye ekstraktı ilaveli köftelerde %62,1-86,2 aralığında ve %0,5 biberiye ekstraktı ilaveli köftelerde %60,4-84,3 aralığında inhibe edildiği görülmüştür. Başka bir çalışmada, farklı oranlarda E vitamini ilavesiyle MeIQx oluşumunun 1,22-1,39 ng/g seviyelerinde görüldüğü tespit edilmiştir (Ruan et al., 2015).

Rounds ve arkadaşları (2012), köftelere %1 (a/a)'lık konsantrasyonda esansiyel yağlar ve %5 (a/a) oranında bitkisel ekstraktlar ve baharatlar eklenerek 200°C'de ızgarada pişirilen örneklerde MeIQx oluşumunda azalma, bitkisel ekstraktlarda; %79,5 (zeytin), %76,1 (elma kabuğu), %31,4 (yeşil çay), %50,4 (üzüm çekirdeği), toz baharatlarda; %78,0 (soğan), %68,9 (paprika), %66,2 (sarımsak), %49,5 (kekik otu), %48,6 (zerdeçal), %24,2 (kimyon), esansiyel yağda; %35,0 (karanfil tomurcuğu yağı) olarak bulunmuştur.

Ahn and Grün (2005), tavada pişirilen köfte örneklerinde MeIQx miktarını, kontrol grubu için 22,65 ng/g, %1 çam kabuğu ekstraktı (Pycnogenol) ilaveli örnek grubu için 2,44 ng/g, %1 biberiye ekstraktı (Herbalox) ilaveli örnek grubu için 4,86 ng/g ve %1 üzüm çekirdeği ekstraktı (ActiVin) ilaveli örnek grubu için 2,31 ng/g olarak belirlemiştir.

Quelhas et al. (2010), 223°C'de tavada her yüzeyi 10 dk pişirilen kontrol grubu köftelerde MeIQx miktarı 16,02 ng/g olarak belirlenmiştir. Köftelere elma kabuğundan elde edilen polifenol ekstraktından %0,1, %0,15 ve %0,3 oranında ilave edilmesiyle örneklerin MeIQx miktarları sırasıyla 11,42 ng/g (%71 inhibisyon), %9,22 ng/g (%57 inhibisyon) ve 9,44 ng/g (%58 inhibisyon) olarak belirlenmiştir.

Zeng et al. (2017), köftelere %0,5, %1 ve %1,5 karabiber ilavesinin MeIQx oluşumunu sırasıyla %57, %53 ve %51 oranında inhibe ederken, %0,005, %0,01 ve %0,015 piperin ilavesinin %69, %23 ve %20 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir.

4.4.5. Köftelerin 4,8-DiMeIQx miktarları

Köftelere propolis ekstraktı, keçiyoynuzu ekstraktı, kuşburnu çekirdeği yağı ve kabak çekirdeği yağı ilavesi ile oluşan 4,8-DiMeIQx bileşiğinin miktarı Tablo 4.7'de ve Şekil 4.15'te verilmiştir. En yüksek 4,8-DiMeIQx miktarı kontrol grubuna ait örneklerde görülürken, bu gruba kıyasla katkı eklenen tüm gruplarda inhibisyon görülmüştür. Katkı eklenen gruplarda en yüksek toplam 4,8-DiMeIQx miktarı %1 propolis ekstraktı içeren 250°C'de tavada pişirilen ve %1 kuşburnu çekirdeği yağı içeren 250°C'de tavada pişirilen örneklerde görülürken (3,27 ng/g ve 3,29 ng/g), en düşük toplam 4,8-DiMeIQx miktarı %1 ve %2 keçiyoynuzu ekstraktı içeren 150°C'de fırında pişirilen köfte örneklerinde (0,49 ng/g ve 0,50 ng/g) tespit edilmiştir. Örneklere ilave edilen propolis ve keçiyoynuzu

ekstraktlarının oranlarındaki artışla beraber 4,8-DiMeIQx miktarları da azalma göstermiştir.

Örnek grupları kıyaslandığında, kontrol gruplarının 4,8-DiMeIQx içeriği diğer örneklerden anlamlı olarak farklıdır ($P<0,05$). Örneklerin en yüksek toplam 4,8-DiMeIQx miktarları, 2KAÇY (12,52 ng/g), 1KAÇY (11,77 ng/g), 1KUÇY (11,41 ng/g), 1PE (10,66 ng/g), 2PE (9,65 ng/g), 2KUÇY (8,98 ng/g), 1KE (7,98 ng/g), 2KE (6,28 ng/g) olarak belirlenmiştir. Toplam 4,8-DiMeIQx miktarının kontrol örneklerine göre inhibisyonları 2KE; %84, 1KE; %80, 2KUÇY; %77, 2PE; %76, 1PE; %73, 1KUÇY; %71, 1KAÇY; %70, 2KAÇY; %68 oranında tespit edilmiştir.

Farklı sıcaklıklarda tavada pişirilen örneklerde 4,8-DiMeIQx içeriği bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P>0,05$). Fırında pişirilen örneklerde ise 150°C sıcaklıkta pişirilen grupların 4,8-DiMeIQx içeriğinin diğer gruplara göre anlamlı düzeyde farklı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Ancak tavada pişirilen örneklerin 4,8-DiMeIQx içeriklerinin, fırında pişirilen örneklerle kıyaslandığında oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 4.7. Köftelerin 4,8-DiMeIQx miktarları (ng/g)

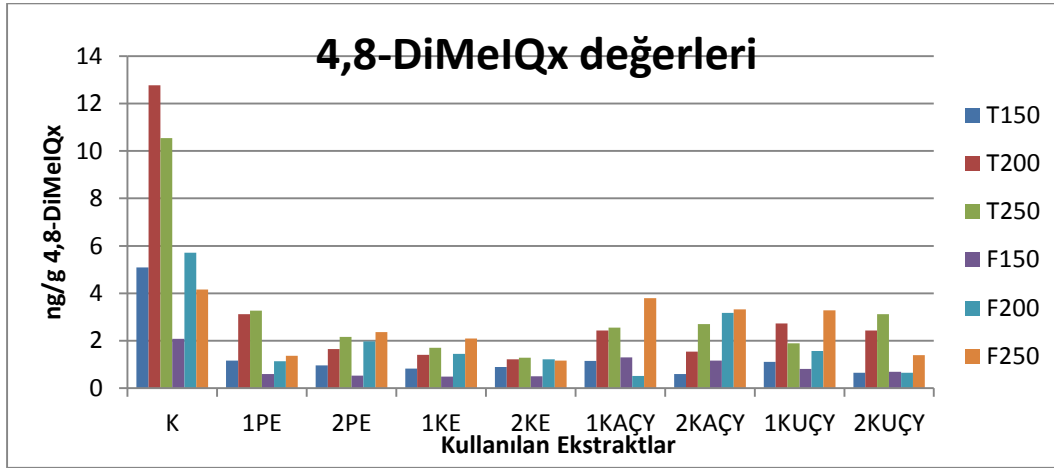
	Tava			Fırın		
Örnek Grupları	150°C	200°C	250°C	150°C	200°C	250°C
K	5,09 ±2,13 ^{aA}	12,77 ±0,39 ^{aA}	10,54 ±0,03 ^{aA}	2,08 ±1,07 ^{bA}	5,71±0,19 ^{aA}	4,16±1,01 ^{aA}
1PE	1,16±0,11 ^{aB}	3,12±0,15 ^{aB}	3,27±0,34 ^{aB}	0,60±0,10 ^{bB}	1,14±0,19 ^{aB}	1,37±0 ^{aB}
2PE	0,97±0,06 ^{aB}	1,65±0,08 ^{aB}	2,16±0,06 ^{aB}	0,53±0,02 ^{bB}	1,98±0,17 ^{aB}	2,36±0,17 ^{aB}
1KE	0,83±0,09 ^{aB}	1,41±0,28 ^{aB}	1,70±0,09 ^{aB}	0,49±0,09 ^{bB}	1,45±0,14 ^{aB}	2,10±0,03 ^{aB}
2KE	0,89±0,08 ^{aB}	1,22±0,10 ^{aB}	1,29±0,04 ^{aB}	0,50±0,04 ^{bB}	1,22±0,10 ^{aB}	1,16±0,01 ^{aB}
1KAÇY	1,15±0,23 ^{aB}	2,44±1,09 ^{aB}	2,56±0,98 ^{aB}	1,3±0,21 ^{bB}	0,52±0,12 ^{aB}	3,80±1,25 ^{aB}
2KAÇY	0,60±0,23 ^{aB}	1,55±0,54 ^{aB}	2,71±0,10 ^{aB}	1,16±0,01 ^{bB}	3,17±0,78 ^{aB}	3,33±0,17 ^{aB}
1KUÇY	1,11±0,25 ^{aB}	2,73±0,35 ^{aB}	1,90±0,52 ^{aB}	0,81±0,37 ^{bB}	1,57±0,39 ^{aB}	3,29±0,36 ^{aB}
2KUÇY	0,66±0,32 ^{aB}	2,44±0,69 ^{aB}	3,12±0 ^{aB}	0,70±0,27 ^{bB}	0,66±0,94 ^{aB}	1,40±0,31 ^{aB}

K: Kontrol, 1PE: %1 Propolis ektsraktı ilave edilen örnek, 2PE: %2 Propolis ektsraktı ilave edilen örnek, 1KE: %1 Keçiboynuzu ektsraktı ilave edilen örnek, 2KE: %2 Keçiboynuzu ektsraktı ilave

edilen örnek, 1KAÇY: %1 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KAÇY: %2 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 1KUÇY: %1 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KUÇY: %2 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek.

^aAynı satırdaki küçük harfler Duncan testine göre pişirme sıcaklıklarına göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir (Duncan testi için pişirme sıcaklıkları, tavada ve fırında pişirme yöntemlerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir).

^AAynı sütundaki büyük harfler Duncan testine göre kullanılan ekstrakt ve yağlara göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir. ($P < 0,05$).



Şekil 4.15. Köftelerin 4,8DiMeIQx miktarları (ng/g)

(T:Tavada pişirilen örnekler, F: Fırında pişirilen örnekler)

Dana köftelerine elma kabuğu polifenol ekstraktının %0,1, %0,15 ve %0,3 oranında ilavesiyle 4,8-DiMeIQx miktarı 3,50 ng/g, 2,88 ng/g ve 3,24 ng/g olarak belirlenmiştir ve kontrol grubuna kıyasla %79, %65 ve %73 oranında inhibisyon sağlandığı görülmüştür (Quelhas et al., 2010).

Keçi etinden yapılan köftelerin *Chrysanthemum morifolium* çiçeği ekstraktı ilavesiyle 175°C ve 225°C'de pişirilmeleri sonucunda 4,8-DiMeIQx miktarları kontrol grubunda 10,91 ng/g ve 15,06 ng/g iken ekstrakt içeren gruplarda 6,73 ng/g (%38 inhibisyon) ve 10,11 ng/g (%33 inhibisyon) olarak belirlenmiştir. Fırında 175°C ve 225°C'de pişirilen kontrol örneklerinde ise 4,8-DiMeIQx miktarları 13,96 ng/g ve 17,77 ng/g iken ekstrakt ilaveli örneklerde 9,06 ng/g (%35 inhibisyon) ve 13,93 ng/g (%23 inhibisyon) olarak belirlenmiştir (Khan et al., 2019).

Oz and Kaya (2011b,2011c), kırmızı biber ilavesinin 225°C'de pişirilen et örneklerinde 4,8-DiMeIQx oluşumunu %69,49 oranında azaltırken, karabiber ilavesinin %30 yağ içeriğine sahip köftelerde 4,8-DiMeIQx oluşumunu %100 oranında inhibe edebileceğini belirlemişlerdir.

4.4.6. Köftelerin PhIP miktarları

En yaygın olarak tespit edilen HCA’lardan biri olan PhIP bileşiğinin köfte örneklerinde oluşum miktarları, Tablo 4.8’de ve Şekil 4.16’da verilmiştir. En yüksek PhIP miktarı 250°C’de pişirilen kontrol grubuna ait örneklerde 1,08 ng/g olarak belirlenmiştir. Örnek grupları arasında %2 keçiyoynuzu ilavesinin PhIP oluşumunu %100 inhibe edebileceği belirlenmiştir. Genel olarak propolis ve keçiyoynuzu ilave edilen örnek gruplarında PhIP miktarı kontrol grubuna kıyasla azalma gösterirken, kuşburnu ve kabak çekirdeği yağları bazı örnek gruplarında artışa sebep olmuştur.

Kontrol örneklerinin PhIP içeriğinin diğer gruplardan anlamlı düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). En yüksek toplam PhIP miktarları, K (4,35 ng/g) 1KAÇY (2,38 ng/g), 1KUÇY (2,23 ng/g), 2KAÇY (11,41 ng/g), 2KUÇY (2,04 ng/g), 1PE (1,93 ng/g), 1KE (1,45 ng/g), 2PE (1,23 ng/g), 2KE (0,32 ng/g) olarak belirlenmiştir. Örnekler arasında 2KE grubunun PhIP içeriği, diğer örnek gruplarına kıyasla anlamlı olarak düşüktür ($P<0,05$). Aynı zamanda, 2KE, 2PE VE 1KACY gruplarının PhIP içeriği arasındaki fark anlamlı olarak bulunmuştur ($P<0,05$). Toplam PhIP miktarının kontrol örneklerine göre inhibisyonları 2KE; %92, 2PE; %71, 1KE; %66, 1PE; %55, 2KUÇY; %53, 2KAÇY; %50, 1KUÇY; %48, 1KAÇY; %45 oranında tespit edilmiştir. Pişirme sıcaklıklarına göre hem tavada hem de fırında pişirilen örneklerde anlamlı bir fark bulunmadığı görülmüştür ($P>0,05$).

Köftelere eklenen katkıların toplam PhIP oluşumu üzerine etkilerine bakıldığında, en yüksek inhibisyonun %79 oranında keçiyoynuzu ekstraktı, %63 oranında propolis ekstraktı, %50 oranında kuşburnu çekirdeği yağı ve %47 oranında kabak çekirdeği yağı ile sağlandığı görülmüştür.

Tablo 4.8. Köftelerin PhIP miktarları (ng/g)

	Tava	Fırın
--	------	-------

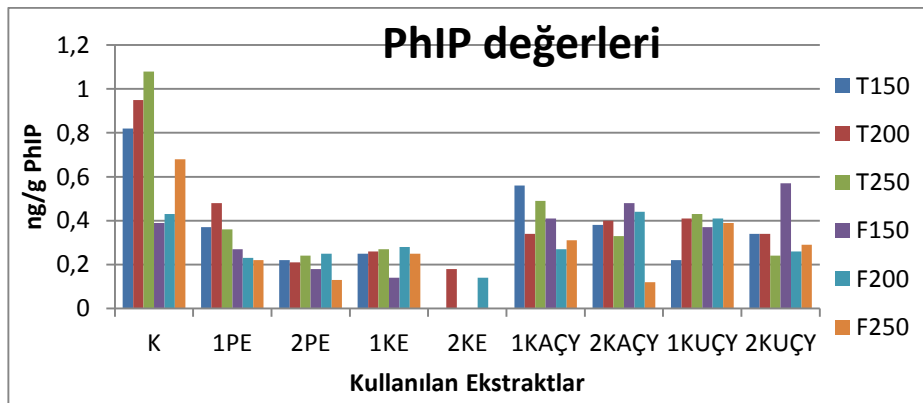
Örnek Grupları	150°C	200°C	250°C	150°C	200°C	250°C
K	0,82±0,26 ^{aA}	0,95 ±0,05 ^{aA}	1,08 ±0,29 ^{aA}	0,39 ±0 ^{aA}	0,43±0,03 ^{aA}	0,68±0,11 ^{aA}
1PE	0,37±0,11 ^{aB} CD	0,48±0,22 ^{aBC} D	0,36±0,05 ^{aBC} D	0,27±0,08 ^{aBC} D	0,23±0,04 ^{aBC} D	0,22±0,1 ^{aBC} D
2PE	0,22±0 ^{aD}	0,21±0,02 ^{aD}	0,24±0,04 ^{aD}	0,18±0,04 ^{aD}	0,25±0,04 ^{aD}	0,13±0,05 ^a
1KE	0,25±0,04 ^a	0,26±0,04 ^a	0,27±0,02 ^a	0,14±0,04 ^a	0,28±0,08 ^a	0,25±0,03 ^a
2KE	nd	0,18±0,03 ^{aE}	nd	nd	0,14±0,07 ^{aE}	nd
1KAÇY	0,56±0,18 ^{aB}	0,34±0,07 ^{aB}	0,49±0,11 ^{aB}	0,41±0,04 ^{aB}	0,27±0,09 ^{aB}	0,31±0,02 ^{aB}
2KAÇY	0,38±0,08 ^{aB} C	0,4±0,02 ^{aBC}	0,33±0,04 ^{aBC}	0,48±0,01 ^{aBC}	0,44±0,03 ^{aBC}	0,12±0,04 ^{aB} C
1KUÇY	0,22±0,08 ^{aB}	0,41±0,02 ^{aB}	0,43±0,04 ^{aB}	0,37±0,05 ^{aB}	0,41±0,1 ^{aB}	0,39±0,14 ^{aB}
2KUÇY	0,34±0,05 ^{aB} C	0,34±0,01 ^{aBC}	0,24±0,09 ^{aBC}	0,57±0,1 ^{aBC}	0,26±0,08 ^{aBC}	0,29±0,05 ^{aB} C

K: Kontrol, 1PE: %1 Propolis ekstsraktı ilave edilen örnek, 2PE: %2 Propolis ekstsraktı ilave edilen örnek, 1KE: %1 Keçiboynuzu ekstsraktı ilave edilen örnek, 2KE: %2 Keçiboynuzu ekstsraktı ilave edilen örnek, 1KAÇY: %1 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KAÇY: %2 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 1KUÇY: %1 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KUÇY: %2 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek.

