

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ALİÇ VE ENGİNAR EKSTRAKTININ HETEROSİKLİK
AROMATİK AMİNLERİN OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ**

Uzm. Dyt. Mercan Merve TENGİLİMOĞLU METİN

**Beslenme ve Diyetetik Programı
DOKTORA TEZİ**

ANKARA

2017

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ALİÇ VE ENGİNAR EKSTRAKTININ HETEROSİKLİK
AROMATİK AMİNLERİN OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ**

Uzm. Dyt. Mercan Merve TENGİLİMOĞLU METİN

Beslenme ve Diyetetik Programı

DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Yrd. Doç. Dr. Mevlüde KIZIL

ANKARA

2017

ONAY SAYFASI

Alç ve Enginar Ekstraktının Heterosiklik Aromatik Aminlerin Oluşumu Üzerine Etkisi

Uzm. Dyt. Mercan Merve TENGİLİMOĞLU METİN

Bu çalışma 18.01.17 tarihinde jürimiz tarafından “Beslenme ve Diyetetik Programı”nda doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

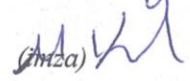
Jüri Başkanı:

Prof.Dr.Muhittin TAYFUR
(Başkent Üniversitesi)

(imza) 

Tez Danışmanı:

Yrd.Doç.Dr.Mevlûde KIZIL
(Hacettepe Üniversitesi)

(imza) 

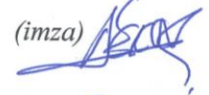
Üye:

Prof.Dr.Neslişah RAKICIOĞLU
(Hacettepe Üniversitesi)

(imza) 

Üye:

Doç.Dr.Aydan ERCAN
(Başkent Üniversitesi)

(imza) 

Üye:

Doç.Dr.Reyhan NERGİZ ÜNAL
(Hacettepe Üniversitesi)

(imza) 

ONAY

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuş ve Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu kararıyla onaylanmıştır

(imza) 

Prof. Dr. Diclehan Orhan

Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.**

(Bu seçenekte teziniz arama motorlarında indekslenilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, teziniz arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir)

- Tezimin/Raporumun Ocak 2020 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.**

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir)

- Tezimin/Raporumun.....tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.**

- Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi**

18/01/2017



(İmza)

Mercan Merve TENGİLİMOĞLU METİN

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Yrd. Doç. Dr. Mevlüde KIZIL danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.



(İmza)

Uzm. Dyt. Mercan Merve TENGİLİMOĞLU METİN

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi ve tez çalışmam süresince bana yol gösteren, her türlü bilimsel ve manevi desteğini esirgemeyen, akademik ilerlememde önemli katkı sağlayan ve beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum çok değerli tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Mevlüde KIZIL'a,

Tez izleme komitesinde görev alarak çalışmaya önemli katkılarda bulunan ve yol gösterici olan değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Neslişah RAKICIOĞLU'na ve Sayın Doç. Dr. Saniye BİLİCİ'ye,

Tez çalışmam kapsamında yer alan indirgen şekerlerin analizi aşamasında bana laboratuvarlarını açan ve analizlerin yapılmasında değerli katkılar sağlayan çok değerli hocam Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Vural GÖKMEN başta olmak üzere Araştırma Görevlisi Sayın Aytül HAMZALIOĞLU'na,

Tez çalışmam süresince laboratuvar analizlerimin her aşamasında büyük bir özveri ile bana yardımcı olan ve manevi desteğini her zaman yanımda hissettiğim çok değerli sevgili eşim Ziya Erokay METİN'e

Tüm eğitim sürecim boyunca bana desteklerini hiç esirgemeyen, sevgi ve anlayışları sayesinde bugünlere gelmemi sağlayan canım annem Leyla TENGİLİMOĞLU, canım babam Yakup TENGİLİMOĞLU, canım kardeşim Bengisu TENGİLİMOĞLU ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez, TÜBİTAK 1002 Hızlı Destek Projesi (Proje Numarası: 214S646) tarafından desteklenmiştir.

Ayrıca doktora öğrencisi, Ekim 2013 tarihinden itibaren TÜBİTAK BİDEB 2211-A Genel Yurt İçi Doktora Eğitim Bursu almıştır.

ÖZET

Tengilimoğlu Metin, M.M., Alıç ve Enginar Ekstraktının Heterosiklik Aromatik Aminlerin Oluşumu Üzerine Etkisi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beslenme ve Diyetetik Programı, Doktora Tezi, Ankara, 2017.

Epidemiyolojik çalışmalarda ve deneysel çalışmalarda diyetin kanser gelişiminde önemli bir rol oynadığı gösterilmiş ve insan kanserlerinin yaklaşık üçte birinin diyetle ilişkili olduğu bildirilmiştir. Heterosiklik aromatik aminler (HAA), 150°C ve üzerindeki sıcaklıklarda et ve balığın pişirilmesi ile oluşan karsinojenik/mutajenik bileşiklerdir ve insan kanser etiyolojisinde önemli bir rol oynamaktadır. Pişmiş besinde HAA varlığına yönelik bir limit belirlenmemiştir, ancak alanında uzman kişiler besinlerde oluşumunu en aza indirmeyi önermektedir. HAA oluşum mekanizmasında, serbest radikal oluşumunun yer alması nedeniyle antioksidanların bu serbest radikalleri tutarak HAA oluşumunu azaltabileceği ileri sürülmektedir. Bu çalışmada, alıç ve enginar ekstraktlarının içerdiği antioksidan bileşikler sayesinde HAA oluşumunu önleyici etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Farklı seviyelerde (%0, %0.5 ve %1) alıç ve enginar ekstraktlarının tavuk göğüs eti, dana eti ve dana etinden yapılmış köftelere eklenerek, üç farklı pişirme sıcaklığında (150°C, 200°C ve 250°C), yağsız tavada ve fırında pişirme yöntemleri kullanılarak HAA oluşumunu azaltıcı etkisi incelenmiştir. Pişmiş örnekler 12 HAA (IQx, IQ, MeIQx, MeIQ, 4,8-DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx, Norharman, Harman, Trp-P-2, PhIP, AαC, MeAαC) yönünden analiz edilmiş ve her bir HAA tüm örneklerde farklı seviyelerde tespit edilmiştir. IQx 16.17 ng/g, IQ 4.47 ng/g, MeIQx 2.20 ng/g, MeIQ 12.05 ng/g, 7,8-DiMeIQx 0.32 ng/g, 4,8-DiMeIQx 3.01 ng/g, Norharman 4.36 ng/g, Harman 14.48 ng/g, Trp-P-2 37.8 ng/g, PhIP 7.59 ng/g, AαC 8.48 ng/g ve MeAαC 0.48 ng/g düzeylerine kadar saptanmıştır. Toplam HAA miktarları ise tavuk göğüs etinde nd-83.6 ng/g arasında, dana etinde nd-49.26 ng/g arasında, dana etinden yapılmış köftelerde ise nd-17.18 ng/g arasında bulunmuştur. Alıç ekstraktının toplam HAA oluşumunu azaltıcı etkisi %0.5 ve %1 konsantrasyonlarında eklendiğinde sırasıyla tavuk göğüs etinde %12-100 ve %19-98; dana etinde %42-100 ve %20-36; köftede %8-31 ve %53-74 olarak belirlenmiştir. Enginar ekstraktının toplam HAA oluşumunu azaltıcı etkisi ise %0.5 ve %1 konsantrasyonlarında eklendiğinde sırasıyla tavuk göğüs etinde %5-97 ve %14-95; dana etinde %6-29 ve %25-98; köftede %2-23 ve %17-83 olarak saptanmıştır. Bu çalışma, %0.5 ve %1 konsantrasyonlarında alıç ve enginar ekstraktlarının özellikle yüksek sıcaklıklarda pişirme işlemi uygulandığında HAA oluşumunu azalttığını göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Heterosiklik aromatik amin, alıç ekstraktı, enginar ekstraktı, antioksidan, pişirme yöntemleri

Bu proje, TUBİTAK tarafından desteklenmiştir (Proje No: 214S646).

ABSTRACT

Tengilimoglu Metin, M.M., The Effect of Hawthorn and Artichoke Extract on the Formation of Heterocyclic Aromatic Amines, Hacettepe University Institute of Health Sciences PhD. Thesis in Nutrition and Dietetics, Ankara, 2017. Human epidemiologic and experimental studies have shown that diet plays an important role in cancer development and it has been reported that one third of human cancers are related to diet. Heterocyclic aromatic amines (HCAs) are mutagenic and carcinogenic compounds formed from cooking of proteinaceous foods such as meat and fish at temperatures over 150°C and play an important role in the etiology of human cancers. A limit has not been determined for the presence of HCAs in cooked foods, but the authorities of this issue recommended minimizing their formation. In the mechanism of HCAs formation, it is claimed that antioxidants reduce the formation of HCAs by scavenging free radicals. The objective of this study is to investigate the effects of the hawthorn and artichoke extract on the formation of HCAs in beef, chicken and beef meatballs cooked by pan cooking and roasting. In present study, the effect of hawthorn and artichoke extracts added at different concentration (0%, 0.5%, 1%) in chicken breast, beef and meatballs cooked at three different cooking temperature (150°C, 200°C and 250°C) by pan frying without oil and baking on mitigation of HCAs formation were investigated. All cooked samples were analyzed for 12 HCAs (IQx, IQ, MeIQx, MeIQ, 4,8-DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx, Norharman, Harman, Trp-P-2, PhIP, AαC, MeAαC) and varying levels of IQx (up to 16.17 ng/g), IQ, (up to 4.47 ng/g), MeIQx (up to 2.20 ng/g), MeIQ (up to 12.05 ng/g), 7,8-DiMeIQx (up to 0.32 ng/g), 4,8-DiMeIQx (up to 3.01 ng/g), Norharman (up to 4.36 ng/g), Harman (up to 14.48 ng/g), Trp-P-2 (up to 37.8 ng/g), PhIP (up to 7.59 ng/g), AαC (up to 8.48 ng/g), MeAαC (up to 0.48ng/g) were determined. Total HCA contents of the samples ranged between nd and 83.6 ng/g, nd-49.26 ng/g and nd-17.18 ng/g in chicken breast, beef and meatballs, respectively. The inhibitory effect of hawthorn extract on total HCA level at concentration 0.5% and 1% were found respectively, %12-100 and %19-98 in chicken breast; %42-100 and %20-36 in beef; %8-31 and %53-74 in meatball samples. On the other hand, the inhibitory effect of artichoke extract on total HCA level at concentration 0.5% and 1% were observed respectively as %5-97 and %14-95 in chicken breast, %6-29 and %25-98 in beef, %2-23 and %17-83 in meatball samples. This study shows that hawthorn and artichoke extracts at 0.5% and 1% concentrations mitigate HCAs formation especially in high cooking temperature.

Key words: Heterocyclic aromatic amine, hawthorn extract, artichoke extract, antioxidant, cooking methods

Supported by TUBİTAK (Project Number: 214S646).

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN SAYFASI	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER	xiv
TABLolar	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Kuramsal Yaklaşımlar	1
1.2. Amaç ve Varsayım	3
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Heterosiklik Aromatik Aminlerin Sınıflaması	4
2.2. Heterosiklik Aromatik Aminlerin Oluşumu	5
2.3. Heterosiklik Aromatik Aminlerin Biyoyararlanımı	6
2.4. Heterosiklik Aromatik Aminlerin Biyoaktivasyonu	7
2.5. Heterosiklik Aromatik Aminlerin Sağlıkla İlişkisi	8
2.5.1. DNA Katım (Adduct) Oluşumu	8
2.5.2. Karsinojenite ve Mutajenitesi	9
2.5.3. Epidemiyolojik Çalışmalar	12
2.6. Besinlerde Oluşan Heterosiklik Aromatik Amin İçerikleri	14
2.7. Diyet ile Heterosiklik Aromatik Amin Maruziyeti	16
2.8. Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumunu Etkileyen Faktörler	17
2.8.1. Pişirme Süresi ve Sıcaklık Derecesi	17
2.8.2. Nem	18
2.8.3. Lipidler	18
2.8.4. Öncü Maddelerin Konsantrasyonu	18
2.8.5. Lipid Oksidasyonu	22

2.9. Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumunu Önleme Yolları	25
3. GEREÇ VE YÖNTEM	30
3.1. Materyal	30
3.2. Kimyasallar	32
3.3. Örneklerin Hazırlanması	32
3.4. Pişirme Süreci	33
3.5. Analizler	34
3.5.1. Pişirme Kaybının Belirlenmesi	36
3.5.2. Proksimet ve Asidite (pH) Tayini	36
3.5.3. Öncü Maddelerin Analizi	36
3.5.4. TBARS Analizi	36
3.5.5. Heterosiklik Aromatik Aminlerin Ekstraksiyonu	36
3.5.6. Heterosiklik Aromatik Aminlerin Analizi	37
3.6. Verilerin İstatistiksel Değerlendirmesi	39
4. BULGULAR	40
4.1. Çiğ Tavuk Göğüs Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Proksimet İçerikleri ve pH Değerleri	40
4.2. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Pişirme ile Ağırlık Kayıpları	40
4.3. Pişmiş Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Proksimet İçerikleri ve pH Değerleri	41
4.4. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Öncü Madde Düzeyleri	50
4.5. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin TBARS Değerleri	55
4.6. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Heterosiklik Aromatik Amin İçerikleri	63
4.6.1. Alıç Ekstraktının Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna Etkisi	63
4.6.2. Enginar Ekstraktının Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna Etkisi	73
4.7. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Pişirme Kayıpları, Proksimet İçerikleri, pH Değerleri, Öncü Madde Düzeyleri ve TBARS Değerleri ile HAA Düzeyleri Arasındaki İlişki	85
5. TARTIŞMA	88