^aAynı satırdaki küçük harfler Duncan testine göre pişirme sıcaklıklarına göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir (Duncan testi için pişirme sıcaklıkları, tavada ve fırında pişirme yöntemlerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir).

^AAynı sütundaki büyük harfler Duncan testine göre kullanılan ekstrakt ve yağlara göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir. (P<0,05).

nd:belirlenemedi



Şekil 4.16. Köftelerin PhIP miktarları (ng/g)

(T:Tavada pişirilen örnekler, F: Fırında pişirilen örnekler)

Genel olarak her iki pişirme yönteminde de, sıcaklıklardaki artışla beraber kullanılan ekstraktların ve yağların, örneklerdeki PhIP oluşumu üzerinde inhibe edici etkisinde de artış olduğu görülmektedir. Benzer şekilde yapılan bir çalışmada, iç sıcaklıkları 65°C, 70°C ve 80°C olan ızgara köftelere %1 karvakrol ilavesinin PhIP oluşumunu sırasıyla %40, %78 ve %51 oranında inhibe ettiği görülmüştür (Friedman et al., 2009).

Rounds ve arkadaşları (2012), dana köftelerine %1 (a/a)'lık konsantrasyonda esansiyel yağlar ve %5 (a/a) oranında bitkisel ekstraktlar ve baharatlar eklenerek 200°C'de ızgarada pişirilen örneklerde PhIP oluşumundaki azalma, bitkisel ekstraktlarda; %84,3 (zeytin), %82,1 (elma kabuğu), %86,0 (yeşil çay), %78,9 (üzüm çekirdeği), toz baharatlarda; %94,3 (soğan), %87,2 (paprika), %85,0 (sarımsak), %85,4 (kekik otu), %73,6 (zerdeçal), %51,7 (kimyon), esansiyel yağda; %52,1 (karanfil tomurcuğu yağı) oranında belirlenmiştir. Genel olarak bitkisel ekstraktların toz baharatlarla kıyaslandığında HCA oluşumunu daha yüksek oranda etkilediği belirtilmiştir.

Oz and Kaya (2011), karabiber ilavesinin 225°C'de kızartılan köftelerde PhIP oluşumunu %100 oranında inhibe edebileceğini belirlemişlerdir. Farklı oranlarda biberiye ekstraktı ilavesinin 190°C'de kızartılan köftelerde PhIP oluşumunu inhibe ettiği ve PhIP seviyelerinin 0,70-2,10 aralığında değiştiği belirlenmiştir (Tsen et al., 2006).

Gibis and Weiss (2012) tarafından yapılan çalışmada, köftelere %0,2, %0,4, %0,6 ve %0,8 oranında üzüm çekirdeği ilavesiyle PhIP oluşumu sırasıyla 0,2 ng/g, 0,2 ng/g, 0,03 ng/g ve 0,02 ng/g'dan daha düşük seviyelerde iken; %0,12, %0,4, %0,6, %1 ve %1,5 biberiye ekstraktı ilave edilen örneklerde sırasıyla 0,2 ng/g, 0,1 ng/g, 0,1 ng/g, 0,06 ng/g ve 0,02 ng/g olduğunu tespit etmişlerdir.

4.4.7. Köftelerin norharman miktarları

Örnek gruplarına ait norharman seviyeleri Tablo 4.9'da ve Şekil 4.17'de verilmiştir ve en yüksek ortalama norharman oluşumu 200°C'de tavada pişirilen kontrol grubunda görülmektedir. 150°C'de fırında pişirilen %1 ve %2 propolis ekstraktı içeren örneklerde ve 150°C'de fırında ve tavada pişirilen %2 keçiyoynuzu ekstraktı içeren örneklerde norharman oluşumunda %100 inhibisyon sağlanmıştır.

Kontrol grubuna ait örneklerin norharman içeriğinin diğer gruplardan anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Örneklerin en yüksek toplam norharman miktarları, 2KAÇY (0,87 ng/g), 1KUÇY (0,85 ng/g), 1KAÇY (0,79 ng/g), 2KUÇY (0,75 ng/g), 1KE (0,6 ng/g), 1PE (0,47 ng/g), 2PE (0,41 ng/g), 2KE (0,35 ng/g) olarak belirlenmiştir. Toplam norharman miktarının kontrol örneklerine göre inhibisyonları 2KE; %77, 2PE; %74, 1PE; %70, 1KE; %62, 2KUÇY; %52, 1KAÇY; %50, 1KUÇY; %46, 2KAÇY; %45 oranında tespit edilmiştir. Tavada pişirilen örnekler arasında sıcaklığa bağlı olarak norharman içeriğinde istatistiksel olarak bir fark bulunmazken ($P<0,05$), fırında 150°C sıcaklıkta pişirilen örneklerin norharman içeriğinin diğer gruplardan anlamlı düzeyde farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ancak, hem tavada hem de fırında pişirme yöntemlerinde en yüksek norharman seviyeleri genellikle 200°C’de pişirilen örneklerde tespit edilmiştir.

Tablo 4.9. Köftelerin norharman miktarları (ng/g)

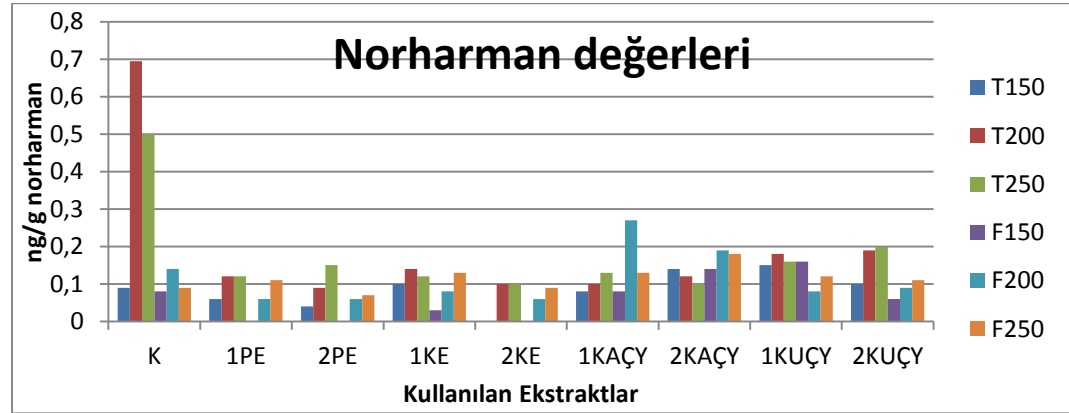
Örnek Grupları	Tava			Fırın		
	150°C	200°C	250°C	150°C	200°C	250°C
K	0,09 ±0,03 ^{aA}	0,69 ±0,04 ^{aA}	0,5 ±0,18 ^{aA}	0,08 ±0,04 ^{bA}	0,14±0,04 ^{aA}	0,09±0 ^{aA}
1PE	0,06±0 ^{aB}	0,12±0,05 ^{aB}	0,12±0,02 ^{aB}	nd	0,06±0 ^{aB}	0,11±0,03 ^{aB}
2PE	0,04±0 ^{aB}	0,09±0 ^{aB}	0,15±0 ^{aB}	nd	0,06±0 ^{aB}	0,07±0,02 ^{aB}
1KE	0,10±0,02 ^{aB}	0,14±0 ^{aB}	0,12±0 ^{aB}	0,03±0,04 ^{bB}	0,08±0 ^{aB}	0,13±0,04 ^{aB}
2KE	nd	0,10±0,04 ^{aB}	0,10±0,03 ^{aB}	nd	0,06±0 ^{aB}	0,09±0,01 ^{aB}
1KAÇY	0,08±0,02 ^{aB}	0,10±0,01 ^{aB}	0,13±0,01 ^{aB}	0,08±0 ^{bB}	0,27±0,06 ^{aB}	0,13±0,02 ^{aB}
2KAÇY	0,14±0,01 ^{aB}	0,12±0,06 ^{aB}	0,10±0,03 ^{aB}	0,14±0 ^{bB}	0,19±0,03 ^{aB}	0,18±0 ^{aB}
1KUÇY	0,15±0,08 ^{aB}	0,18±0,05 ^{aB}	0,16±0,04 ^{aB}	0,16±0 ^{bB}	0,08±0,02 ^{aB}	0,12±0 ^{aB}
2KUÇY	0,10±0 ^{aB}	0,19±0,02 ^{aB}	0,20±0,01 ^{aB}	0,06±0 ^{bB}	0,09±0 ^{aB}	0,11±0,01 ^{aB}

K: Kontrol, 1PE: %1 Propolis ektsraktı ilave edilen örnek, 2PE: %2 Propolis ektsraktı ilave edilen örnek, 1KE: %1 Keçiboynuzu ektsraktı ilave edilen örnek, 2KE: %2 Keçiboynuzu ektsraktı ilave edilen örnek, 1KAÇY: %1 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KAÇY: %2 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 1KUÇY: %1 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KUÇY: %2 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek.

^aAynı satırdaki küçük harfler Duncan testine göre pişirme sıcaklıklarına göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir (Duncan testi için pişirme sıcaklıkları, tavada ve fırında pişirme yöntemlerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir).

^AAynı sütundaki büyük harfler Duncan testine göre kullanılan ekstrakt ve yağlara göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir. (P<0,05).

nd:belirlenemedi



Şekil 4.17. Köftelerin norharman miktarları (ng/g)

(T:Tavada pişirilen örnekler, F: Fırında pişirilen örnekler)

Yapılan bir çalışmada, hibiskus ekstraktı ile marinasyonun kızartılmış köftelerde norharman üzerine inhibe edici etkisi olduğu belirlenmiştir. Farklı sürelerde pişirme işlemi sırasında (120-180 saniye), norharman miktarının 0,4–0,7 ng/g aralığındaki seviyelerde olduğu tespit edilmiştir (Gibis and Weiss, 2010).

Tengilimoglu-Metin e al. (2017), 250°C’de tavada pişirilen kontrol grubu dana eti örneklerinde norharman miktarının 0,39 ng/g iken, %0,5 alıç ekstraktı ilavesiyle 0,28 ng/g seviyelerine düşerken %1 oranında alıç ekstraktı ilavesinin norharman oluşumunu %100 inhibe ettiğini belirlemişlerdir. Benzer bir çalışmada enginar ekstraktı ilavesiyle dana eti örneklerinde norharman oluşumunun %4-9 aralığında inhibe edildiği görülmüştür (Tengilimoglu-Metin and Kizil, 2017).

4.4.8. Köftelerin harman miktarları

Köfte örneklerinin harman miktarları Tablo 4.10’da ve Şekil 4.18’de verilmektedir. Kontrol grubuna ait örneklerde genel olarak tavada pişirme yönteminin, fırında pişirme yöntemine göre daha yüksek miktarda harman oluşumuna sebep olduğu görülmektedir. Katkı eklenen örnek gruplarında ise en yüksek harman miktarı %2 kabak çekirdeği yağı içeren tavada pişirilen örneklerde 0,13 ng/g olarak belirlenirken, %2 propolis ekstraktı içeren ve %1 keçiyoynuzu ekstraktı içeren 150°C’de fırında pişirilen örneklerde ve %2 keçiyoynuzu ekstraktı içeren 150°C’de fırında pişirilen köfte örneklerinde %100 inhibisyon sağlanmıştır.

Kontrol örnekleri ve 2KE grubuna ait örneklerin harman içerikleri ile diğer örneklerin harman içerikleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($P<0,05$). Örneklerin en yüksek toplam harman miktarları, 1KUÇY (0,43 ng/g), 2KAÇY (0,41 ng/g), 1KE (0,29 ng/g), 2KUÇY (0,28 ng/g), 1PE (0,28 ng/g), 1KAÇY (0,27 ng/g), 2PE (0,16 ng/g), 2KE (0,15 ng/g) olarak belirlenmiştir. Toplam harman miktarının kontrol örneklerine göre inhibisyonları 2KE; %80, 2PE; %78, 1KAÇY; %64, 1PE; %63, 2KUÇY; %63, 1KE; %61, 2KAÇY; %46, 1KUÇY; %43 oranında tespit edilmiştir. Tavada 150°C ve 200°C’de pişirilen örneklerin harman içerikleri arasında anlamlı düzeyde fark belirlenmiştir ($P<0,05$). Fırında 150°C’de pişirilen örnekler ise diğer örneklere kıyasla anlamlı olarak düşük harman içeriğine sahiptir ($P<0,05$).