5.1. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Proksimet İçerikleri, pH Değerleri ve Pişirme Kayıpları	88
5.2. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Öncü Madde Düzeyleri ve TBARS Değerleri	90
5.3. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin HAA İçerikleri	91
5.3.1. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin IQx İçerikleri	92
5.3.2. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin IQ İçerikleri	92
5.3.3. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin MeIQx İçerikleri	93
5.3.4. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin MeIQ İçerikleri	95
5.3.5. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin 7,8-DiMeIQx ve 4,8-DiMeIQx İçerikleri	96
5.3.6. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Harman ve Norharman İçerikleri	97
5.3.7. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Trp-P-2 İçerikleri	99
5.3.8. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin PhIP İçerikleri	99
5.3.9. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin AαC ve MeAαC İçerikleri	100
5.4. Alıç ve Enginar Ekstraktlarının Toplam HAA Oluşumuna Etkisi	102
6. SONUÇLAR	108
7. ÖNERİLER	115
8. KAYNAKLAR	117
9. EKLER	142
10. ÖZGEÇMİŞ	144

SİMGELER VE KISALTMALAR

4,7,8-TriMeIQx	2-Amino-3,4,7,8-tetramethylimidazo[4,5- <i>f</i>]quinoxaline
4,8-DiMeIQx	2-Amino-3,4,8-trimethylimidazo[4,5- <i>f</i>]quinaxaline
7,8-DiMeIQx	2-Amino-3,7,8-trimethylimidazo[4,5- <i>f</i>]quinoxaline
AαC	2-Amino-9H-dipyrido[2,3- <i>b</i>]indole
BHA	Bütillenmiş hidroksianisol
BHT	Bütillenmiş hidroksitoluen
CYP1A1	Sitokrom P450 1A1
CYP1A2	Sitokrom P450 1A
CYP1B1	Sitokrom P450 1B1
dk	Dakika
DMIP	Dimethylimidazopyridine
g	Gram
Glu-1	2-Amino-6-methyl-dipyrido[1,2- <i>a</i> :3',2'- <i>d</i>]imidazole
Glu-2	2-Amino-dipyrido[1,2- <i>a</i> :3',2'- <i>d</i>]imidazole
HAA	Heterosiklik aromatik amin
Harman	1-methyl-9H-pyrido[3,4- <i>b</i>]indole
HMF	Hidroksimetilfurfural
HPLC	High performance liquid chromatography
IARC	Uluslararası kanser araştırma kurumu
IQ	2-Amino-3-methylimidazo[4,5- <i>f</i>]quinoline
IQx	2-Amino-3-methylimidazo[4,5- <i>f</i>]quinaxalines
L	Litre
LOD	Limit of detection
LOQ	Limit of quantification
MDA	Malondialdehid
MeAαC	2-Amino-3-methyl-9H-dipyrido[2,3- <i>b</i>]indole
MeIQ	2-Amino-3,4-dimethylimidazo[4,5- <i>f</i>]quinoline
MeIQx	2-Amino-3,8-dimethylimidazo[4,5- <i>f</i>]quinoxaline
mg	Miligram
mL	Mililitre
NAT	N-asetiltransferaz

nd	Not detected
ng	Nanogram
Norharman	9H-pyrido[3,4- <i>b</i>]indole
nq	Not quantified
ns	Not significant
°C	Santigrat derece
PG	Propil galat
pH	Power of hydrogen (Hidrojenin gücü)
PhIP	2-Amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5- <i>b</i>]pyridine
ppm	Parts per million (milyonda bir)
SULT	Sulfotransferaz
TBARS	Tiyobarbitürik asit reaktif ürünleri
TBHQ	Tersiyer bütillenmiş hidroksikinon
TMIP	Trimethylimidazopyridine
Trp-P-1	3-Amino-1,4-dimethyl-5H-pyrido[4,3- <i>b</i>]indole
Trp-P-2	3-Amino-1-methyl-5H-pyrido[4,3- <i>b</i>]indole
UGT	UDP-glukuronozil transferaz
vb.	Ve bunun gibi

ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
3.1.	HAA karışım standart solüsyonunun (7.69 ng/g) HPLC kromatogramı	38

TABLOLAR

Tablo	Sayfa
2.1. Heterosiklik aromatik aminlerin kimyasal sınıflaması, adları ve kısaltmaları	5
3.1. Pişirme öncesi analiz edilen örnek sayıları	34
3.2. Pişirme sonrası analiz edilen örnek sayıları	35
3.3. Analizi yapılan HAA'ların S/N oranlarına göre Lod ve Loq değerleri	39
4.1. Çiğ tavuk göğüs eti, dana eti, köfte örneklerinin proksimet içerikleri ve pH değerleri	40
4.2. Tavuk eti, dana eti, köfte örneklerinin pişirme ile ağırlık kayıpları	41
4.3. Tavuk göğüs eti örneklerinin proksimet içerikleri ve pH değerleri	44
4.4. Dana eti örneklerinin proksimet içerikleri ve pH değerleri	46
4.5. Köfte örneklerinin proksimet içerikleri ve pH değerleri	48
4.6. Çiğ tavuk göğüs eti, dana eti, köfte örneklerinin öncü madde düzeyleri	50
4.7. Alıç ekstraktı eklenen tavuk göğüs eti, dana eti ve köfte örneklerinin öncü madde düzeyleri.	51
4.8. Enginar ekstraktı eklenen tavuk göğüs eti, dana eti ve köfte örneklerinin öncü madde düzeyleri	53
4.9. Çiğ ve pişirme öncesi farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen pişmiş tavuk eti, dana eti ve köfte örneklerinin TBARS değerleri.	56
4.10. Alıç ekstraktı eklenen tavuk eti örneklerinin pişirme ile ağırlık kaybı, proksimet içerikleri, pH değerleri, öncü madde düzeyleri ve TBARS değerleri.	57
4.11. Enginar ekstraktı eklenen tavuk eti örneklerinin pişirme ile ağırlık kaybı, proksimet içerikleri, pH değerleri, öncü madde düzeyleri ve TBARS değerleri.	58
4.12. Alıç ekstraktı eklenen dana eti örneklerinin pişirme ile ağırlık kaybı, proksimet içerikleri, pH değerleri, öncü madde düzeyleri ve TBARS değerleri.	59
4.13. Enginar ekstraktı eklenen dana eti örneklerinin pişirme ile ağırlık kaybı, proksimet içerikleri, pH değerleri, öncü madde düzeyleri ve TBARS değerleri.	60
4.14. Alıç ekstraktı eklenen dana etinden yapılmış köfte örneklerinin pişirme ile ağırlık kaybı, proksimet içerikleri, pH değerleri, öncü madde düzeyleri ve TBARS değerleri.	61

4.15.	Enginar ekstraktı eklenen dana etinden yapılmış köfte örneklerinin pişirme ile ağırlık kaybı, proksimet içerikleri, pH değerleri, öncü madde düzeyleri ve TBARS değerleri.	62
4.16.	Farklı konsantrasyonlarda alıç ekstraktı eklenen tavuk göğüs eti örneklerinin heterosiklik aromatik amin içerikleri	66
4.17.	Farklı konsantrasyonlarda alıç ekstraktı eklenen dana eti örneklerinin heterosiklik aromatik amin içerikleri	69
4.18.	Farklı konsantrasyonlarda alıç ekstraktı eklenen dana etinden yapılmış köfte örneklerinin heterosiklik aromatik amin içerikleri	72
4.19.	Farklı konsantrasyonlarda alıç ekstraktı eklenen tavuk göğüs eti örneklerinin heterosiklik aromatik amin içerikleri	76
4.20.	Farklı konsantrasyonlarda alıç ekstraktı eklenen dana eti örneklerinin heterosiklik aromatik amin içerikleri	80
4.21.	Farklı konsantrasyonlarda alıç ekstraktı eklenen dana etinden yapılmış köfte örneklerinin heterosiklik aromatik amin içerikleri	82
4.22.	Farklı konsantrasyonlarda alıç ekstraktı eklenen tavuk göğüs eti, dana eti, köfte örneklerinin toplam heterosiklik aromatik amin içeriklerine genel bakış.	83
4.23.	Farklı konsantrasyonlarda enginar ekstraktı eklenen tavuk göğüs eti, dana eti, köfte örneklerinin toplam heterosiklik aromatik amin içeriklerine genel bakış.	84
4.24.	Tavuk eti, dana eti, köfte örneklerinin pişirme kaybı, poksimet içerikleri ve pH değerleri ile HAA düzeyleri arasındaki ilişki.	86
4.25.	Tavuk eti, dana eti, köfte örneklerinin öncü madde düzeyleri ve TBARS değerleri ile HAA düzeyleri arasındaki ilişki	87

1. GİRİŞ

1.1. Kuramsal Yaklaşımlar

Epidemiyolojik çalışmalar ve hayvan çalışmaları kanser gelişiminde diyetin önemli rol oynadığını göstermektedir ve insan kanserlerinin 1/3'ünün diyetle ilişkili olduğu rapor edilmiştir. Heterosiklik aromatik aminler (HAA), pişmiş besinlerde ppb (ng/g) düzeyinde bulunan ve insan kanserlerinin etiolojisinde önemli rol oynayan mutajenik bileşiklerdir (1). Pişmiş besinlerde HAA'lar ilk kez 1977 yılında Japon bilim insanları tarafından keşfedilmiştir (2). Bugüne kadar ise pişmiş besinlerden 25'den fazla mutajenik/karsinojenik HAA izole edilmiştir (3). Sıçan, fare ve primatlar üzerinde yapılan uzun dönem çalışmalarda, HAA'ların vücutta birçok bölgede kansere neden olduğu belirtilmektedir (4).

HAA'lar etlerin yüksek sıcaklıkta pişirilmesi ile kreatin/kreatinin, aminoasit ve şekerin birbiri ile reaksiyonu sonucu oluşmaktadır. HAA oluşumunu etkileyen faktörler arasında, besinin cinsi, pişirme süre ve sıcaklığı, pişirme aracı, pişirme yöntemi, besinin asidite pH'sı ve su aktivitesi gibi fiziksel faktörlerin yanı sıra karbonhidrat, serbest aminoasit ve kreatin varlığı gibi kimyasal faktörler yer almaktadır. Aynı zamanda ısı ve kütle transferi, lipid, lipid oksidasyonu ve antioksidanlar, HAA düzeyini etkileyen diğer faktörler arasında yer almaktadır (5).

Pişirme yöntemi, HAA oluşumunu etkileyen önemli bir faktör olarak vurgulanmaktadır (6). Çeşitli pişirme yöntemleri incelendiğinde tavada kızartma ve ızgara/barbekü pişirme yöntemleri uygulandığında HAA oluşumunun fırında rostolama, derin yağda kızartma veya mikrodalga pişirme yöntemlerine göre daha yüksek olduğu gösterilmiştir (7, 8). Yüksek düzeyde HAA seviyelerinin tavada kızartma pişirme yönteminde ve özellikle 225°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda oluştuğu belirtilmiştir (9).

Lipid peroksidasyonu ve termal degradasyon boyunca bir takım alkoller, aldehitler, ketonlar, organik asitler ve N-heterosiklikler oluşabilmektedir. Ayrıca serbest radikaller de lipid peroksidasyonu süresince oluşmakta ve bazı Maillard reaksiyon ürünlerinde artışa neden olabilmektedir (10-12). Serbest radikallerin HAA'ların oluşumuna katkı sağladığı bildirilmiştir (13). HAA oluşum mekanizması

ve Maillard reaksiyonunda serbest radikal oluşumu yer alması nedeniyle antioksidanlar bu serbest radikalleri tutarak HAA oluşumunu azaltabilmektedir (14). Biberiye, kekik, adaçayı, sarımsak gibi çeşitli baharat türlerinin sığır etinden yapılmış köftelerin yüzeyine eklenmesi ile HAA oluşumu arasındaki ilişki incelendiğinde kekiğin IQ, MeIQ, 4,8-DiMeIQx, MeIQx ve PhIP düzeyinde %61-100, sarımsağın %32-78, biberiye ve adaçayının ise sırasıyla %38-75 ve %40-100 azalma sağladığı bildirilmiştir (15). Et üzerinde ve model sistemde yapılan çalışmalarda da, E vitamini (16), kiraz dokusu (17), çaydaki fenolik bileşikler (18-21) sarımsaktaki sülfür bileşikleri (22) ve oligosakkaritler, inulin (23) gibi bileşenlerin besinlerde HAA düzeylerini azalttığı tespit edilmiş ayrıca organosülfür bileşiklerin Maillard reaksiyonunu inhibe ettiği belirtilmiştir (24, 25). Literatürde antioksidanların HAA oluşumunu önleyici veya azaltıcı etkisi konusunda çelişkili sonuçlar da mevcuttur. Yeşil çay ekstraktının kaplama içerisinde tavuk bagete %1.5 konsantrasyonunda eklendiğinde HAA oluşumu azaltıcı etkisi bulunamazken (26), nar çekirdeği ekstraktının dana ve tavuk köftelerine %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde toplam HAA oluşumunun %39-49 azaldığı bulunmuştur (27). Ayrıca, model sistemde yapılan çalışmada antioksidanların HAA oluşumunu azaltıcı etkisinin olmadığını, tersine HAA oluşumunu artırıcı etkisi olabileceği ve bu durumun antioksidanların prooksidatif etki göstermesinden kaynaklanabileceği vurgulanmıştır (28).

Yakın zamanda epidemiyologlar iyi pişmiş et tüketimi ve kanser riski arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Bazı epidemiyolojik çalışmalarda iyi pişmiş et tüketiminin kanser riskinin artmasıyla ilişkili bulunmuştur. Zheng ve ark. (29), etlerin kahverengileşme derecesi ile meme kanseri riski arasında doz yanıt ilişkisi olduğunu belirtmiştir. İyi pişmiş hamburger, biftek ve domuz eti tüketenlerde az pişmiş veya orta derecede pişmiş et tercih eden kadınlara göre meme kanser riskinin 4.6 kat fazla olduğu belirtilmiştir. Diğer çalışmalarda ise iyi pişmiş et tüketimindeki artışın kolorektal adenoma riskini artırdığı rapor edilmiştir (30, 31). Ayrıca meme, kolon veya rektum kanseri ile negatif ilişki olduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur (32-34).