Tablo 4.10. Köftelerin harman miktarları (ng/g)

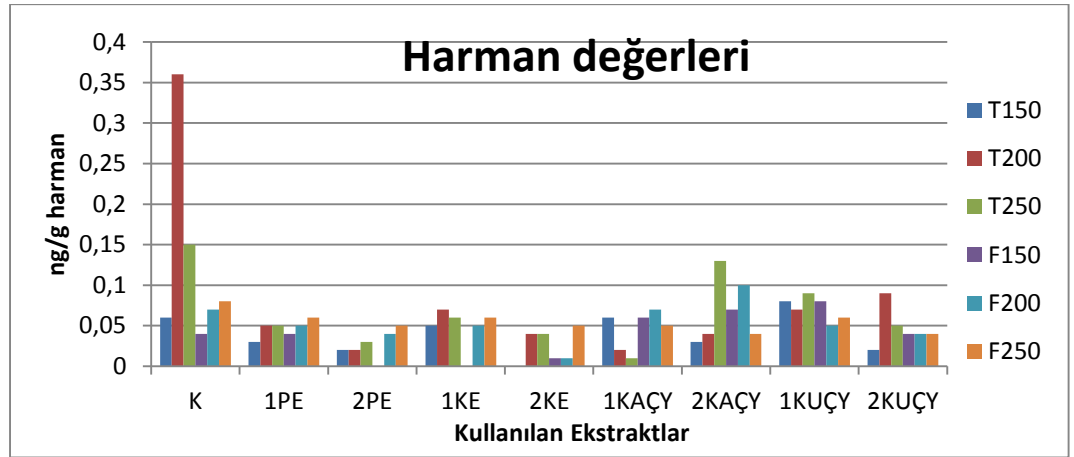
	Tava			Fırın		
Örnek Grupları	150°C	200°C	250°C	150°C	200°C	250°C
K	0,06 ±0 ^{bA}	0,36 ±0,08 ^{aA}	0,15 ±0,05 ^{abA}	0,04 ±0,01 ^{bA}	0,07±0 ^{aA}	0,08±0,01 ^{aA}
1PE	0,03±0 ^{bBC}	0,05±0,02 ^{aBC}	0,05±0,01 ^{abBC}	0,04±0 ^{bBC}	0,05±0,01 ^{aBC}	0,06±0 ^{aBC}
2PE	0,02±0 ^{bBC}	0,02±0 ^{aBC}	0,03±0 ^{abBC}	nd	0,04±0,02 ^{aBC}	0,05±0 ^{aBC}
1KE	0,05±0 ^{bBC}	0,07±0 ^{aBC}	0,06±0,01 ^{abBC}	nd	0,05±0,01 ^{aBC}	0,06±0 ^{aBC}
2KE	nd	0,04±0 ^{aC}	0,04±0 ^{abC}	0,01±0,02 ^{bC}	0,01±0 ^{aC}	0,05±0,01 ^{aC}
1KAÇY	0,06±0 ^{bBC}	0,02±0 ^{aBC}	0,01±0 ^{abBC}	0,06±0,02 ^{bBC}	0,07±0 ^{aBC}	0,05±0,02 ^{aBC}
2KAÇY	0,03±0 ^{bB}	0,04±0,01 ^{aB}	0,13±0,03 ^{abB}	0,07±0 ^{bB}	0,10±0,03 ^{aB}	0,04±0,01 ^{aB}
1KUÇY	0,08±0,01 ^{bB}	0,07±0,03 ^{aB}	0,09±0,02 ^{abB}	0,08±0 ^{bB}	0,05±0,01 ^{aB}	0,06±0,01 ^{aB}
2KUÇY	0,02±0 ^{bBC}	0,09±0 ^{aBC}	0,05±0 ^{abBC}	0,04±0 ^{bBC}	0,04±0 ^{aBC}	0,04±0 ^{aBC}

K: Kontrol, 1PE: %1 Propolis ektsraktı ilave edilen örnek, 2PE: %2 Propolis ektsraktı ilave edilen örnek, 1KE: %1 Keçiboynuzu ektsraktı ilave edilen örnek, 2KE: %2 Keçiboynuzu ektsraktı ilave edilen örnek, 1KAÇY: %1 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KAÇY: %2 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 1KUÇY: %1 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KUÇY: %2 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek.

^aAynı satırdaki küçük harfler Duncan testine göre pişirme sıcaklıklarına göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir (Duncan testi için pişirme sıcaklıkları, tavada ve fırında pişirme yöntemlerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir).

^AAynı sütundaki büyük harfler Duncan testine göre kullanılan ekstrakt ve yağlara göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir. ($P<0,05$).

nd: belirlenemedi



Şekil 4.18. Köftelerin harman miktarları (ng/g)

(T:Tavada pişirilen örnekler, F: Fırında pişirilen örnekler)

Jamali et al. (2016), *Rosa rugosa* çayı ekstraktı ilave edilerek 220°C'de pişirilen köfte örneklerinde ortalama harman miktarı kontrol grubunda 5,54 ng/g iken ekstrakt içeren örneklerde 3,79 ng/g olduğunu ve %31,59 oranında inhibisyon sağlandığını belirlemişlerdir.

Zeng et al. (2017) tarafından yapılan çalışmada, köftelere %0,5, %1 ve %1,5 karabiber ilavesiyle harman miktarları sırasıyla 0,63 ng/g, 0,70 ng/ ve 0,82 ng/g iken, %0,005, %0,01 ve %0,015 piperin ilavesiyle harman seviyeleri 0,50 ng/g, 0,52 ng/g ve 0,61 ng/g olarak tespit edilmiştir.

Gibis and Weiss (2012) tarafından yapılan çalışmada, kontrol, %0,2, %0,4, %0,6, %0,8 oranında üzüm çekirdeği ekstraktı ilave edilerek kızartılan köftelerde harman seviyeleri sırasıyla 0,9 ng/g, 1,1 ng/g, 1,5 ng/, 1,6 ng/g ve 1,7 ng/g iken; kontrol, %0,12, %0,4, %0,6, %1 ve %1,5 oranında biberiye ekstraktı ilave edilen örneklerde ise 0,6 ng/g, 0,9 ng/g, 0,9 ng/g, 0,5 ng/g, 0,6 ng/g ve 0,6 ng/g olarak belirlenmiştir.

Ahn and Grün (2005), tavada pişirilen köfte örneklerinde harman miktarını, kontrol grubu için 2,99 ng/g, %1 çam kabuğu ekstraktı (Pycnogenol) ilaveli örnek grubu için 2,02 ng/g, %1 biberiye ekstraktı (Herbalox) ilaveli örnek grubu için 1,34 ng/g ve %1 üzüm çekirdeği ekstraktı (ActiVin) ilaveli örnek grubu için 210,7 ng/g olarak belirlemiştir.

4.4.9. Köftelerin toplam HCA miktarları

Köfte örneklerinin toplam HCA miktarları Tablo 4.11’de ve Şekil 4.19’da ve örnekler için HPLC kromatogramları Ek 9-10’da verilmiştir. Analiz edilen tüm örnek grupları kıyaslandığında en yüksek toplam HCA miktarlarının kontrol gruplarında bulunduğu görülmektedir. Pişirme yöntemine de bağlı olarak genellikle sıcaklık artışıyla beraber toplam HCA miktarı artmaktadır. Katkı ilaveli örnekler arasında en yüksek toplam HCA miktarı (9,52 ng/g) %2 kuşburnu çekirdeği yağı ilaveli 200°C’de tavada pişirilen örneklerde görülürken, en düşük toplam HCA miktarı (0,97 ng/g) ise 150°C’de fırında pişirilen %2 keçiyoynuzu ekstraktı ilaveli örneklerde tespit edilmiştir. Tavada pişirilen köftelerin toplam HCA içeriği fırında pişirilenlere göre daha yüksek bulunmuştur.

Kontrol grubuna ait örneklerin toplam HCA içeriğinin diğer gruplardan anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Köfte örneklerinde toplam HCA oluşumunu propolis ekstraktı %27,36-82,88 aralığında, keçiyoynuzu ekstraktı %43,24-85,57 aralığında, kabak çekirdeği yağı %19,95-83,96 ve kuşburnu çekirdeği yağı %22,21-79,37 aralığında inhibe etmiştir. Toplam HCA oluşumu üzerinde en yüksek inhibe edici etkiyi keçiyoynuzu ekstraktı gösterirken en düşük inhibisyon kuşburnu çekirdeği yağında görülmüştür. Pişirme sıcaklıkları dikkate alındığında, fırında pişirme yönteminde her sıcaklık için toplam HCA içeriği anlamlı olarak farklı bulunmuştur ($P<0,05$). Tavada pişirilen örneklerde ise 150°C’de pişirilen grupların toplam HCA içerikleri ile diğer grupların toplam HCA içerikleri arasındaki farkın anlamlı düzeyde olduğu ve düşük olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Genel olarak tüm örnek grupları kıyaslandığında, tavada pişirilen örneklerin toplam HCA içeriğinin fırında pişirilen örneklerle göre yüksek olduğu görülmektedir. Aynı zamanda hem tavada hem de fırında pişirilen örneklerde genellikle, pişirme sıcaklığındaki artışın örneklerin toplam HCA içeriklerinde artışa sebep olduğu söylenebilmektedir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz verilere benzer olarak, Oz and Kaya (2011b), 175 °C, 200 °C ve 225 °C’de pişirilen fazla yağlı (%30) köfte örneklerine karabiber ilavesiyle toplam HCA oluşumunun %33, %12 ve %100 oranında inhibe edildiğini belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada, üzüm çekirdeği ekstraktı ve elma ekstraktının köfte örneklerinde toplam HCA oluşumunu kontrol grubuna göre %70 oranında inhibe edebildiği tespit edilmiştir (Cheng et al., 2007).

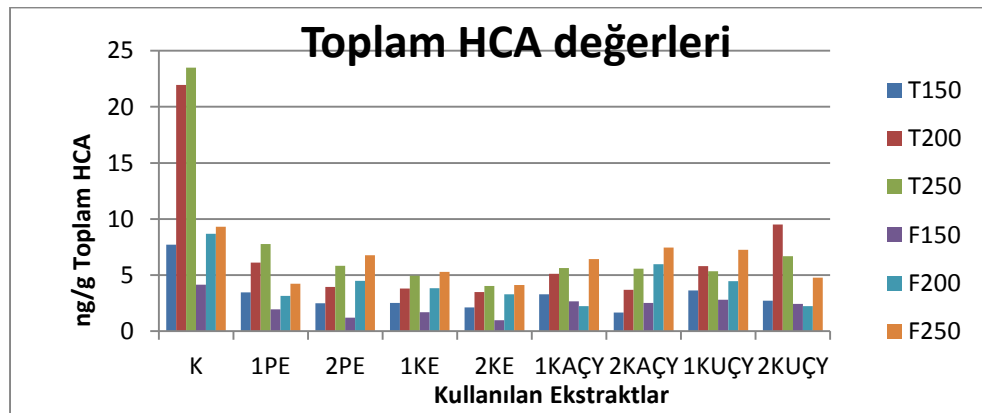
Tablo 4.11. Köftelerin toplam HCA miktarları (ng/g)

	Tava			Fırın		
Örnek Grupları	150°C	200°C	250°C	150°C	200°C	250°C
K	7,72 ±2,21 ^{bA}	21,95 ±1,01 ^{aA}	23,5±0,25 ^{aA}	4,14 ±0,97 ^{cA}	8,67±0,03 ^{bA}	9,32±1,65 ^{aA}
1PE	3,46±0,14 ^{bB}	6,11±0,16 ^{aB}	7,77±0,77 ^{aB}	1,96±0,26 ^c B	3,15±0,38 ^{bB}	4,23±0,28 ^{aB}
2PE	2,50±0,16 ^{bB}	3,95±0,21 ^{aB}	5,83±0,20 ^{aB}	1,21±0 ^{cB}	4,49±0,39 ^{bB}	6,77±0,08 ^{aB}
1KE	2,51±0 ^{bB}	3,81±0,18 ^{aB}	4,94±0,04 ^{aB}	1,70±0,07 ^c B	3,84±0,21 ^{bB}	5,29±0,37 ^{aB}
2KE	2,11±0,03 ^{bB}	3,48±0,64 ^{aB}	4,04±0,11 ^{aB}	0,97±0,20 ^c B	3,29±0,49 ^{bB}	4,12±0,23 ^{aB}
1KAÇY	3,30±1,13 ^{bB}	5,11±2,14 ^{aB}	5,64±1,81 ^{aB}	2,66±0,11 ^c B	2,24±0,15 ^{bB}	6,42±2,42 ^{aB}
2KAÇY	1,67±0,80 ^{bB}	3,70±1,39 ^{aB}	5,58±0,01 ^{aB}	2,53±0,41 ^c B	5,98±0,15 ^{bB}	7,46±1,06 ^{aB}
1KUÇY	3,64±1,02 ^{bB}	5,81±2,01 ^{aB}	5,35±2,35 ^{aB}	2,80±1,12 ^c B	4,45±1,41 ^{bB}	7,25±1,81 ^{aB}
2KUÇY	2,72±1,67 ^{bB}	9,52±0,06 ^{aB}	6,70±0,93 ^{aB}	2,43±1,01 ^c B	2,23±1,62 ^{bB}	4,78±1,61 ^{aB}

K: Kontrol, 1PE: %1 Propolis ekstrektü ilave edilen örnek, 2PE: %2 Propolis ekstrektü ilave edilen örnek, 1KE: %1 Keçiboynuzu ekstrektü ilave edilen örnek, 2KE: %2 Keçiboynuzu ekstrektü ilave edilen örnek, 1KAÇY: %1 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KAÇY: %2 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 1KUÇY: %1 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KUÇY: %2 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek.

^aAynı satırdaki küçük harfler Duncan testine göre pişirme sıcaklıklarına göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir (Duncan testi için pişirme sıcaklıkları, tavada ve fırında pişirme yöntemlerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir).

^AAynı sütundaki büyük harfler Duncan testine göre kullanılan ekstrekt ve yağlara göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir. (P<0,05).



Şekil 4.19. Köftelerin toplam HCA miktarları (ng/g)

(T:Tavada pişirilen örnekler, F: Fırında pişirilen örnekler)

4.5. TBARS Analizi

Tablo 4.12’de köfte örneklerine ait TBARS değerleri (mg malonaldehit/kg) verilmiştir. Örnekler arasında en düşük ve en yüksek TBARS değerleri sırasıyla, 150°C’de tavada pişirilen %1 keçiyoynuzu ekstraktı ilaveli ve 150°C’de fırında pişirilen %2 kuşburnu çekirdeği yağı ilaveli örnek gruplarında belirlenmiştir.

Tablo 4.12. Köfte örneklerine ait TBARS değerleri (mg malonaldehit/kg)

	Tava			Fırın		
Örnek Grupları	150°C	200°C	250°C	150°C	200°C	250°C
K	0,68±0,0 _{1^{bCD}}	0,72±0,05 ^{bC} _D	1,41±0,06 ^{aC} _D	0,57±0,01 ^{bC} _D	0,72±0,06 ^{abC} _D	0,81±0,02 ^{aC} _D
1PE	0,49±0 ^{bE}	0,70±0,01 ^{bE}	0,59±0,04 ^{aE}	0,39±0 ^{bE}	0,59±0 ^{abE}	0,69±0,02 ^{aE}
2PE	0,43±0 ^{bE}	0,44±0,01 ^{bE}	0,99±0,03 ^{aE}	0,56±0,02 ^{bE}	0,55±0,01 ^{abE}	0,84±0 ^{aE}
1KE	0,35±0,0 _{3^{bCD}}	0,61±0 ^{bCD}	1,26±0,03 ^{aC} _D	0,41±0,01 ^{bC} _D	0,95±0,03 ^{abC} _D	1,47±0,02 ^{aC} _D
2KE	0,65±0,0 _{7^{bDE}}	0,69±0,07 ^{bD} _E	0,99±0,02 ^{aD} _E	0,39±0 ^{bDE}	0,67±0,01 ^{abD} _E	0,79±0,01 ^{aD} _E
1KAÇY	0,73±0 ^{bBC}	0,99±0,03 ^{bB} _C	1,30±0,08 ^{aB} _C	1,01±0,01 ^{bB} _C	0,79±0 ^{abBC}	0,74±0,01 ^{aB} _C
2KAÇY	0,69±0,0 _{2^{bB}}	1,08±0,03 ^{bB}	1,29±0,01 ^{aB}	0,88±0,01 ^{bB}	1,12±0,03 ^{abB}	1,17±0,06 ^{aB}
1KUÇY	0,60±0 ^{bDE}	0,71±0,02 ^{bD} _E	0,75±0,01 ^{aD} _E	0,61±0,03 ^{bD} _E	0,86±0,02 ^{abD} _E	0,86±0,06 ^{aD} _E
2KUÇY	1,39±0,0 _{7^{bA}}	1,44±0,12 ^{bA}	1,17±0,06 ^{aA}	1,49±0,01 ^{bA}	1,10±0,03 ^{abA}	1,18±0,01 ^{aA}

K: Kontrol, 1PE: %1 Propolis ekstsaktı ilave edilen örnek, 2PE: %2 Propolis ekstsaktı ilave edilen örnek, 1KE: %1 Keçiyoynuzu ekstsaktı ilave edilen örnek, 2KE: %2 Keçiyoynuzu ekstsaktı ilave edilen örnek, 1KAÇY: %1 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KAÇY: %2 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 1KUÇY: %1 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KUÇY: %2 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek.

^aAynı satırdaki küçük harfler Duncan testine göre pişirme sıcaklıklarına göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir (Duncan testi için pişirme sıcaklıkları, tavada ve fırında pişirme yöntemlerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir).

^AAynı sütundaki büyük harfler Duncan testine göre kullanılan ekstrakt ve yağlara göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir. (P<0,05).

Tavada 250°C’de pişirilen örnek gruplarının TBARS değerlerinin, diğer pişirme sıcaklıklarına göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir (P<0,05). Fırında 150°C’de ve 250°C’de pişirilen grupların TBARS değerleri arasındaki

farkın anlamlı olduğu ve genel olarak fırında pişirilen örneklerde, sıcaklık artışıyla beraber TBARS değęerlerinin de artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Kontrol grubuyla kıyaslandığında, 1PE ve 2PE örnek gruplarının TBARS değęerlerinin anlamlı düzeyde düşük olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Aynı zamanda yine kontrol grubuna göre, 2KAÇY ve 2KUÇY gruplarının TBARS değęerlerinin anlamlı düzeyde yüksek olduğu görülmüştür ($P<0,05$) ve bu durumun örneklerle ilave edilen yağların, analizin yapıldığı güne kadar depolandığı süre boyunca (yaklaşık 6 ay) lipid oksidasyonunu pozitif yönde etkilemesi sonucunda bu örnek gruplarında TBARS değęerinde artışa sebep olmasından kaynaklanabileceğı düşünölmektedir.

Benzer bir çalışmada, Ahn and Grün (2002) elde ettiğimiz verilerle uyumlu olarak, fırında pişirilerek depolanan kontrol grubu ve %0,02 üzüm çekirdeğı ekstraktı (ActiVin), çam kabuğı ekstsraktı (Pycnogenol) ve biberiye ekstraktı ilaveli köftelerin TBARS değęerlerini depolamanın 0. gününde sırasıyla 2,41 mg malonaldehit/kg, 1,31 mg malonaldehit/kg ve 1,57 mg malonaldehit/kg olarak belirlemiştir. Aynı zamanda depolama süresi boyunca (0-3 gün) kontrol gruplarının TBARS değęerlerinin, ekstrakt içeren tüm gruplara kıyasla daha yüksek olduğu ve kontrol grubuna kıyasla %25-77 aralığında azalma görüldüğü saptanmıştır.

Fernandez-Lopez et al. (2005), biberiye ekstraktları, sarımsak ekstraktı, limon lifi ve portakal lifi içeren tüm pişirilmiş köfte örneklerine ait TBARS değęerlerinin depolama süresi boyunca (0-12 gün), kontrol grubundan daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada, çiğ köfte örnekleri arasında en düşük TBARS değęeri, %1 oranına nar kabuğı ekstraktı içeren örneklerde görülmüştür. Örnekler arasındaki en yüksek TBARS değęeri kontrol grubunda 0,58 mg malonaldehit/kg olarak belirlenmiştir (Turgut et al., 2016).

Nishad et al. (2018), TBARS değęerlerinin ekstrakt içermeyen köfte örneklerinde 0,902 mg malonaldehit/kg iken, %1 muskat ekstraktı içeren örneklerde 0,532 mg malonaldehit/kg ve turunçgil kabuğı ekstraktı içeren örneklerde 0,580 mg malonaldehit/kg olduğunu tespit etmiştir.

4.6. Çözünür Protein Analizi

Tablo 4.13’de köfte örneklerine ait çözünür protein (mg/100g) içerikleri verilmiştir. Tüm örnekler arasında en düşük ve en yüksek çözünür protein değerleri sırasıyla, 250°C’de tavada pişirilen %1 kuşburnu çekirdeği yağı ilaveli ve 150°C’de fırında pişirilen %1 keçiboynuzu ekstraktı ilaveli örnek gruplarında belirlenmiştir.

Tablo 4.13. Köfte örneklerinin çözünür protein değerleri (mg/100 g)

	Tava			Fırın		
Örnek Grupları	150°C	200°C	250°C	150°C	200°C	250°C
K	16,36±0,3 _{5aAB}	4,97±0,18 ^b _{AB}	3,84±0,03 ^b _{AB}	17,90±0,45 ^a _{AB}	6,07±0,12 ^b _{AB}	4,13±0,04 ^b _{AB}
1PE	14,25±0,4 _{2aAB}	5,49±0,26 ^b _{AB}	3,74±0,16 ^b _{AB}	19,91±0,2 ^{aA} _B	4,57±0,09 ^b _{AB}	4,51±0,46 ^b _{AB}
2PE	11,62±0,3 _{6aAB}	4,72±0,06 ^b _{AB}	3,89±0,13 ^b _{AB}	20,02±0,50 ^a _{AB}	6,13±0,03 ^b _{AB}	4,57±0,53 ^b _{AB}
1KE	17,04±1,0 _{7aA}	6,52±0,39 ^b _A	4,81±0,1 ^{bA}	21,04±0,59 ^a _A	5,35±0,02 ^b _A	4,83±0,27 ^b _A
2KE	15,8±0,99 _{aA}	5,73±0,25 ^b _A	5,00±0,32 ^b _A	20,41±0,52 ^a _A	6,27±0,13 ^b _A	4,39±0,32 ^b _A
1KAÇY	9,83±0,48 _{aAB}	5,51±0,29 ^b _{AB}	4,07±0,3 ^{bAB}	19,91±0,34 ^a _{AB}	4,78±0,32 ^b _{AB}	8,58±0,12 ^b _{AB}
2KAÇY	8,01±0,28 _{aAB}	5,41±0,18 ^b _{AB}	4,65±0,34 ^b _{AB}	14,72±0,34 ^a _{AB}	4,62±0,21 ^b _{AB}	4,23±0,12 ^b _{AB}
1KUÇY	8,82±0,41 _{aB}	3,55±0,72 ^{bB}	3,38±0,44 ^b	7,39±0,32 ^{aB}	4,12±0,11 ^{bB}	4,25±0,39 ^{bB}
2KUÇY	6,79±0,47 _{aAB}	3,73±0,14 ^b _{AB}	4,72±0,24 ^b _{AB}	10,28±0,55 ^a _{AB}	5,01±0,22 ^b _{AB}	4,78±0,92 ^b _{AB}

K: Kontrol, 1PE: %1 Propolis ekstraktı ilave edilen örnek, 2PE: %2 Propolis ekstraktı ilave edilen örnek, 1KE: %1 Keçiboynuzu ekstraktı ilave edilen örnek, 2KE: %2 Keçiboynuzu ekstraktı ilave edilen örnek, 1KAÇY: %1 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KAÇY: %2 Kabak çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 1KUÇY: %1 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek, 2KUÇY: %2 Kuşburnu çekirdeği yağı ilave edilen örnek.

^aAynı satırdaki küçük harfler Duncan testine göre pişirme sıcaklıklarına göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir (Duncan testi için pişirme sıcaklıkları, tavada ve fırında pişirme yöntemlerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir).

^AAynı sütundaki büyük harfler Duncan testine göre kullanılan ekstrakt ve yağlara göre örnek grupları arasındaki farklılıkları göstermektedir. (P<0,05).

Örneklerin çözünür protein içerikleri değerlendirildiğinde, 1KE ve 2KE gruplarına ait örneklerin çözünür protein içeriğinin 1KUCY grubuna göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir (P<0,05). Aynı zamanda, ekstrakt ve yağ ilave edilen örneklerin kontrol grubu örneklerle arasındaki farkın anlamlı olmadığı

görülmektedir ($P>0,05$). Ekstrakt ve yağ içeren köfte örneklerinin, kontrol grubuna ait örneklerle göre protein içeriğinin nispeten düşük olduğu göz önünde bulundurulduğunda, kontrol grubu örneklerin çözünür protein içeriğinin daha yüksek olması beklenmektedir. Ancak HCA'ların oluşumunda protein yapısındaki bileşiklerin rol alması sebebiyle kontrol grubunun çözünür protein içeriğinin diğer örneklerle kıyasla anlamlı düzeyde bir farka sahip olmadığı düşünülmektedir.

Her iki pişirme yönteminde de 150°C 'de pişirilen örneklerin çözünür protein içeriğinin diğer sıcaklıklarda pişirilen örneklerle göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Bu durumun, örneklerle uygulanan sıcaklığın yükselmesiyle beraber protein denatürasyonundaki artışa bağlı olarak örneklerin çözünür protein içeriğinde azalmaya sebep olmasından kaynaklanmış olabileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca 200°C ve 250°C 'de pişirilen örneklerin toplam HCA içeriğinin 150°C 'de pişirilen örneklerden daha yüksek olmasından dolayı, çözünür protein içeriğindeki bu azalmanın sıcaklığın da etkisiyle HCA bileşiklerinin oluşumunda rol almasından kaynaklanabileceği düşünülebilir.

Canlı (2012), çözünür protein miktarını et köftelerinde 1,28-7,94 pmm aralığında (ortalama 3,37 ppm), tavuk köftelerinde 2,95-4,95 ppm aralığında (ortalama 4,16 ppm), et döner örneklerinde 2,85-8,33 aralığında (ortalama 4,30 ppm) ve tavuk döner örneklerinde 3,37-4,36 pmm aralığında (ortalama 3,94 ppm) olarak belirlemiştir.

Acar (2016), yaptığı bir çalışmada sucuk örneklerinde çözünür protein içeriğini az pişmiş örnek gruplarında 19,00-57,60 mg/100 g aralığında, orta pişmiş örnek gruplarında 23,90-41,80 mg/100 g aralığında ve çok pişmiş örnek gruplarında 24,40-53,20 mg/100 g aralığında bulmuştur.

Tuell et al. (2020), çiğ tavuk köftesi örneklerinin toplam çözünür protein içeriğinin 167,5-189,1 mg/g aralığında olduğunu belirlemiştir. Choi et al. (2010), düşük, orta ve yüksek protein içeriğine sahip domuz etlerinde toplam çözünür protein içeriğinin sırasıyla 142,22 mg/g, 184,43 mg/g ve 204,92 mg/g olduğunu tespit etmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, ülkemizde yaygın olarak tüketilen et ürünlerinin başında gelen köftenin doğal antioksidan özelliğe sahip katkılarla zenginleştirilmesiyle HCA oluşumuna etkisi, farklı pişirme yöntemleri ve pişirme sıcaklıkları kullanılarak incelenmiştir. Bu sayede köfte örneklerinde IQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, norharman ve harman bileşiklerinin oluşumunun önemli düzeyde azaltılabileceği belirlenmiştir. Aynı zamanda pişirilmemiş örnek gruplarında nem analizi, yağ analizi, protein analizi, kül analizi, pH analizi ve pişirilmiş örnek gruplarında toplam fenolik madde miktarı analizi, antioksidan aktivite analizi, TBARS analizi ve çözünür protein analizi uygulanarak sonuçları değerlendirilmiştir.

Köftelerin nem, yağ, kül ve protein içerikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Propolis ekstraktı ve keçiyoynuzu ekstraktı ilave edilen örneklerin pH değerlerinin kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde düşük olduğu ($P<0,05$) ve örnekler arasında en düşük pH değerinin %2 propolis ekstraktı içeren gruplarda görüldüğü belirlenmiştir.

Toplam fenolik madde miktarı değerleri propolis ekstraktı için 7833,33 μg GAE/g, keçiyoynuzu ekstraktı için 9683,33 μg GAE/g, kabak çekirdeği yağı için 4164,28 μg GAE/g ve kuşburnu çekirdeği yağı için 4366,66 μg GAE/g olarak belirlenmiştir. Örnekler arasında en düşük toplam fenolik madde miktarı 200°C'de tavada pişirilen %2 kabak çekirdeği yağı ilave edilen gruplarda görülürken, en yüksek toplam fenolik madde miktarı 250°C'de tavada pişirilen %2 propolis ilaveli gruplarda belirlenmiştir.

Antioksidan aktivite değerleri propolis ekstraktı için %27,93, keçiyoynuzu ekstraktı için %32,02, kabak çekirdeği yağı için %24,62 ve kuşburnu çekirdeği yağı için %22,76 olarak belirlenmiştir. Köfte örnekleri arasında en yüksek antioksidan aktivite değeri 200°C'de tavada pişirilen %2 keçiyoynuzu ekstraktı ilaveli gruplarda belirlenirken, en düşük antioksidan aktivite değerinin ise 250°C'de fırında pişirilen %1 propolis ekstraktı ilaveli gruplarda bulunduğu tespit edilmiştir.

Kontrol gruplarının IQ, MeIQx ve 4,8-DiMeIQx içerikleri diğer örneklerden anlamlı düzeyde yüksektir ($P<0,05$). Toplam IQ miktarının kontrol örneklerine göre inhibisyonları 2KE; %68, 1KAÇY; %64, 1KE; %59, 1PE; %55, 2KAÇY; %55, 2PE; %51, 1KUÇY; %47, 2KUÇY; %41 oranında tespit edilmiştir.

Toplam MeIQx miktarının kontrol örneklerine göre inhibisyonları 2KAÇY; %65, 2KE; %60, 1KE; %57, 1KAÇY; %56, 2PE; %53, 1KUÇY; %47, 1PE; %46, 2KUÇY; %43 oranında tespit edilmiştir. Köfte örneklerinde ilave edilen ekstrakt ve yağların konsantrasyonlarındaki artışla beraber MeIQx oluşumunun azaldığı görülmektedir. Ekstrakt ve yağ ilave edilen gruplar arasında en düşük ve en yüksek MeIQx miktarı, %2 propolis ekstraktı ilaveli 150°C’de fırında pişirilen ve %2 kuşburnu çekirdeği yağı ilaveli 200°C’de tavada pişirilen örneklerde görülmüştür ve kontrol grubuna göre inhibisyon oranları sırasıyla %66 ve %38 olarak belirlenmiştir.

Toplam 4,8-DiMeIQx miktarının kontrol örneklerine göre inhibisyonları 2KE; %84, 1KE; %80, 2KUÇY; %77, 2PE; %76, 1PE; %73, 1KUÇY; %71, 1KAÇY; %70, 2KAÇY; %68 oranında tespit edilmiştir.

Köfte örnekleri arasında 2KE grubunun PhIP içeriği, diğer örnek gruplarına kıyasla anlamlı olarak düşüktür ($P<0,05$) ve %2 keçiyoynuzu ilavesinin PhIP oluşumunu %100 inhibe edebileceği belirlenmiştir. Katkı ilaveli köfteler kontrol örnekleriyle kıyaslandığında, PhIP bileşiği üzerindeki en yüksek inhibisyonun %79 oranında keçiyoynuzu ekstraktı, %63 oranında propolis ekstraktı, %50 oranında kuşburnu çekirdeği yağı ve %47 oranında kabak çekirdeği yağı ile sağlandığı görülmüştür.

150°C’de fırında pişirilen %1 ve %2 propolis ekstraktı içeren örneklerde ve 150°C’de fırında ve tavada pişirilen %2 keçiyoynuzu ekstraktı içeren örneklerde norharman oluşumunda %100 inhibisyon sağlanmıştır. Kontrol grubu örnekleri ve 2KE grubuna ait örneklerin harman içerikleri ile diğer örneklerin harman içerikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ($P<0,05$).

Köfte örneklerinin HCA içerikleri değerlendirildiğinde, en fazla miktarda oluşan 4,8-DiMeIQx bileşiği iken, en düşük miktarda oluşan HCA’nın ise harman olduğu tespit edilmiştir. Köfte örneklerinde en yüksek toplam HCA oluşumu 250°C’de pişirilen kontrol grubuna ait örneklerde (26,94 ng/g) görülürken, en düşük olarak ise %2 keçiyoynuzu ilaveli 150°C’de fırında pişirilen örneklerde (0,97 ng/g) belirlenmiştir.

Genel olarak, tavada pişirilen köftelerin toplam HCA içeriği fırında pişirilenlere göre daha yüksek bulunmuştur. Pişirme koşullarına göre en düşük HCA oluşumu 150°C’de fırında pişirilen örneklerde görülmüştür. Toplam HCA

oluşumu üzerinde en yüksek inhibe edici etkiyi keçiyoynuzu ekstraktı gösterirken en düşük inhibisyon kuşburnu çekirdeği yağında görülmüştür. Genel olarak ekstrakt ve yağ oranı arttıkça toplam HCA oluşumunun azaldığı görülmektedir.

Kontrol örnekleriyle kıyaslandığında en yüksek inhibisyonun IQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, bileşikleri için sırasıyla, 2KE (%68), 2KAÇY (%72), 2KE (%84) ve PhIP, norharman ve harman bileşikleri için sırasıyla, 2KE (%92), 2KE (%87) ve 2KE (%80) olarak belirlenmiştir. Her iki pişirme yönteminde de genel olarak, uygulanan pişirme sıcaklıkları arttıkça her bir HCA oluşumunun ve sonuç olarak toplam HCA miktarının arttığı açıkça görülmektedir.