Kırmızı et, diyetin önemli bir protein, aynı zamanda demir, çinko, B12 vitamini gibi esansiyel besin öğeleri kaynağı olmasına karşın yakın zamanda yapılan epidemiyolojik çalışmalarda et ve et ürünleri tüketimi, özellikle batı ülkelerinde daha sık görülen kardiyovasküler hastalık (KVH) ve kolon kanseri gelişimi ile

ilişkilendirilmektedir (35). 2013 yılı verilerine göre Türkiye’de kardiyovasküler hastalıklar, tüm ölüm nedenlerinin %39.78’ini oluşturarak birinci sırada yer alırken, kanser %21.32 ile ikinci sırada yer almaktadır (36).

Alıç meyveleri ve yaprakları flavonoid ve prosiyanidin içeriği açısından zengin, genetik merkezi Türkiye olan yabani bir meyvedir (37, 38). Enginar ise Akdeniz diyetinin önemli bir bileşeni olmakla beraber polifenoller ve flavonlar gibi antioksidan bileşiklerin zengin bir kaynağıdır (39, 40). Alıç ve enginarın içerdiği flavonoidler ve polifenoller gibi antioksidan bileşiklerin kardiyovasküler hastalık riskini azaltıcı etkisinin olduğu çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (37, 41). Fakat fazla et tüketimi ile ilişkilendirilen kanser riskinin azaltılması yönünden etlere alıç ve enginar ekstraktlarının eklenmesinin HAA oluşumunu önleyici veya azaltıcı etkisi daha önce çalışılmamıştır.

Et ve et ürünlerinin daha sağlıklı hale getirilmesi çalışmaları oldukça ilgi çekmektedir ve literatürde bu konuda henüz yeterli çalışma yoktur. Diyet bireysel yaşam tarzının bir parçasıdır ve kısmi olarak modifiye edilebilir. Bu nedenle, insanda kanser riskini artıran veya azaltan uygulamalar veya alışkanlıkların araştırılması ve diyetle maruz kalma miktarının azaltılması önemli olmaktadır.

1.2. Amaç ve Hipotezler

Bu çalışmada, yağsız tavada pişirme ve fırında pişirme yöntemleri kullanılarak farklı sıcaklık derecelerinde pişirilen dana eti, tavuk eti ve dana etinden yapılmış köftelere eklenen alıç ve enginar ekstraktlarının karsinojenik/mutajenik HAA’ların oluşumu üzerine önleyici etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Hipotezler:

1. Pişirme sıcaklık dereceleri arttıkça HAA oluşumu artar.
2. HAA oluşumu, pişirme yöntemlerine göre farklılık gösterir.
3. Öncü madde düzeyi, HAA oluşumunu etkiler.
4. İçerdiği antioksidan etkileri nedeniyle alıç ekstraktı eklenmesinin HAA’ların oluşumu üzerine azaltıcı etkisi vardır.
5. İçerdiği antioksidan etkileri nedeniyle enginar ekstraktı eklenmesinin HAA’ların oluşumu üzerine azaltıcı etkisi vardır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Heterosiklik Aromatik Aminlerin Kimyasal Sınıflaması

Heterosiklik aromatik aminler (HAA), sığır, domuz, balık ve kümes hayvanları gibi proteinli besinlerin pişirilmesi sırasında doğal olarak oluşan bileşiklerdir (42). HAA'lar, ilk olarak Profesör Sugimura ve ark. tarafından keşfedilmiş ve günümüzde pişmiş besinlerde 25'den fazla HAA izole edilmiş ve tanımlanmıştır (43, 44). HAA'ların heksozlar ve serbest aminoasitler (özellikle kreatin ve kreatinin) arasında gerçekleşen Maillard reaksiyonları sırasında oluştuğu düşünülmektedir. Günümüzde, besinlerde HAA oluşum mekanizmasını bu basit kimyasal reaksiyonlar açısından tanımlamak mümkün değildir (45).

Tüm HAA'lar en az bir aromatik ve bir heterosiklik yapı içermektedir (46, 47). HAA'lar kimyasal yapılarına göre polar olmayan ve polar olmak üzere iki grupta sınıflandırılabilir. HAA'ların kimyasal adları ve kısaltmaları Tablo 2.1'de verilmektedir (48).

Tablo 2.1. Heterosiklik aromatik aminlerin kimyasal sınıflaması, adları ve kısaltmaları (48).

Polar olmayan (Aminokarboniller)		
	Kısaltması	Kimyasal Adı
α -amino-karbonil	A α C	2-Amino-9H-dipyrido[2,3- <i>b</i>]indole
	MeA α C	2-Amino-3-methyl-9H-dipyrido[2,3- <i>b</i>]indole
β -amino-karbonil	Norharman	9H-pyrido[3,4- <i>b</i>]indole
	Harman	1-methyl-9H-pyrido[3,4- <i>b</i>]indole
γ -amino-karbonil	Trp-P-1	3-Amino-1,4-dimethyl-5H-pyrido[4,3- <i>b</i>]indole
	Trp-P-2	3-Amino-1-methyl-5H-pyrido[4,3- <i>b</i>]indole
δ -amino-karbonil	Glu-1	2-Amino-6-methyl-dipyrido[1,2- <i>a</i> :3',2'- <i>d</i>]imidazole
	Glu-2	2-Amino-dipyrido[1,2- <i>a</i> :3',2'- <i>d</i>]imidazole
Polar (Aminoimidazoazorenler)		
	Kısaltması	Kimyasal Adı
Kinolin	IQ	2-Amino-3-methylimidazo[4,5- <i>f</i>]quinoline
	MeIQ	2-Amino-3,4-dimethylimidazo[4,5- <i>f</i>]quinoline
Kuinoxalin	IQx	2-Amino-3-methylimidazo[4,5- <i>f</i>]quinaxalines
	MeIQx	2-Amino-3,8-dimethylimidazo[4,5- <i>f</i>]quinoxaline
	4,8-DiMeIQx	2-Amino-3,4,8-trimethylimidazo[4,5- <i>f</i>]quinaxaline
	7,8-DiMeIQx	2-Amino-3,7,8-trimethylimidazo[4,5- <i>f</i>]quinoxaline
	4,7,8-TriMeIQx	2-Amino-3,4,7,8-tetramethylimidazo[4,5- <i>f</i>]quinoxaline
Piridin	PhIP	2-Amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5- <i>b</i>]pyridine
	DMIP	Dimethylimidazopyridine
	TMIP	Trimethylimidazopyridine

2.2. Heterosiklik Aromatik Aminlerin Oluşumu

Aminokarbonillerin (polar olmayan HAA) başlıca öncüleri, aminoasitler veya proteinlerdir. Buna ek olarak, model sistemlerde kreatinin aşırı varlığının Harman ve Norharman oluşumunu artırdığı gösterilmiştir (49). Bu HAA'lar, 300°C'in üzerindeki sıcaklıklarda aminoasit veya proteinlerin pirolizi ile oluşmaktadır ve pirolitik HAA'lar olarak da adlandırılır (50). Bu reaksiyonda söz konusu aminoasitler ve proteinler, triptofan, glutamik asit, lizin, fenilalanin, ornitin, kreatin veya pirolize proteinlerdir (örneğin kazein, albümin, glütenin veya soya fasulyesi globülini) (50). Çok yüksek sıcaklıklarda oluştuğu için normal sıcaklıklarda pişirilen besinlerde nadiren bulunur (51).