Tavada 250°C’de pişirilen örnek gruplarının TBARS değerlerinin, diğer pişirme sıcaklıklarına göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Fırında 150°C’de pişirilen örneklerin TBARS değerlerinin, 250°C’de pişirilen örneklerle göre anlamlı düzeyde düşük olduğu ($P<0,05$) ve genel olarak fırında pişirilen örneklerde, sıcaklık artışıyla beraber TBARS değerlerinin de artış gösterdiği görülmüştür.

Tüm örnekler arasında en düşük ve en yüksek çözünür protein değerleri sırasıyla, 250°C’de tavada pişirilen %1 kuşburnu çekirdeği yağı ilaveli ve 150°C’de fırında pişirilen %1 keçiyoynuzu ekstraktı ilaveli örnek gruplarında belirlenmiştir.

Tez çalışmamızda elde ettiğimiz verilere dayanarak ve tüketim tercihinine bağlı olarak, HCA bileşiklerinin oluşumunu önleme açısından en iyi sonuçları veren 150°C’de pişirilen keçiyoynuzu ekstraktı ilave edilen köftelerin tüketilmesi önerilmektedir. Et ve et ürünlerinde HCA oluşumunu mümkün oldukça azaltmak amacıyla aşağıdaki önerilerin de göz önünde bulundurulması tavsiye edilmektedir.

Etlere yüksek sıcaklıklarda ($\geq 200^{\circ}\text{C}$) ve uzun süreli pişirme işlemleri uygulamak yerine düşük sıcaklıklarda ($<200^{\circ}\text{C}$) ve kısa süreli işlemler tercih edilmiştir. Tabiki bu pişirme koşulları belirlenirken etlerin mikrobiyolojik olarak güvenli olması gerekliliği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Etlere direkt olarak sıcak yüzeyle veya ateşle temas ettiği yoğun pişirme işlemleri tercih edilmemeli ve haşlama, fırında pişirme, sous-vide yöntemi gibi yöntemler uygulanmalıdır.

Et ve et ürünlerini hazırlama aşamasında mümkün oldukça fenolik madde açısından zengin çeşitli ekstraktlar ilave edilmeli veya bu bileşenlerle marinasyon tercih edilmelidir.

Günlük et tüketimine dikkat edilmeli, HCA maruziyet sınırının altında kalabilmek açısından fazla et tüketiminden kaçınılmalıdır.

Tercihlere bağlı olarak az ve orta pişmiş etler tercih edilmelidir ve mümkün oldukça çok pişmiş et ve et ürünlerinden uzak durulmalıdır.