Aminoimidazoazorenlerin (AIA) (polar HAA) oluşumuna yol açan üç öncü madde -kreatin/kreatinin, şekerler ve aminoasitler- olarak belirtilmektedir ve termik HAA'lar olarak da adlandırılır (52). Polar HAA'ların alt grupları, kinolin, kuinoksalin ve piridinlerdir. Kinolinler, IQ tipi (örneğin, IQ ve MeIQ), kuinoksalinler (örneğin IQx, MeIQx ve DiMeIQx) ise IQx tipi olarak da adlandırılır. Piridin alt gruplarında PhIP, DMIP ve TMIP gibi önemli HAA'lar bulunmaktadır (44). Polar HAA'lar, 300°C'nin altında kızartma, kavurma, fırında pişirme gibi normal pişirme sıcaklıklarında kolaylıkla oluşmaktadır. Bu nedenle, polar olmayan HAA'lardan daha fazla ilgi odağı olmuştur (52).

PhIP oluşum mekanizması ise diğer polar HAA formlarının mekanizmasından farklıdır. PhIP, -fenilalanin ve glukoz- iki öncünün fenilasetaldehid oluşturan reaksiyonu ile oluşur. Daha sonra, fenilasetaldehid'in kreatinin ile aldol kondensasyonu meydana gelir ve son ürün olarak PhIP elde edilir (49).

2.3. İnsanlarda Heterosiklik Aminlerin Biyoyararlanımı

İnsanlarda HAA biyoyararlanımı ile ilgili birkaç çalışma rapor edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, HAA miktarı bilinen standart kızartılmış bifteklerin sindiriminden 12 saat içerisinde gönüllülerin idrarlarında değişmeden atılan PhIP, MeIQx ve DiMeIQx formlarının PhIP için %1.1, MeIQx için %2.1 ve DiMeIQx için tespit edilemeyecek düzeyde bulunmuştur (53). Bu sonuçlar, Reistad ve ark. (54) tarafından idrarda değişmeden atılan sindirilmiş PhIP formunun %0.5-2, sindirilmiş MeIQx formunun %1-6 olarak bulunan sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Yapılan bir başka çalışmada, kızartılmış biftek ile beslenen gönüllülerde günlük maruziyetin MeIQx için 0.3-3.9 ng/g ve PhIP için 0.005-0.3 ng/g olarak tahmin edildiği test öğünü sonrasında toplanan 2 saatlik idrarlarında PhIP ve MeIQx'in %2'sinin değişmeden atıldığı saptanmıştır (55). Bu çalışmaların aksine, kemirgenler ve maymunlarda yapılan yüksek doz uygulanan çalışmalarda, PhIP ve MeIQx'in %50-70'nin değişmeden idrarda atıldığı rapor edilmiştir (56, 57). Bu biyoyararlanım çalışmalarına göre düşük dozlarda uygulandığında idrarda değişmeden atılan HAA miktarı çok düşük oranlarda olmaktadır. Bu sonuçlar, insan vücudunda sindirilen HAA'ların yaklaşık %98'inin büyük ölçüde metabolize olduğu anlamına gelmektedir (58).

2.4. Heterosiklik Aromatik Aminlerin Biyoaktivasyonu

HAA'lar, kendi ana formlarında mutajenik veya karsinojenik değildir ve HAA'ların DNA'ya bağlanması için metabolik aktivasyon gereklidir. HAA'lar, ancak metabolik aktivasyon sonrası DNA katımı oluştururlar ve karsinojenik etkiyi bu şekilde gösterirler. Emiliminden ve karaciğere transportundan sonra HAA'lar faz I ve faz II enzimleri aracılığı ile metabolize olmaktadır (58).

Metabolik aktivasyon yolunun ilk aşaması, karaciğer sitokrom P450 enzimleri tarafından N-oksidasyonunu ve bunu takiben N-asetiltransferazları (NAT) ve sulfotransferazları (SULT) içermektedir (59). Karaciğer, HAA metabolizmasındaki en aktif organdır. Oksidasyon büyük ölçüde hepatik sitokrom P450 1A2 (CYP1A2) tarafından yürütülmektedir. Başlıca HAA detoksifikasyon ürünleri, heterosiklik halka ve metil gruplarının oksidasyonu ile oluşmaktadır (60). Faz I HAA biyoaktivasyonu, N-hidroksi-HAA türevlerinin üretilmesi için CYP1A2 aracılı ekzosiklik amino grubunun N-oksidasyonu yoluyla meydana gelmektedir. Bu oksidasyon reaksiyonu, aynı zamanda ekstrahepatik dokularda sitokrom P450 1A1 (CYP1A1) ve sitokrom P450 1B1 (CYP1B1) tarafından katalize edilir (61). İnsanlarda CYP1A2 ekspresyonu, karaciğerde sınırlı düzeyde ve ekstrahepatik dokularda ise sadece ihmal edilebilir düzeyde tespit edilmiştir. CYP1A1'in ekstrahepatik ekspresyonunun kolon ve meme gibi hedef dokularda PhIP ilişkili mutagenizde önemli bir rol oynayabileceği bildirilmiştir. Eğer faz I hidroksilasyon, HAA yapısının herhangi bir kısmında meydana gelirse (ekzosiklik amino grubu hariç) kararlı faz II konjugatlar oluşmaktadır ve detoksifiye HAA atımı başarıyla gerçekleşebilmektedir. Ancak, Faz I hidroksilasyon ekzosiklik amino grubunda oluşursa, sadece elde edilen faz II konjugatları biyoaktif olmaktadır ve kararsız bir yapı oluşmaktadır. Bu kararsız esterler, yüksek reaktif olan bir nitrenyum iyonu oluşturmak için heterolitik bölünmeye maruz kalmaktadır (59).

HAA metabolizmasında faz II enzimleri, HAA yapısını daha fazla suda çözünür hale getiren NAT ve SULT'ları içerir ve böylece idrarla daha kolay bir şekilde atılması sağlanır. Ayrıca UDP-glukuronozil transferazlar (UGT), hidroksillenmiş HAA'ları metabolize eder ve glukuronize metabolitler öncelikle safra ile atılır (62). Karaciğer veya ekstrahepatik dokularda N-hidroksi-HAA'lar, NAT ve SULT aracılı asetillenme veya sülfasyon basamaklarında DNA ile reaksiyona girerek adduct (katım)

oluşturan yüksek ölçüde kararsız esterler üretmektedir (60). Faz II biyoaktivasyonunda yer alan enzimler arasında NAT, en önemli rolü oynamaktadır. İnsan ve kemirgenlerde varlığı tanımlanan NAT, çoğunlukla karaciğerde bulunmaktadır (46). HAA metabolizmasının çoğu karaciğerde gerçekleşmesine rağmen akciğer, böbrek, meme bezi, kolon ve pankreas da olmak üzere diğer organların da HAA'ların metabolik aktivasyonunda rol oynadığı rapor edilmiştir (44).