Bu konuyla ilgili bundan sonra yapılacak çalışmalarda, fenolik maddelerce zengin farklı ekstraktların et ve et ürünlerinde alternatif yöntemlerle pişirme sırasında HCA oluşumuna etkilerinin araştırılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Aaslyng, M. D., Duedahl-Olesen, L., Jensen, K., and Meinert, L.,** 2013, Content of heterocyclic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in pork, beef and chicken barbecued at home by Danish consumers, *Meat Science*, 93(1), 85-91pp.
- Abdulkarim, B. G. and Smith, J. S.,** 1998, Heterocyclic amines in fresh and processed meat products, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(11), 4680-4687pp.
- Abu-Mellal, A., Koolaji, N., Duke, R. K., Tran, V. H. and Duke, C. C.,** 2012, Prenylated cinnamate and stilbenes from Kangaroo Island propolis and their antioxidant activity, *Phytochemistry*, 77, 251-259pp.
- Acar, B.,** 2016, Farklı Pişirme Koşullarının Sucukta Heterosiklik Amin (HCA) Oluşumu Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 40s.
- 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), 263-268pp.
- Ahn, J., Grün, I. U. and Fernando, L. N.,** 2002, Antioxidant properties of natural plant extracts containing polyphenolic compounds in cooked ground beef, *Journal of Food Science*, 67(4), 1364-1369pp.
- 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), 52-108pp.
- Alaejos, M. S., Ayala, J. H., González, V. and Afonso, A. M.,** 2008, Analytical methods applied to the determination of heterocyclic aromatic amines in foods, *Journal of Chromatography B*, 862(1-2), 15-42pp.
- Andjelkovic, M., Van Camp, J., Trawka, A. and Verhé, R.,** 2010, Phenolic compounds and some quality parameters of pumpkin seed oil, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(2), 208-217pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- AOAC**, 2000, Official Methods Of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17th edition, AOAC International, Maryland, USA.
- Ariviani, S., Kusumawati, M. and Atmaka, W.**, 2019, Chitosan-garlic essential oil incorporation on beef meatball edible coatings as antioxidant-based functional food, *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 633, 012032.
- Arvidsson, P., Van Boekel, M. A. J. S., Skog, K., Solyakov, A. and Jägerstad, M.**, 1999, Formation of heterocyclic amines in a meat juice model system, *Journal of Food Science*, 64(2), 216-221pp.
- Balogh, Z., Gray, J. I., Gomaa, E. A. and Booren, A. M.**, 2000, Formation and inhibition of heterocyclic aromatic amines in fried ground beef patties, *Food and Chemical Toxicology*, 38(5), 395-401pp.
- Banskota, A. H., Tezuka, Y. and Kadota, S.**, 2001, Recent progress in pharmacological research of propolis, *Phytotherapy Research*, 15(7), 561-571pp.
- Barcelo-Barrachina, E., Moyano, E., Galceran, M. T., Lliberia, J. L., Bagó, B. and Cortes, M. A.**, 2006, Ultra-performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry for the analysis of heterocyclic amines in food, *Journal of Chromatography A*, 1125(2), 195-203pp.
- Barzegar, F., Kamankesh, M. and Mohammadi, A.**, 2019, Heterocyclic aromatic amines in cooked food: A review on formation, health risk-toxicology and their analytical techniques, *Food Chemistry*, 280, 240-254pp.
- Bastida, S., Sánchez-Muniz, F. J., Olivero, R., Pérez-Olleros, L., Ruiz-Roso, B. and Jiménez-Colmenero, F.**, 2009, Antioxidant activity of Carob fruit extracts in cooked pork meat systems during chilled and frozen storage, *Food Chemistry*, 116(3), 748-754pp.
- Battle, I. and Tous, J.**, 1997, Carob tree: *Ceratonia siliqua L.*-Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops, 5-17pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Boback, S. M., Cox, C. L., Ott, B. D., Carmody, R., Wrangham, R. W. and Secor, S. M.,** 2007, Cooking and grinding reduces the cost of meat digestion, *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 148(3), 651-656pp.
- Borgen, E., Solyakov, A. and Skog, K.,** 2001, Effects of precursor composition and water on the formation of heterocyclic amines in meat model systems, *Food Chemistry*, 74(1), 11-19pp.
- Bradford, M. M.,** 1976, A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Analytical Biochemistry*, 72(1-2), 248-254pp.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. and Berset, C.,** 1995, Use of free radical method to evaluate antioxidant activity, *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 28:25-30pp.
- 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), 4891-4897pp.
- Brittebo, E. B., Karlsson, A. Å., Skog, K. I. and Jägerstad, I. M.,** 1994, Transfer of the food mutagen PhIP to fetuses and newborn mice following maternal exposure, *Food and Chemical Toxicology*, 32(8), 717-726pp.
- Buła, M., Przybylski, W., Jaworska, D. and Kajak-Siemaszko, K.,** 2019, Formation of heterocyclic aromatic amines in relation to pork quality and heat treatment parameters, *Food Chemistry*, 276, 511-519pp.
- Busquets, R., Frandsen, H., Jönsson, J. Å., Puignou, L., Galceran, M. T. and Skog, K.,** 2013, Biomonitoring of dietary heterocyclic amines and metabolites in urine by liquid phase microextraction: 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo [4, 5-b] pyridine (PhIP), a possible biomarker of exposure to dietary PhIP, *Chemical Research in Toxicology*, 26(2), 233-240pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Busquets, R., Puignou, L., Galceran, M. T. and Skog, K.**, 2006, Effect of red wine marinades on the formation of heterocyclic amines in fried chicken breast, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(21), 8376-8384pp.
- Canales, R., Guíñez, M., Bazán, C., Reta, M. and Cerutti, S.**, 2017, Determining heterocyclic aromatic amines in aqueous samples: A novel dispersive liquid-liquid micro-extraction method based on solidification of floating organic drop and ultrasound assisted back extraction followed by UPLC-MS/MS, *Talanta*, 174, 548-555pp.
- Canlı, E.**, 2012, Yüksek Sıcaklıkta Pişirilmiş Bazı Geleneksel Gıdaların Heterosiklik Aromatik Amin İçeriklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 73s.
- Cárdenes, L., Ayala, J. H., Afonso, A. M. and González, V.**, 2004, Solid-phase microextraction coupled with high-performance liquid chromatography for the analysis of heterocyclic aromatic amines, *Journal of Chromatography A*, 1030(1-2), 87-93pp.
- Chang, C. C., Zhang, D., Wang, Z. and Chen, B. H.**, 2019, Simultaneous determination of twenty heterocyclic amines in cooking oil using dispersive solid phase extraction (QuEChERS) and high performance liquid chromatography–electrospray-tandem mass spectrometry, *Journal of Chromatography A*, 1585, 82-91pp.
- Cheng, K. W., Chen, F. and Wang, M.**, 2006, Heterocyclic amines: chemistry and health, *Molecular Nutrition & Food Research*, 50(12), 1150-1170pp.
- Cheng, K. W., Wu, Q., Zheng, Z. P., Peng, X., Simon, J. E., Chen, F. and Wang, M.**, 2007, Inhibitory effect of fruit extracts on the formation of heterocyclic amines, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(25), 10359-10365pp.
- Choi, Y. M., Lee, S. H., Choe, J. H., Rhee, M. S., Lee, S. K., Joo, S. T. and Kim, B. C.**, 2010, Protein solubility is related to myosin isoforms, muscle fiber types, meat quality traits, and postmortem protein changes in porcine longissimus dorsi muscle, *Livestock Science*, 127(2-3), 183-191pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Cross, A. J. and Sinha, R.**, 2004, Meat-related mutagens/carcinogens in the etiology of colorectal cancer, *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 44(1), 44-55pp.
- Cross, A. J., Ferrucci, L. M., Risch, A., Graubard, B. I., Ward, M. H., Park, Y., Hollenbeck, A. R., Schatzkin, A. and Sinha, R.**, 2010, A large prospective study of meat consumption and colorectal cancer risk: an investigation of potential mechanisms underlying this association, *Cancer Research*, 70(6), 2406-2414pp.
- Cross, A. J., Freedman, N. D., Ren, J., Ward, M. H., Hollenbeck, A. R., Schatzkin, A., Sinha, R. and Abnet, C. C.**, 2011, Meat consumption and risk of esophageal and gastric cancer in a large prospective study, *The American Journal of Gastroenterology*, 106(3), 432p.
- Dąbrowska, M., Maciejczyk, E. and Kalembe, D.**, 2019, Rose Hip Seed Oil: Methods of Extraction and Chemical Composition, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121(8), 1800440.
- Damašius, J., Venskutonis, P. R., Ferracane, R. and Fogliano, V.**, 2011, Assessment of the influence of some spice extracts on the formation of heterocyclic amines in meat, *Food Chemistry*, 126(1), 149-156pp.
- Dashwood, R. H.**, 2002, Modulation of heterocyclic amine-induced mutagenicity and carcinogenicity: an ‘A-to-Z’ guide to chemopreventive agents, promoters, and transgenic models, *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 511(2), 89-112pp.
- De Meester, C.**, 1995, Genotoxic potential of β -carbolines: a review, *Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicology*, 339(3), 139-153pp.
- De Stefani, E., Boffetta, P., Mendilaharsu, M., Carzoglio, J. and Deneo-Pellegrini, H.**, 1998a, Dietary nitrosamines, heterocyclic amines, and risk of gastric cancer: A case-control study in Uruguay, *Nutrition and Cancer*, 30(2), 158-162pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- De Stefani, E., Fierro, L., Mendilaharsu, M., Ronco, A., Larrinaga, M. T., Balbi, J. C., Alanso, S. and Deneo-Pellegrini, H.,** 1998b, Meat intake,'mate'drinking and renal cell cancer in Uruguay: a case-control study, *British Journal of Cancer*, 78(9), 1239-1243pp.
- Deitz, A. C., Zheng, W., Leff, M. A., Gross, M., Wen, W. Q., Doll, M. A., Xiao, G. H., Folsom, A. R. and Hein, D. W.,** 2000, N-Acetyltransferase-2 genetic polymorphism, well-done meat intake, and breast cancer risk among postmenopausal women, *Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers*, 9(9), 905-910pp.
- Demirok, E. and Kolsarici, N.,** 2014, Effect of green tea extract and microwave pre-cooking on the formation of acrylamide in fried chicken drumsticks and chicken wings, *Food Research International*, 63, 290-298pp.
- Dong, A., Lee, J. and Shin, H. S.,** 2011, Influence of natural food ingredients on the formation of heterocyclic amines in fried beef patties and chicken breasts, *Food Science and Biotechnology*, 20(2), 359-365pp.
- Dooley, K. L., Stavenuiter, J. F. C., Westra, J. G. and Kadlubar, F. F.,** 1988, Comparative carcinogenicity of the food pyrolysis product, 2-amino-5-phenylpyridine, and the known human carcinogen, 4-aminobiphenyl, in the neonatal B6C3F1 mouse, *Cancer Letters*, 41(1), 99-103pp.
- Dudoit, A., Mertz, C., Chillet, M., Cardinault, N. and Brat, P.,** 2020, Antifungal activity of Brazilian red propolis extract and isolation of bioactive fractions by thin-layer chromatography-bioautography, *Food Chemistry*, 327, 127060.
- Durazzo, A., Turfani, V., Narducci, V., Azzini, E., Maiani, G. and Carcea, M.,** 2014, Nutritional characterisation and bioactive components of commercial carobs flours, *Food Chemistry*, 153, 109-113pp.
- El Hajaji, H., Lachkar, N., Alaoui, K., Cherrah, Y., Farah, A., Ennabili, A. and Lachkar, M.,** 2010, Antioxidant properties and total phenolic content of three varieties of carob tree leaves from Morocco, *Records of Natural Products*, 4(4), 193p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Ercisli, S.**, 2007, Chemical composition of fruits in some rose (*Rosa* spp.) species, *Food Chemistry*, 104(4), 1379-1384pp.
- Ergezer, H. and Serdaroğlu, M.**, 2018, Antioxidant potential of artichoke (*Cynara scolymus* L.) byproducts extracts in raw beef patties during refrigerated storage, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(2), 982-991pp.
- Ergezer, H., Akcan, T. and Serdaroğlu, M.**, 2014, The effects of potato puree and bread crumbs on some quality characteristics of low fat meatballs, *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34(5), 561pp.
- Ericson, U., Wirfält, E., Mattisson, I., Gullberg, B. and Skog, K.**, 2007, Dietary intake of heterocyclic amines in relation to socio-economic, lifestyle and other dietary factors: estimates in a Swedish population, *Public Health Nutrition*, 10(6), 616-627pp.
- Fahim, A. T., Abd-El Fattah, A. A., Agha, A. M. and Gad, M. Z.**, 1995, Effect of pumpkin-seed oil on the level of free radical scavengers induced during adjuvant-arthritis in rats, *Pharmacological Research*, 31(1), 73-79pp.
- Farooqui, T. and Farooqui, A. A.**, 2012, Beneficial effects of propolis on human health and neurological diseases, *Front Biosci (Elite Ed)*, 4, 779-793pp.
- Felton, G. W. and Summers, C. B.**, 1995, Antioxidant systems in insects, *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 29(2), 187-197pp.
- Felton, J. S., and Knize, M. G.**, 1991, Occurrence, identification, and bacterial mutagenicity of heterocyclic amines in cooked food, *Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 259(3-4), 205-217pp.
- Felton, J. S., Fultz, E., Dolbeare, F. A. and Knize, M. G.**, 1994, Reduction of heterocyclic aromatic amine mutagens/carcinogens in fried beef patties by microwave pretreatment, *Food and Chemical Toxicology*, 32(397.9), 3p.
- Felton, J. S., Knize, M. G., Shen, N. H., Andresen, B. D., Bjeldanes, L. F. and Hatch, F. T.**, 1986, Identification of the mutagens in cooked beef, *Environmental Health Perspectives*, 67, 17-24pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Fernandez-Lopez, J., Zhi, N., Aleson-Carbonell, L., Pérez-Alvarez, J. A. and Kuri, V.**, 2005, Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatballs, *Meat Science*, 69(3), 371-380pp.
- Fiedor, J. and Burda, K.**, 2014, Potential role of carotenoids as antioxidants in human health and disease, *Nutrients*, 6(2), 466-488pp.
- Folch, J., Lees, M. and Sloane Stanley, G.H.**, 1957, A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues, *Journal of Biological Chemistry*, 226:497-509pp.
- Franco, D., Sineiro, J., Pinelo, M. and Núñez, M. J.**, 2007, Ethanolic extraction of *Rosa rubiginosa* soluble substances: oil solubility equilibria and kinetic studies, *Journal of Food Engineering*, 79(1), 150-157pp.
- Friedman, M. and Molnar-Perl, I.**, 1990, Inhibition of browning by sulfur amino acids. 1. Heated amino acid-glucose systems, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(8), 1642-1647pp.
- Friedman, M., Zhu, L., Feinstein, Y. and Ravishankar, S.**, 2009, Carvacrol facilitates heat-induced inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 and inhibits formation of heterocyclic amines in grilled ground beef patties, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(5) 1848-1853pp.
- Gargouri, W., Osés, S. M., Fernández-Muiño, M. A., Sancho, M. T. and Kechaou, N.**, 2019, Evaluation of bioactive compounds and biological activities of Tunisian propolis, *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 111, 328-336pp.
- Gašperlin, L., Lukan, B., Žlender, B. and Polak, T.**, 2009, Effects of skin and grilling method on formation of heterocyclic amines in chicken pectoralis superficialis muscle, *LWT-Food Science and Technology*, 42(8), 1313-1319pp.
- 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(4), 735-742pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- 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(2), 766-774pp.
- Gibis, M.**, 2007, Effect of oil marinades with garlic, onion, and lemon juice on the formation of heterocyclic aromatic amines in fried beef patties, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(25), 10240-10247pp.
- Gohari, A. A., Farhoosh, R. and Haddad, K. M.**, 2011, Chemical composition and physicochemical properties of pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* Subsp. *pepo* Var. *Styriaca*) grown in Iran, *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13, 1053-1063pp.
- González-Sarriás, A., Larrosa, M., García-Conesa, M. T., Tomás-Barberán, F. A. and Espín, J. C.**, 2013, Nutraceuticals for older people: Facts, fictions and gaps in knowledge, *Maturitas*, 75(4), 313-334pp.
- Gorjanović, S. Ž., Rabrenović, B. B., Novaković, M. M., Dimić, E. B., Basić, Z. N. and Sužnjević, D. Ž.**, 2011, Cold-pressed pumpkin seed oil antioxidant activity as determined by a DC polarographic assay based on hydrogen peroxide scavenge, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(12), 1875-1882pp.
- Goulas, V. and Georgiou, E.**, 2020), Utilization of carob fruit as sources of phenolic compounds with antioxidant potential: extraction optimization and application in food models, *Foods*, 9(1), 20pp.
- Gök, V., Akkaya, L., Obuz, E. and Bulut, S.**, 2011, Effect of ground poppy seed as a fat replacer on meat burgers, *Meat Science*, 89(4), 400-404pp.
- Grajzer, M., Prescha, A., Korzonek, K., Wojakowska, A., Dziadas, M., Kulma, A. and Grajeta, H.**, 2015, Characteristics of rose hip (*Rosa canina* L.) cold-pressed oil and its oxidative stability studied by the differential scanning calorimetry method, *Food Chemistry*, 188, 459-466pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Gross, G. A. and Grüter, A.**, 1992, Quantitation of mutagenic/carcinogenic heterocyclic aromatic amines in food products, *Journal of Chromatography A*, 592(1-2), 271-278pp.
- Güçlü, K., Apak, R. ve Özyürek, M.**, 2009, Hidroksil ve süperoksit radikallerinin süpürülmesine dayalı yeni antioksidan aktivite tayin yöntemlerinin geliştirilmesi, Tübitak Projesi, 1-11s.
- Güzel, B.**, 2019, Reishi Mantarı Ekstraktının Köftede Heterosiklik Aromatik Aminlerin Oluşumu Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, 43-49s.
- Hasnol, N. D. S., Jinap, S. and Sanny, M.**, 2014, Effect of different types of sugars in a marinating formulation on the formation of heterocyclic amines in grilled chicken, *Food Chemistry*, 145, 514-521pp.
- Hatch, F. T., Knize, M. G., Healy, S. K., Slezak, T. and Felton, J. S.**, 1988, Cooked-food mutagen reference list and index, *Environmental Mutagenesis*, 12(14), 1-85pp.
- Hsiao, H. Y., Chen, B. H. and Kao, T. H.**, 2017, Analysis of heterocyclic amines in meat by the quick, easy, cheap, effective, rugged, and safe method coupled with LC-DAD-MS-MS, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(42), 9360-9368pp.
- Huang, X. E., Hirose, K., Wakai, K., Matsuo, K., Ito, H., Xiang, J., Takezaki, T. and Tajima, K.**, 2004, Comparison of lifestyle risk factors by family history for gastric, breast, lung and colorectal cancer, *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 5(4), 419-427pp.
- Ilyasoğlu, H.**, 2014, Characterization of rosehip (*Rosa canina L.*) seed and seed oil, *International Journal of Food Properties*, 17(7), 1591-1598pp.
- Jackson, L. S. and Hargraves, W. A.**, 1995, Effects of time and temperature on the formation of MeIQx and DiMeIQx in a model system containing threonine, glucose, and creatine, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(6), 1678-1684pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Jägerstad, M., Skog, K., Arvidsson, P. and Solyakov, A.**, 1998, Chemistry, formation and occurrence of genotoxic heterocyclic amines identified in model systems and cooked foods, *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 207(6), 419-427pp.
- Jägerstad, M., Skog, K., Grivas, S. and Olsson, K.**, 1991, Formation of heterocyclic amines using model systems, *Mutation Research/Genetic Toxicology*, 259(3-4), 219-233pp.
- Jahurul, M. H. A., Jinap, S., Ang, S. J., Abdul-Hamid, A., Hajeb, P., Lioe, H. N. and Zaidul, I. S. M.**, 2010, Dietary exposure to heterocyclic amines in high-temperature cooked meat and fish in Malaysia, *Food Additives and Contaminants*, 27(8), 1060-1071pp.
- Jamali, M. A., Zhang, Y., Teng, H., Li, S., Wang, F. and Peng, Z.**, 2016, Inhibitory effect of *Rosa rugosa* tea extract on the formation of heterocyclic amines in meat patties at different temperatures, *Molecules*, 21(2), 173p.
- Janoszka, B., Błaszczuk, U., Damasiewicz-Bodzek, A. and Sajewicz, M.**, 2009, Analysis of heterocyclic amines (HAs) in pan-fried pork meat and its gravy by liquid chromatography with diode array detection, *Food Chemistry*, 113(4), 1188-1196pp.
- Jiang, Q., Christen, S., Shigenaga, M. K., and Ames, B. N.**, 2001, γ -Tocopherol, the major form of vitamin E in the US diet, deserves more attention, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 74(6), 714-722pp.
- Jiao, J., Li, Z. G., Gai, Q. Y., Li, X. J., Wei, F. Y., Fu, Y. J. and Ma, W.**, 2014, Microwave-assisted aqueous enzymatic extraction of oil from pumpkin seeds and evaluation of its physicochemical properties, fatty acid compositions and antioxidant activities, *Food Chemistry*, 147, 17-24pp.
- Jinap, S., Hasnol, N. D. S., Sanny, M. and Jahurul, M. H. A.**, 2018, Effect of organic acid ingredients in marinades containing different types of sugar on the formation of heterocyclic amines in grilled chicken, *Food Control*, 84, 478-484pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Jinap, S., Iqbal, S. Z., Selvam, R. M.,** 2015, Effect of selected local spices marinades on the reduction of heterocyclic amines in grilled beef (satay), *LWT-Food Science and Technology*, 63(2), 919-926pp.
- Jinap, S., Iqbal, S. Z., Talib, N. H. and Hasnol, N. D. S.,** 2016, Heterocyclic aromatic amines in deep fried lamb meat: The influence of spices marination and sensory quality, *Journal of Food Science and Technology*, 53(3), 1411-1417pp.
- Jinap, S., Mohd-Mokhtar, M. S., Farhadian, A., Hasnol, N. D. S., Jaafar, S. N. and Hajeb, P.,** 2013, Effects of varying degrees of doneness on the formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and beef satay, *Meat Science*, 94(2), 202-207pp.
- Johansson, M. A., Fay, L. B., Gross, G. A., Olsson, K. and Jägerstad, M.,** 1995, Influence of amino acids on the formation of mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in a model system, *Carcinogenesis*, 16(10), 2553-2560pp.
- Johansson, M., Skog, K. and Jägerstad, M.,** 1993, Effects of edible oils and fatty acids on the formation of mutagenic heterocyclic amines in a model system, *Carcinogenesis*, 14(1), 89-94pp.
- K. John and S. Beedanagari,** 2014, Heterocyclic aromatic amine, *Encyclopedia of Toxicology*, 855-863pp.
- Kartikawati, M. and Purnomo, H.,** 2019, Improving meatball quality using different varieties of rice bran as natural antioxidant, *Food Research*, 3(1):79-85pp.
- Keating, G. A. and Bogen, K. T.,** 2001, Methods for estimating heterocyclic amine concentrations in cooked meats in the US diet, *Food and Chemical Toxicology*, 39(1), 29-43pp.
- Keating, G. A. and Bogen, K. T.,** 2004, Estimates of heterocyclic amine intake in the US population, *Journal of Chromatography B*, 802(1), 127-133pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Keskekoglu, H. and Uren, A.**, 2017, Inhibitory effects of grape seed extract on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef and chicken meatballs cooked by different techniques, *International Journal of Food Properties*, 20(sup1), 722-734pp.
- Keşkekoğlu, H. and Üren, A.**, 2014, Inhibitory effects of pomegranate seed extract on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef and chicken meatballs after cooking by four different methods, *Meat Science*, 96(4), 1446-1451pp.
- Keşkekoğlu, H.**, 2012, Nar Çekirdeği ve Üzüm Çekirdeği Özütlerinin Farklı Et Ürünlerinde ve Farklı Pişirme Şartlarında HCA Oluşumuna Etkisinin Araştırılması, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,, 60-64s.
- Khan, I. A., Liu, D., Yao, M., Memon, A., Huang, J. and Huang, 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, 70-81pp.
- Khan, M. R., Bertus, L. M., Busquets, R. and Puignou, L.**, 2009, Mutagenic heterocyclic amine content in thermally processed offal products, *Food Chemistry*, 112(4), 838-843pp.
- Kikugawa, K.**, 1999, Involvement of free radicals in the formation of heterocyclic amines and prevention by antioxidants, *Cancer Letters*, 143(2), 123-126pp.
- Kim, S. K. and Karadeniz, F.**, 2012, Biological importance and applications of squalene and squalane, *In Advances in Food and Nutrition Research*, 65, 223-233pp.
- Knize, M. G., Andresen, B. D., Healy, S. K., Shen, N. H., Lewis, P. R., Bjeldanes, L. F., Bjeldanes, L. F. and Felton, J. S.**, 1985, Effects of temperature, patty thickness and fat content on the production of mutagens in fried ground beef, *Food and Chemical Toxicology*, 23(12), 1035-1040pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Knize, M. G., Dolbeare, F. A., Carroll, K. L., Moore II, 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), 595-603pp.
- Knize, M. G., Salmon, C. P., Hopmans, E. C. and Felton, J. S.,** 1997, Analysis of foods for heterocyclic aromatic amine carcinogens by solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography, *Journal of Chromatography A*, 763(1-2), 179-185pp.
- Knize, M. G., Salmon, C. P., Pais, P. and Felton, J. S.,** 1999, Food heating and the formation of heterocyclic aromatic amine and polycyclic aromatic hydrocarbon mutagens/carcinogens, In *Impact of Processing on Food Safety*, Springer, Boston, 179-193pp.
- Kobayashi, M., Hanaoka, T., Nishioka, S., Kataoka, H. and Tsugane, S.,** 2002, Estimation of dietary HCA intakes in a large-scale population-based prospective study in Japan, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 506, 233-241pp.
- Kobus-Cisowska, J., Flaczyk, E., Rudzińska, M. and Kmiecik, D.,** 2014, Antioxidant properties of extracts from Ginkgo biloba leaves in meatballs, *Meat science*, 97(2), 174-180pp.
- Kontogianni, M. D., Panagiotakos, D. B., Pitsavos, C., Chrysoshoou, C. and Stefanadis, C.,** 2008, Relationship between meat intake and the development of acute coronary syndromes: The CARDIO2000 case-control study, *European Journal of Clinical Nutrition*, 62(2), 171-177pp.
- Krach, C. and Sontag, G.,** 2000, Determination of some heterocyclic aromatic amines in soup cubes by ion-pair chromatography with coulometric electrode array detection, *Analytica Chimica Acta*, 417(1), 77-83pp.
- Kuhn, W., Müller, T. H., Große, H. and Rommelspacher, H.,** 1996, Elevated levels of harman and norharman in cerebrospinal fluid of parkinsonian patients, *Journal of Neural Transmission*, 103(12), 1435-1440pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Kumazawa, S., Hamasaka, T. and Nakayama, T.**, 2004, Antioxidant activity of propolis of various geographic origins, *Food Chemistry*, 84(3), 329-339pp.
- Lakkab, I., El Hajaji, H., Lachkar, N., Lefter, R., Ciobica, A., El Bali, B. and Lachkar, M.**, 2019, *Ceratonia siliqua* L. seed peels: Phytochemical profile, antioxidant activity, and effect on mood disorders, *Journal of Functional Foods*, 54, 457-465pp.
- Lauber, S. N. and Gooderham, N. J.**, 2011, The cooked meat-derived mammary carcinogen 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo [4, 5-b] pyridine promotes invasive behaviour of breast cancer cells, *Toxicology*, 279(1-3), 139-145pp.
- Layton, D. W., Bogen, K. T., Knize, M. G., Hatch, F. T., Johnson, V. M. and Felton, J. S.**, 1995, Cancer risk of heterocyclic amines in cooked foods: an analysis and implications for research, *Carcinogenesis*, 16(1), 39-52pp.
- Lee, Y., Hwang, I., Kim, H., Youn, H., Kim, C. I., Lee, J. Y. and Park, H. M.**, 2020, Validation of analytical methods for heterocyclic amines in seven food matrices using high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry, *Food Additives & Contaminants: Part A*, 37(3), 408-420pp.
- Liao, G. Z., Wang, G. Y., Xu, X. L. and Zhou, G. H.**, 2010, Effect of cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and duck breast, *Meat Science*, 85(1), 149-154pp.
- 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), 159-175pp.
- Linghu, Z., Karim, F., Taghvaei, M. and Smith, J. S.**, 2019, Determination of heterocyclic amines in meat matrices using enhanced matrix removal-lipid extraction and liquid chromatography–tandem mass spectrometry, *Journal of Food Science*, 84(7), 1992-2002pp.
- Long, W. J., Wu, H. L., Wang, T., Dong, M. Y. and Yu, R. Q.**, 2020, Exploiting second-order advantage from mathematically modeled liquid chromatography-mass spectrometry data for simultaneous determination of polyphenols in Chinese Propolis, *Microchemical Journal*, 157, 105003.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Lu, F., Kuhnle, G. K. and Cheng, Q.,** 2017, Vegetable oil as fat replacer inhibits formation of heterocyclic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in reduced fat pork patties, *Food Control*, 81, 113-125pp.
- Lynch, A. M., Murray, S., Gooderham, N. J. and Boobis, A. R.,** 1995, Exposure to and activation of dietary heterocyclic amines in humans, *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, 21(1-3), 19-31pp.
- Macit, A.,** 2018, Zeytin Yaprağı Ekstraktının Somon Balığında Heterosiklik Aromatik Aminlerin Oluşumu Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, 33-53s.
- Maldonado, L., Marcinkevicius, K., Borelli, R., Gennari, G., Salomón, V., Isla, M. I., Vera, N. and Borelli, V.,** 2020, Differentiation of argentine propolis from different species of bees and geographical origins by UV spectroscopy and chemometric analysis, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(3), 185-191pp.
- Manful, C. F., Vidal, N. P., Pham, T. H., Nadeem, M., Wheeler, E., Hamilton, M. C., Doody, K. M. and Thomas, R. H.,** 2020, Unfiltered beer based marinades reduced exposure to carcinogens and suppressed conjugated fatty acid oxidation in grilled meat, *Food Control*, 111, 107040.
- Marcucci, M. C., Ferreres, F., Garcia-Viguera, C., Bankova, V. S., De Castro, S. L., Dantas, A. P. and Paulino, N.,** 2001, Phenolic compounds from Brazilian propolis with pharmacological activities, *Journal of Ethnopharmacology*, 74(2), 105-112pp.
- Marques, D. R., Cassis, M. A., Quelhas, J. O. F., Bertozzi, J., Visentainer, J. V., Oliveira, C. C. and Monteiro, A. R. G.,** 2017, Characterization of craft beers and their bioactive compounds, *Chemical Engineering Transactions*, 57, 1747-1752pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Martín-Calero, A., Ayala, J. H., González, V. and Afonso, A. M.,** 2007, Determination of less polar heterocyclic amines in meat extracts: Fast sample preparation method using solid-phase microextraction prior to high-performance liquid chromatography-fluorescence quantification, *Analytica Chimica Acta*, 582(2), 259-266pp.
- Melo, A., Viegas, O., Petisca, C., Pinho, O. and Ferreira, I. M.,** 2008, Effect of beer/red wine marinades on the formation of heterocyclic aromatic amines in pan-fried beef, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(22), 10625-10632pp.
- Monti, S. M., Ritieni, A., Sacchi, R., Skog, K., Borgen, E. and Fogliano, V.,** 2001, Characterization of phenolic compounds in virgin olive oil and their effect on the formation of carcinogenic/mutagenic heterocyclic amines in a model system, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 3969-3975pp.
- Moreno, M. A., Vallejo, A. M., Ballester, A. R., Zampini, C., Isla, M. I., López-Rubio, A. and Fabra, M. J.,** 2020, Antifungal edible coatings containing Argentinian propolis extract and their application in raspberries, *Food Hydrocolloids*, 107, 105973.
- Murkovic, M. and Pfannhauser, W.,** 2000, Stability of pumpkin seed oil, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102(10), 607-611pp.
- Murkovic, M.,** 2004a, Chemistry, formation and occurrence of genotoxic heterocyclic aromatic amines in fried products, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(11), 777-785pp.
- Murkovic, M.,** 2004b, Formation of heterocyclic aromatic amines in model systems, *Journal of Chromatography B*, 802(1), 3-10pp.
- Murkovic, M.,** 2007, Analysis of heterocyclic aromatic amines, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 389(1), 139-146pp.
- 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), 477-480pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Nagai, T., Inoue, R., Inoue, H. and Suzuki, N.**, 2003, Preparation and antioxidant properties of water extract of propolis, *Food Chemistry*, 80(1), 29-33pp.
- Nagao, M., Fujita, Y., Wakabayashi, K. and Sugimura, T.**, 1983, Ultimate forms of mutagenic and carcinogenic heterocyclic amines produced by pyrolysis, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 114(2), 626-631pp.
- Nagao, M., Yahagi, T. and Sugimura, T.**, 1978, Differences in effects of norharman with various classes of chemical mutagens and amounts of S-9, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 83(2), 373-378pp.
- Nawirska-Olszańska, A., Kita, A., Biesiada, A., Sokół-Łętowska, A. and Kucharska, A. Z.**, 2013, Characteristics of antioxidant activity and composition of pumpkin seed oils in 12 cultivars, *Food Chemistry*, 139(1-4), 155-161pp.
- Nishad, J., Koley, T. K., Varghese, E. and Kaur, C.**, 2018, Synergistic effects of nutmeg and citrus peel extracts in imparting oxidative stability in meat balls, *Food Research International*, 106, 1026-1036pp.
- Olegário, L. S., Andrade, J. K. S., Andrade, G. R. S., Denadai, M., Cavalcanti, R. L., da Silva, M. A. A. P. and Narain, N.**, 2019, Chemical characterization of four Brazilian brown propolis: An insight in tracking of its geographical location of production and quality control, *Food Research International*, 123, 481-502pp.
- Olsson, M. E., Gustavsson, K. E., Andersson, S., Nilsson, Å. and Duan, R. D.**, 2004, Inhibition of cancer cell proliferation in vitro by fruit and berry extracts and correlations with antioxidant levels, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(24), 7264-7271pp.
- Owen, R. W., Haubner, R., Hull, W. E., Erben, G., Spiegelhalder, B., Bartsch, H. and Haber, B.**, 2003, Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre, *Food and Chemical Toxicology*, 41(12), 1727-1738pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Oz, F. and Kaya, M.**, 2011a, Heterocyclic aromatic amines in meat, *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(6), 739-753pp.

- Oz, F. and Kaya, M.**, 2011b, The inhibitory effect of black pepper on formation of heterocyclic aromatic amines in high-fat meatball, *Food Control*, 22(3-4), 596-600pp.
- Oz, F. and Kaya, M.**, 2011c, The inhibitory effect of red pepper on heterocyclic aromatic amines in fried beef *Longissimus dorsi* muscle, *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(6), 806-812.
- Oz, F. and Zikirov, E.**, 2015, The effects of sous-vide cooking method on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chops, *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 120-125pp.
- Oz, F.**, 2011, Quantitation of heterocyclic aromatic amines in ready to eat meatballs by ultra fast liquid chromatography, *Food Chemistry*, 126(4), 2010-2016pp.
- Oz, F., Kaban, G. and Kaya, M.**, 2007, Effects of cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines of two different species trout, *Food Chemistry*, 104(1), 67-72pp.
- Oz, F., Kaban, G. and Kaya, M.**, 2010, Effects of cooking methods and levels on formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and fish with Oasis extraction method, *LWT-Food Science and Technology*, 43(9), 1345-1350pp.
- Ozdal, T., Ceylan, F. D., Eroglu, N., Kaplan, M., Olgun, E. O. and Capanoglu, E.**, 2019, Investigation of antioxidant capacity, bioaccessibility and LC-MS/MS phenolic profile of Turkish propolis, *Food Research International*, 122, 528-536pp.
- Öz, F. ve Kaya, M.**, 2006, Isıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde heterosiklik aromatik aminler, *Gıda*, 31(4):201-207pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Öz, F. ve Kaya, M.**, 2007, Et ve et ürünlerinde heterosiklik aromatik amin oluşumunun engellenmesi, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(1), 121-126pp.

- Özbek, Z. A. and Ergönül, P. G.**, 2020, Optimisation of wall material composition of freeze-dried pumpkin seed oil microcapsules: Interaction effects of whey protein, maltodextrin and gum Arabic by D-optimal mixture design approach, *Food Hydrocolloids*, 107, 105909.
- Özdestan, Ö., Kaçar, E., Keşkekoğlu, H. and Üren, A.**, 2014, Development of a new extraction method for heterocyclic aromatic amines determination in cooked meatballs, *Food Analytical Methods*, 7(1), 116-126pp.
- Pais, P. and Knize, M. G.**, 2000, Chromatographic and related techniques for the determination of aromatic heterocyclic amines in foods, *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, 747(1-2), 139-169pp.
- 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), 1098-1108pp.
- Pais, P., Tanga, M. J., Salmon, C. P. and Knize, M. G.**, 2000, Formation of the mutagen IFP in model systems and detection in restaurant meats, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(5), 1721-1726pp.
- Persson, E., Graziani, G., Ferracane, R., Fogliano, V. and Skog, K.**, 2003, Influence of antioxidants in virgin olive oil on the formation of heterocyclic amines in fried beefburgers, *Food and Chemical Toxicology*, 41(11), 1587-1597pp.
- Pfau, W. and Skog, K.**, 2004, Exposure to β -carbolines norharman and harman, *Journal of Chromatography B*, 802(1), 115-126pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Pleva, D., Lányi, K., Darnay, L. and Laczay, P.**, 2020, Predictive correlation between apparent sensory properties and the formation of heterocyclic amines

in chicken breast as a function of grilling temperature and time., *Foods*, 9(4), 412pp.

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), 40-47pp.

Puangsoombat, K., Gadgil, P., Houser, T. A., Hunt, M. C. and Smith, J. S., 2012, Occurrence of heterocyclic amines in cooked meat products, *Meat Science*, 90(3), 739-746pp.

Puangsoombat, K., Gadgil, P., Houser, T. A., Hunt, M. C. and Smith, J. S., 2011, Heterocyclic amine content in commercial ready to eat meat products, *Meat Science*, 88(2), 227-233pp.

Qiao, M., Fletcher, D. L., Smith, D. P. and Northcutt, J. K., 2001, The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity and emulsification capacity, *Poultry Science*, 80(5), 676-680pp.

Quelhas, I., Petisca, C., Viegas, O., Melo, A., Pinho, O. and Ferreira, I. M. P. L. V. O., 2010, Effect of green tea marinades on the formation of heterocyclic aromatic amines and sensory quality of pan-fried beef, *Food Chemistry*, 122(1), 98-104pp.

Quilez, J., Garcia-Lorda, P. and Salas-Salvado, J., 2003, Potential uses and benefits of phytosterols in diet: present situation and future directions, *Clinical Nutrition*, 22(4), 343-351pp.

Rahman, U., Sahar, A., Khan, M. I. and Nadeem, M., 2014, Production of heterocyclic aromatic amines in meat: Chemistry, health risks and inhibition, A review, *LWT-Food Science and Technology*, 59(1), 229-233pp.

Ran, M., Chen, C., Li, C., He, L. and Zeng, X., 2020, Effects of replacing fat with *Perilla* seed on the characteristics of meatballs, *Meat Science*, 161, 107995.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Rannou, C., Laroque, D., Renault, E., Prost, C. and Sérot, T., 2016, Mitigation strategies of acrylamide, furans, heterocyclic amines and browning during the Maillard reaction in foods, *Food Research International*, 90, 154-176pp.

- Robbana-Barnat, S., Rabache, M., Rialland, E. and Fradin, J.,** 1996, Heterocyclic amines: occurrence and prevention in cooked food, *Environmental Health Perspectives*, 104(3), 280-288pp.
- 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(14), 3792-3799pp.
- Ruan, E. D., Juárez, M., Thacker, R., Yang, X., Dugan, M. E. R. and Aalhus, J. L.,** 2014, Dietary vitamin E effects on the formation of heterocyclic amines in grilled lean beef, *Meat Science*, 96(2), 849-853pp.
- Sabally, K., Sleno, L., Jauffrit, J. A., Iskandar, M. M. and Kubow, S.,** 2016, Inhibitory effects of apple peel polyphenol extract on the formation of heterocyclic amines in pan fried beef patties, *Meat Science*, 117, 57-62pp.
- Sadeghi, E., Movagharnejad, K. and Haghighi Asl, A.,** 2019, Parameters optimization and quality evaluation of mechanical properties of infrared radiation thin layer drying of pumpkin samples, *Journal of Food Process Engineering*, 13309.
- Salmon, C. P., Knize, M. G., Felton, J. S., Zhao, B. and Seow, A.,** 2006, Heterocyclic aromatic amines in domestically prepared chicken and fish from Singapore Chinese households, *Food and Chemical Toxicology*, 44(4), 484-492pp.
- Santana, F. B., Gontijo, L. C., Mitsutake, H., Mazivila, S. J., de Souza, L. M. and Neto, W. B.,** 2016, Non-destructive fraud detection in rosehip oil by MIR spectroscopy and chemometrics, *Food Chemistry*, 209, 228-233pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Scollan, N., Hocquette, J. F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I. and Moloney, A.,** 2006, Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality, *Meat Science*, 74(1), 17-33pp.

- Sengun, I. Y., Yildiz Turp, G., Kilic, G. and Sucu, C.,** 2018, Effectiveness of Corduk (*Echinophora tenuifolia subsp. sibthorpiana*) on safety and quality of kofte, a Turkish style meatball, *Journal of Food Safety*, 38(1), e12389.
- Serdaroğlu, M. and Değirmencioğlu, Ö.,** 2004, Effects of fat level (5%, 10%, 20%) and corn flour (0%, 2%, 4%) on some properties of Turkish type meatballs (kofte), *Meat Science*, 68(2), 291-296pp.
- Seymen, M., Uslu, N., Türkmen, Ö., Al Juhaimi, F. and Özcan, M. M.,** 2016, Chemical compositions and mineral contents of some hull-less pumpkin seed and oils, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 93(8), 1095-1099pp.
- Shin, H. S. and Ustunol, Z.,** 2004, Influence of honey-containing marinades on heterocyclic aromatic amine formation and overall mutagenicity in fried beef steak and chicken breast, *Journal of Food Science*, 69(3), 147-153pp.
- Shin, H. S., Rodgers, W. J., Gomaa, E. A., Strasburg, G. M. and Gray, J. I.,** 2002, Inhibition of heterocyclic aromatic amine formation in fried ground beef patties by garlic and selected garlic-related sulfur compounds, *Journal of Food Protection*, 65(11), 1766-1770pp.
- Silici, S. and Kutluca, S.,** 2005, Chemical composition and antibacterial activity of propolis collected by three different races of honeybees in the same region, *Journal of Ethnopharmacology*, 99(1), 69-73pp.
- Silva, C. E., Vandenabeele, P., Edwards, H. G. and De Oliveira, L. F. C.,** 2008, NIR-FT-Raman spectroscopic analytical characterization of the fruits, seeds, and phytotherapeutic oils from rosehips, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 392(7-8), 1489-1496pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- 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), 279-287pp.

- Skog, K. and Alexander, J.**, 2006, Acrylamide and Other Hazardous Compounds in Heat-Treated Foods, Woodhead Publishing, 247-264pp.
- Skog, K. and Jägerstad, M.**, 1990, Effects of monosaccharides and disaccharides on the formation of food mutagens in model systems, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 230(2), 263-272pp.
- Skog, K. and Solyakov, A.**, 2002, Heterocyclic amines in poultry products: a literature review, *Food and Chemical Toxicology*, 40(8), 1213-1221pp.
- 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), 879-896pp.
- Skog, K., Solyakov, A. and Jägerstad, M.**, 2000, Effects of heating conditions and additives on the formation of heterocyclic amines with reference to amino-carbolines in a meat juice model system, *Food Chemistry*, 68(3), 299-308pp.
- Smith, J. S., Ameri, F. and Gadgil, P.**, 2008, Effect of marinades on the formation of heterocyclic amines in grilled beef steaks, *Journal of Food Science*, 73(6), 100-105pp.
- Soltanizadeh, N. and Ghiasi-Esfahani, H.**, 2015, Qualitative improvement of low meat beef burger using Aloe vera, *Meat Science*, 99, 75-80pp.
- Solyakov, A. and Skog, K.**, 2002, Screening for heterocyclic amines in chicken cooked in various ways, *Food and Chemical Toxicology*, 40(8), 1205-1211pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Soncu, E. D., Haskaraca, G. and Kolsarıcı, N.**, 2018, Presence of acrylamide and heterocyclic aromatic amines in breaded chicken meat products and dietary exposure of Turkish population from Ankara based on the food frequency questionnaire study, *European Food Research and Technology*, 244(3), 501-511pp.