2.5. Heterosiklik Aromatik Aminlerin Sağlıkla İlişkisi

2.5.1. DNA Adduct (Katım) Oluşumu

DNA katımının oluşumu, genotoksik kimyasalların mutajenik ve karsinojenik potansiyelini değerlendirmek için bir biyolojik gösterge olarak kabul edilmektedir (63). İnsan dokularında HAA-DNA katımının miktarı, LC-ESI/MS, ³²P-postlabeling yöntemi, ultraviyole/visible spektrofotometre (UV/VIS), kütle spektrometrisi (MS) veya nükleer manyetik rezonans (NMR) kullanarak elde edilebilmektedir (64). *İn vivo* ve *in vitro* çalışmalarda HAA'nın DNA katımı oluşturabileceği doğrulanmıştır. Mekanizmasının reaktif HAA nitrenyum iyonlarıyla DNA moleküllerinin guanin bazının C-8 pozisyonunda (dG-C8-HAA) elektrofilik saldırı yoluyla aracılık edildiğine inanılmaktadır. IQ ve MeIQx için katım oluşumu, guanin bazının N-2 pozisyonunda gerçekleşebilmektedir ve miktarları C-8 pozisyonunda meydana gelen katım oluşumundan yaklaşık 5-10 kat daha düşüktür (63). Trp-P-2 ve Glu-P-1 tarafından oluşturulan C-8 guanin katımı ilk olarak tanımlanan HAA-DNA katımıdır (65). Lynch ve ark. (53), IQ, MeIQx ve PhIP tarafından oluşturulan katımının da C-8 guanin katımı olduğunu ve farelerin kolon, pankreas, kalp, akciğer ve karaciğerinde oluşan toplam DNA katımının %35-45'inden, insan olmayan primatların karaciğerinde oluşan toplam DNA katımının %47-68'inden sorumlu olduğunu bildirmiştir. Ayrıca insan dokularında da birkaç HAA-DNA katımı tespit edilmiştir. İki çalışmada insan meme dokusunda PhIP DNA katımının saptandığı bildirilmiştir (66) (67). Tang ve ark. (68), et tüketimi ile PhIP-DNA katımı arasında anlamlı bir ilişki olduğunu bulmuştur. 8 hafta 20 veya 200 ppm PhIP (her bir grup için n=5) içeren bir diyet ve ardından 8 haftalık bazal bir diyet uygulanan sıçanlarda tüketilen PhIP miktarı ile kolondaki DNA katımı arasında anlamlı ilişki bulunmuştur (69). HAA'ların RNA'ya bağlanması ile ilgili nispeten daha az veri vardır. Trp-P-2 ve Glu-P-1'in

RNA'da aynı katımı oluşturduğu ve RNA'ya bağlanmanın DNA'ya bağlanmadan 10 kat daha düşük olduğu rapor edilmiştir (70).

Belirli genotiplerin HAA alımı ile ilişkili riskleri azaltabileceği veya artırabileceği çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. Prospektif bir çalışmada, Danimarkalı nüfusda artan kırmızı et ve işlenmiş et tüketimi ile kombine edildiğinde belirli gen polimorfizmlerinin kolorektal kanser riskini artırdığı bulunmuştur (71). NAT1 ve NAT2 için hızlı ve yavaş asetilatörler arasındaki farkın, meme epitel hücrelerinde DNA katımı riskini artırdığı gösterilmiştir (67). Ayrıca, hızlı NAT2 varlığının MeIQx tümörlerinin, IQ, MeIQx DNA katımının ve mutajenlerinin oluşumunu artırdığı bulunmuştur (72, 73). Bu çalışmaların aksine Sharma ve ark. (74) tarafından yapılan bir multi-etik kohort çalışmada, yavaş veya hızlı NAT1 veya NAT2 genotipleri ile ilişkili olarak iyi pişmiş et tüketiminin prostat kanseri için bir risk artışına yol açtığı bulunamamıştır. Başka bir çalışmada, CYP1A1'in PhIP'i aktive ederken, bu aktivasyonun NAT2 gen polimorfizmi bağımlı olmadığı gösterilmiştir (75). CYP1A1 varlığının kolorektal kanser riskini artırdığı bulunmuştur (76).

Mutasyona uğramış DNA, tümör oluşumunun muhtemel öncüsüdür. DNA katımı bir kez oluştuğunda DNA onarım mekanizması devreye girebilmektedir (77). DNA onarım aktivitesi, büyük ölçüde hücre döngüsü oranına bağlıdır. Kanserojen, mutajen veya organa özgü başlatıcılar gibi ekzojen toksikanların aktivitesi ile genellikle hücre hasarı ile sonuçlanan hücre bölünmesi gelişmiş ise DNA hasarı onarılamayabilmektedir. Diğer yandan hücre döngüsü azalırca çay polifenoller, ahududu polifenoller veya karotenoidler gibi bazı fitokimyasallar ile DNA hasarının onarılabilirliği belirtilmektedir (78).

2.5.2. Karsinogenite ve Mutajenitesi

Uzun dönem hayvan çalışmalarında organ/dokularda HAA karsinogenitesi gösterilmiştir (79). HAA, kemirgenlerde kanserojeniktir ve uzun süreli besleme çalışmalarında HAA'ların ağız boşluğu, karaciğer, mide, akciğer, kolorektal, prostat ve meme bezleri dahil olmak üzere birden fazla organda tümöre neden olduğu gösterilmiştir (48). Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC), HAA'lardan MeIQ, MeIQx, PhIP, AαC, MeAαC, Trp-P-1, Trp-P-2, Glu-P-2'yi "muhtemel insan kanserojeni (grup 2A)" ve IQ'nün "olası insan kanserojeni (grup 2B)" olarak

sınıflandırmaktadır (80). IQ, insan olmayan primatlarda düşük dozda (10 mg/kg) verildiğinde %55, yüksek dozda (20 mg/kg) verildiğinde %95 hepatosellüler karsinomaya neden olduğu gösterilmiştir (81). Karaciğerin HAA'ların metabolik aktivasyonundaki baskın rolü nedeniyle HAA bağımlı karsinogeneze duyarlı olduğu gösterilmiştir. Bu sonuç, HAA metabolitlerinin düzeyi ve/veya organlar/dokular karşılık gelen DNA katımı ile karsinojenitenin korelasyon gösterdiğini bildiren çalışmalar ile desteklenmektedir (44). Trp-P-2 içeren diyetle beslenen sıçanlarda mesane kanseri geliştiği gösterilmiştir (82). 52 hafta 400 ppm PhIP ile beslenen sıçanlarda erkeklerde yüksek sıklıkta prostat ve kolon kanseri, dişilerde ise meme kanseri geliştiği rapor edilmiştir (83). Buna ek olarak, MeA α C'nin sıçanlarda tükürük bezi ve pankreasda ciddi atrofiye neden olduğu belirtilmiştir (84). Haftada 5 kez 10 mg/kg IQ ile beslenen maymunların %70'inde, 20 mg/kg ile beslenen maymunların %100'ünde hepatosellüler karsinom geliştiği gözlenmiştir (85). Metry ve ark. (72) ise PhIP'in kolonu hedef alırken MeIQx'in karaciğeri hedef aldığını göstermiştir.