- Stadler, R. H. and Lineback, D. R.,** 2008, Process-Induced Food Toxicants: Occurrence, Formation, Mitigation, and Health Risks, 3-21pp.
- Stevenson, D. G., Eller, F. J., Wang, L., Jane, J. L., Wang, T. and Inglett, G. E.,** 2007, Oil and tocopherol content and composition of pumpkin seed oil in 12 cultivars, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(10), 4005-4013pp.
- Sugimura, T., Wakabayashi, K., Nakagama, H. and Nagao, M.,** 2004, Heterocyclic amines: Mutagens/carcinogens produced during cooking of meat and fish, *Cancer Science*, 95(4), 290-299pp.
- Szentmihályi, K., Vinkler, P., Lakatos, B., Illés, V. and Then, M.,** 2002, Rose hip (*Rosa canina L.*) oil obtained from waste hip seeds by different extraction methods, *Bioresource Technology*, 82(2), 195-201pp.
- Szterk, A. and Jesionkowska, K.,** 2015, Influence of the cold storage time of raw beef meat and grilling parameters on sensory quality and content of heterocyclic aromatic amines, *LWT-Food Science and Technology*, 61(2), 299-308pp.
- 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(3), 1177-1184pp.
- Szterk, A.,** 2015, Heterocyclic aromatic amines in grilled beef: The influence of free amino acids, nitrogenous bases, nucleosides, protein and glucose on HAAs content, *Journal of Food Composition and Analysis*, 40, 39-46pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Şahin, H., Topuz, A., Pischetsrieder, M. and Özdemir, F.,** 2009, Effect of roasting process on phenolic, antioxidant and browning properties of carob powder, *European Food Research and Technology*, 230(1), 155pp.
- Tai, C. Y., Lee, K. H. and Chen, B. H.,** 2001, Effects of various additives on the formation of heterocyclic amines in fried fish fibre, *Food Chemistry*, 75(3), 309-316pp.

- Tengilimoglu-Metin, M. M., Hamzalioglu, A., Gokmen, V. and Kizil, M., 2017**
Inhibitory effect of hawthorn extract on heterocyclic aromatic amine formation in beef and chicken breast meat, *Food Research International*, 99, 586-595pp.
- Tengilimoglu-Metin, M. M., Kizil, M., 2017**, Reducing effect of artichoke extract on heterocyclic aromatic amine formation in beef and chicken breast meat, *Meat Science*, 134, 68-75pp.
- Tsen, S. Y., Ameri, F. and Smith, J. S., 2006**, Effects of rosemary extracts on the reduction of heterocyclic amines in beef patties, *Journal of Food Science*, 71(8), 469-473pp.
- Tsuda, M., Negishi, C., Makino, R., Sato, S., Yamaizumi, Z., Hirayama, T., & Sugimura, T., 1985**, Use of nitrite and hypochlorite treatments in determination of the contributions of IQ-type and non-IQ-type heterocyclic amines to the mutagenicities in crude pyrolyzed materials, *Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects*, 147(6), 335-341pp.
- Tuell, J. R., Park, J. Y., Wang, W., Cheng, H. W. and Kim, Y. H. B., 2020**, Functional/physicochemical properties and oxidative stability of ground meat from broilers reared under different photoperiods, *Poultry Science*, 99(7), 3761-3768pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Turesky, R. J., and Le Marchand, L., 2011**, Metabolism and biomarkers of contributions of IQ-type and non-IQ-type heterocyclic amines to the mutagenicities in crude pyrolyzed materials, *Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects*, 147(6), 335-341pp.

- Turesky, R. J.**, 2007, Formation and biochemistry of carcinogenic heterocyclic aromatic amines in cooked meats, *Toxicology Letters*, 168(3), 219-227pp.
- Turesky, R. J.**, 2010, Heterocyclic aromatic amines: potential human carcinogens, *In Advances in Molecular Toxicology*, 4, 37-83pp.
- Turgut, S. S., Işıkcı, F. and Soyer, A.**, 2017, Antioxidant activity of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during frozen storage, *Meat Science*, 129, 111-119pp.
- Turgut, S. S., Soyer, A. and Işıkcı, F.**, 2016, Effect of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during refrigerated storage, *Meat Science*, 116, 126-132pp.
- Turhan, S., Saricaoglu, F. T., Mortas, M., Yazici, F. and Genccelep, H.**, 2017, Evaluation of color, lipid oxidation and microbial quality in meatballs formulated with bee pollen during frozen storage, *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3), e12916.
- Turp, G. Y.**, 2016, Effects of four different cooking methods on some quality characteristics of low fat Inegol meatball enriched with flaxseed flour, *Meat Science*, 121, 40-46pp.
- Turp, G. Y.**, 2016, Effects of four different cooking methods on some quality characteristics of low fat Inegol meatball enriched with flaxseed flour, *Meat Science*, 121, 40-46pp.
- Ulu, H.**, 2004, Evaluation of three 2-thiobarbituric acid methods for the measurement of lipid oxidation in various meats and meat products, *Meat Science*, 67(4), 683-687pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Unal, K., Karakaya, M. and Oz, F.**, 2018, The effects of different spices and fat types on the formation of heterocyclic aromatic amines in barbecued sucuk, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(2), 719-725pp.
- Ushiyama, H., Wakabayashi, K., Hirose, M., Itoh, H., Sugimura, T. and Nagao, M.**, 1991, Presence of carcinogenic heterocyclic amines in urine of healthy

volunteers eating normal diet, but not of inpatients receiving parenteral alimentation, *Carcinogenesis*, 12(8), 1417-1422pp.

Van Boekel, M., Fogliano, V., Pellegrini, N., Stanton, C., Scholz, G., Lalljie, S., Somoza, V., Knorr, D., Jasti, P. R., Eisenbrand, G., 2010, A review on the beneficial aspects of food processing, *Molecular Nutrition & Food Research*, 54(9), 1215-1247pp.

Vangnai, K., Houser, T. A., Hunt, M. C. and Smith, J. S., 2014, Effect of enhancement on the formation of heterocyclic amines in cooked pork loins: Preliminary studies, *Meat Science*, 98(2), 88-93pp.

Viegas, O., Moreira, P. S. and Ferreira, I. M., 2015, Influence of beer marinades on the reduction of carcinogenic heterocyclic aromatic amines in charcoal-grilled pork meat, *Food Additives & Contaminants: Part A*, 32(3), 315-323pp.

Vitaglione, P. and Fogliano, V., 2004, Use of antioxidants to minimize the human health risk associated to mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in food, *Journal of Chromatography B*, 802(1), 189-199pp.

Vitaglione, P., Monti, S., Ambrosino, P., Skog, K. and Fogliano, V., 2002, Carotenoids from tomatoes inhibit heterocyclic amine formation, *European Food Research and Technology*, 215(2), 108-113pp.

Wakabayashi, K., Totsuka, Y., Fukutome, K., Oguri, A., Ushiyama, H. and Sugimura, T., 1997, Human exposure to mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines and comutagenic β -carboline, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 376(1-2), 253-259pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Wang, Y., Hui, T., Zhang, Y. W., Liu, B., Wang, F. L., Li, J. K., Cui, B. W., Guo, X. Y., Peng, Z. Q., 2015, Effects of frying conditions on the formation of heterocyclic amines and trans fatty acids in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*), *Food Chemistry*, 167, 251-257pp.

- Weisburger, J. H.**, 2002, Comments on the history and importance of aromatic and heterocyclic amines in public health, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 506, 9-20pp.
- Weisburger, J. H., Nagao, M., Wakabayashi, K. and Oguri, A.**, 1994, Prevention of heterocyclic amine formation by tea and tea polyphenols, *Cancer Letters*, 83(1-2), 143-147pp.
- Weisburger, J. H., Veliath, E., Larios, E., Pittman, B., Zang, E. and Hara, Y.**, 2002, Tea polyphenols inhibit the formation of mutagens during the cooking of meat, *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 516(1-2), 19-22pp.
- Wong, K. Y., Su, J., Knize, M. G., Koh, W. P. and Seow, A.**, 2005, Dietary exposure to heterocyclic amines in a Chinese population, *Nutrition and Cancer*, 52(2), 147-155pp.
- Wu, K., Giovannucci, E., Byrne, C., Platz, E. A., Fuchs, C., Willett, W. C. and Sinha, R.**, 2006, Meat mutagens and risk of distal colon adenoma in a cohort of US men, *Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers*, 15(6), 1120-1125pp.
- Wu, Y., Chen, L., Xian, Y., Hou, X., Liang, M., Dong, H. and Chen, J.**, 2019, Quantitative analysis of fourteen heterocyclic aromatic amines in bakery products by a modified QuEChERS method coupled to ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry (UHPLC-MS/MS), *Food Chemistry*, 298, 125048.
- Xu, B.J. and Chang, S.K.C.**, 2007, A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents, *Journal of Food Science*, 72:159-166pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Yavuz, C.**, 2011, Türkiye'nin Bazı İllerinden Toplanan Propolislerin Antimikrobiyal, Antioksidan Aktiviteleri ve Biyoaktif Bileşenlerinin Tayini, Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi 29s,

- Yıldız-Turp, G., and Serdaroglu, M.,** 2010, Effects of using plum puree on some properties of low fat beef patties, *Meat Science*, 86(4), 896-900pp.
- Yılmaz, I.,** 2005, Physicochemical and sensory characteristics of low fat meatballs with added wheat bran, *Journal of Food Engineering*, 69(3), 369-373pp.
- Yılmaz, İ. and Dağlıoğlu, O.,** 2003, The effect of replacing fat with oat bran on fatty acid composition and physicochemical properties of meatballs, *Meat Science*, 65(2), 819-823pp.
- Zamora, R. and Hidalgo, F. J.,** 2015, 2-Amino-1-methyl-6-phenylimidazo [4, 5-b] pyridine (PhIP) formation and fate: an example of the coordinate contribution of lipid oxidation and Maillard reaction to the production and elimination of processing-related food toxicants, *RSC Advances*, 5(13), 9709-9721pp.
- Zamora, R. and Hidalgo, F. J.,** 2020, Formation of heterocyclic aromatic amines with the structure of aminoimidazoazarenes in food products, *Food Chemistry*, 313, 126128.
- Zeng, M., Zhang, M., Chen, J., He, Z., Qin, F., Hu, C. and Chen, J.,** 2017, 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, 96-106pp.
- Zhu, B. J., Zayed, M. Z., Zhu, H. X., Zhao, J. and Li, S. P.,** 2019, Functional polysaccharides of carob fruit: a review, *Chinese Medicine*, 14(1), 40pp.
- Zimmerli, B., Rhyn, P., Zoller, O. and Schlatter, J.,** 2001, Occurrence of heterocyclic aromatic amines in the Swiss diet: analytical method, exposure estimation and risk assessment, *Food Additives & Contaminants*, 18(6), 533-551pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Zlatanov, M. D.,** 1999, Lipid composition of Bulgarian chokeberry, black currant and rose hip seed oils, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(12), 1620-1624pp.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince bana yol gösteren, öğrencisi olmaktan ve danışmaktan büyük gurur ve mutluluk duyduğum, tez çalışma sürecim boyunca da her zaman hoşgörü ve sabırla değerli bilgi ve tecrübelerini paylaşan, yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli hocam Sayın Doç. Dr. Özgül ÖZDESTAN OCAK'a sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında gerekli olan yüzey termometresini temin etmemi sağlayan, köftelerin hazırlanması ve pişirilmesi aşamasında yardımlarını ve tecrübelerini esirgemeyen Dr. Hasan KEŞKEKOĞLU'na, analizlerim sırasında bilgi ve tecrübelerini esirgemeyerek yol gösteren değerli hocam Doç. Dr. Gülen TURP'a ve laboratuvar çalışmalarımda yardımlarını her zaman yanımda hissettiğim, Araş. Gör. Canan KARTAL'a teşekkür ederim.

Uzakta olsalar da her zaman yanımda olan, maddi ve manevi hiçbir desteği esirgemeyen, tez çalışma sürecimde de her sevinç ve sıkıntımı paylaştığım, yaşadığım tüm sorunların sabırla üstesinden gelmemi sağlayan ve evlatları olmaktan gurur duyduğum canım annem Şehnaz ERDOĞAN ve babam Ahmet ERDOĞAN'a, hayattaki en büyük şansım canım teyzem Ümran ÖZSAYAN'A ve en kıymetli varlığım biricik kardeşim Berat'a sonsuz teşekkür ve sevgilerimi sunuyorum.

Her zaman yanımda olan, bana olan inancı sayesinde daha güçlü adımlar atmamı sağlayan ve sonsuz sabrına minnettar olduğum Kerem KISA ve sevgili ailesine sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmamın gerçekleşmesinde gerekli maddi desteği sağlayan Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne (FYL-2019-20887 no'lu proje) teşekkürlerimi sunarım.

28/08/2020

Beyza ERDOĞAN

ÖZGEÇMİŞ

Beyza ERDOĞAN 1995 yılında Elazığ'da doğmuştur. Lise öğrenimini 2013 yılında Elazığ Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. 2018 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. Aynı sene Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Gıda Kimyası Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır.



Yayınlar:

Erdoğan, B., Özdestan-Ocak, Ö. (2019). Bazı Doğal Antioksidanların Et ve Et Ürünlerinde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Etkileri, Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 34 (2)2, 181-193

Erdoğan, B., Ötleş, S. (2019). Fonksiyonel Bir Gıda Olarak Zencefil ve Önemi, Dünya Gıda Dergisi, (8), 90-98.

Erdoğan, B., Ötleş, S. (2019). Superkritik Su, Dünya Gıda Dergisi, (6), 93-98.

Erdoğan, B., Ötleş, S. (2019). Sis Suyu, Drinktech Dergisi, 136, 54-56.

EKLER

Ek 1. Köfte örneklerinin hazırlanması

Ek 2. pH analizinde kullanılan pH metre

Ek 3. Köfte örneklerinin tavada pişirilmesi

Ek 4. Örneklerin merkez sıcaklığını kontrol etmek için kullanılan termocouple

Ek 5. Pişirme işlemi sırasında kullanılan yüzey sıcaklık ölçer

Ek 6. Köfte örneklerinin pişirme sonrası görünüşleri

Ek 7. Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC)- fotodiyot array dedektör (DAD)

Ek 8. Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC)- floresans dedektör (FD)

Ek 9. 250°C’de tavada pişirilen %2 propolis ekstraktı içeren örneğe ait HPLC kromatogramı (DAD dedektör)

Ek 10. 250°C’de fırında pişirilen %2 kuşburnu çekirdeği yağı içeren örneğe ait HPLC kromatogramı (DAD dedektör)

Ek 1. Köfte örneklerinin hazırlanması



Ek 2. pH analizinde kullanılan pH metre



Ek 3. Köfte örneklerinin tavada pişirilmesi



Ek 4. Örneklerin merkez sıcaklığını kontrol etmek için kullanılan termocouple



Ek 5. Pişirme işlemi sırasında kullanılan yüzey sıcaklık ölçer



Ek 6. Köfte örneklerinin pişirme sonrası görünüşleri



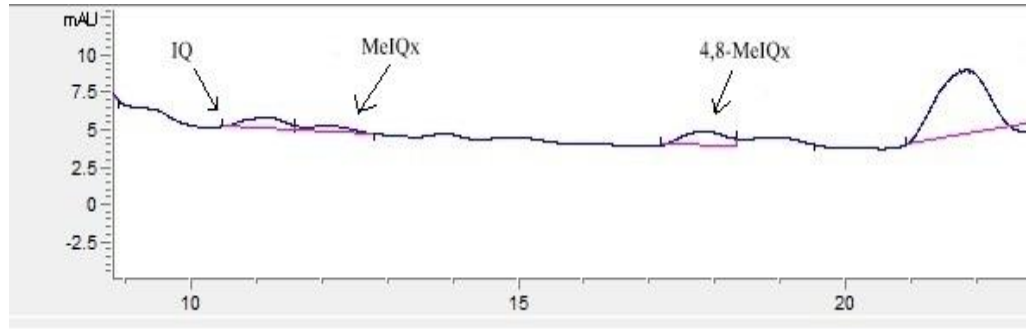
Ek 7. Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC)- fotodiyot array dedektör (DAD)



Ek 8. Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC)- floresans dedektör (FD)



Ek 9. 250°C’de tavada pişirilen %2 propolis ekstraktı içeren örneğe ait HPLC kromatogramı (DAD dedektör)



Ek 10. 250°C’de fırında pişirilen %2 kuşburnu çekirdeği yağı içeren örneğe ait HPLC kromatogramı (DAD dedektör)