HAA'ların genotoksik aktivitesi, *in vitro* olarak bakteri, maya ve memeli hücrelerinde, *in vivo* olarak deney hayvanları olmak üzere çeşitli organizmalar üzerinde çalışılmıştır. Bakterilerde mutajenite ilk olarak HAA'ların biyolojik etkilerinin bir göstergesi olarak kullanılmıştır. HAA'ların spesifik mutajenik aktivitesi, çoğunlukla *S. typhimurium* TA98 ile belirlenmektedir (48). Salmonella mutajenitesi, HAA'lar arasında güçlü ve zayıf olmak üzere büyük ölçüde değişiklik göstermektedir ve bazı HAA'ların çok güçlü bir mutajenite gösterdiği belirtilmektedir. Örneğin, spesifik IQ mutajenik aktivitesi, benzo[α]piren'den 1000 kat daha fazladır. Mutajenik aktivitelerdeki bu büyük farkın sitokrom enzimlerinin ekzosiklik amino gruplarının reaktivitesindeki varyasyona, DNA ile metabolik ara ürünlerin reaktivitesine, DNA katımının onarılabirliğine veya DNA katımının mutajenik potansiyeline bağlı olabileceği belirtilmektedir (86).

Genotoksik bileşiklerin mutajenitesini değerlendirmek için genellikle 1970'lerde geliştirilen "Ames mutajenite testi" kullanılmaktadır. Bu değerlendirmede, mutajen varlığı mevcut ise ilgili koloni sayısında dış histidin kaynağı yokluğunda doza bağımlı bir şekilde artış olduğu bulunmuştur (87). İlk olarak, Ames mutajenite testi ile pişmiş balık ve sığır etinin son derece mutajenik potansiyeli olduğu tespit edilmiştir ve bu besinlerde bulunan mutajen varlığını araştırmak dünyanın dört bir yanından

bilim adamının dikkatini çekmiştir. Bugüne kadar bu değerlendirmelerde, HAA'ların HAA-DNA katımı oluşumu için metabolik aktivasyon gerektiren promotajen olduğu onaylanmıştır (48). HAA'ların mutajenik potansiyeli, kimyasal yapısına (kaynaşık aromatik halka sayısı, halkasındaki azot atomu sayısı, bir imidazo halkası içinde nitrojen üzerinde bulunan metil grubunun varlığı, ekzosiklik amino grubunun sayısı ve konumu) ve HAA'ların reaktif nitrenyum iyonu oluşturmak üzere N-oksidasyona uğrayabilme yeteneğine bağlıdır (88). Ayrıca, DNA katımı ile mutajenite varlığı arasında doğrusal bir ilişki olduğu, yani DNA katım seviyesi yüksek olduğunda daha etkili mutajen olduğu gösterilmiştir (89). MeIQ, IQ ve 8-MeIQx, Ames bakterisi reversiyon deneyinde test edilen en güçlü mutajenler arasındadır (48). *Salmonella* TA98 ve TA1538'de polar HAA'ların mutajenitesi, MeIQ>IQ>DiMeIQx>MeIQx>PhIP olarak bulunmuştur (90). Harman ve Norharman Ames/Salmonella testinde mutajenik olarak kabul edilmemektedir ancak bu HAA türleri diğer bileşiklerin mutajenik aktivitesini artırdıkları için "ko-mutajen" olarak adlandırılmaktadır (91). Örneğin Norharman, Trp-P-1 ve Trp-P-2'nin mutajenik etkilerini artırmaktadır (92). HAA-DNA katımının tek baz silinmesi, baz ikamesi veya baz transversiyonu gibi farklı yollarla mutasyona neden olduğu bildirilmiştir. Örneğin, bakteriyel deneylerde Fuscoe ve ark. (93) IQ, MeIQ ve PhIP'in *Salmonella* TA1538 bölgesinin *hisD* genindeki tek GC bazının silinmesine neden olduğunu, Koch ve ark. (94) ise dG-C8-PhIP katımının çoğunlukla GC-TA transversiyonuna neden olduğunu göstermiştir. Buna ek olarak, memeli hücrelerinde PhIP- ve IQ-DNA katımlarının guanin nükleotidi bitişiğindeki adenin veya guanin nükleotidinde G-T transversiyon mutasyonuna, aynı zamanda guaninde baz ikamesine ve guanin bazının bitişiğindeki guanin ve/veya adenin silinmesine neden olduğu gösterilmiştir (95, 96).

HAA'ların genotoksik potansiyelleri, bakteriyel mutajenite deneylerinde 1000 kat'dan fazla farklılık göstermesine rağmen biyolojik aktivitesi zayıf olan memeli hücre deneylerinde bu kadar geniş bir farklılık gözlenmemektedir (97). Çeşitli *in vitro* HAA'ların biyolojik potansiyelleri arasındaki uyumsuzluklar, farklı ekzojen ve endojen metabolik aktivasyon sistemleri, farklı DNA katım onarım kapasitesi, mutajenite için farklı gen lokusu bitiş noktaları ve farklı esas dizi bağlamları ve HAA-DNA lezyonları üzerinde komşu baz etkileri gibi tüm bu nedenlerden dolayı mutasyon frekanslarından etkilenmektedir (86). Memeli hücrelerinde HAA'ların

biyoaktivasyonuna katılan NAT2 veya SULT1A1 gibi faz II enzimlerinin ekspresyonunun HAA'ların mutajenik potansiyelini önemli ölçüde artırabildiği gösterilmiştir (97, 98). Bu nedenle ksenobiyotik metabolizma enzimlerinin tamamına sahip olmayan memeli hücrelerinde HAA'ların genotoksik potansiyelinin yorumlanması dikkatli yapılmalıdır (59).

2.5.3. Epidemiyolojik Çalışmalar

Kanser her yaşta insanı etkileyen potansiyel hayatı tehdit edici bir hastalık olmakla beraber ve kardiyovasküler hastalıklardan sonra kanser, tüm dünyada başlıca ölüm nedenidir (53, 99). Kemirgenler ve insan dışı primatlarda yapılan çalışmalar, uzun dönem HAA tüketimi ile kanser arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir (100). Epidemiyolojik çalışmalarda da etlerde bulunan kanserojenik maddelere özellikle HAA'lara maruziyetin insanlarda kanser riskini artırdığı gösterilmektedir. Özellikle 4 kanser türünün (kolorektal, meme, prostat, pankreas) et tüketimi ile ilişkili olduğu rapor edilmiştir (101). Toplam HAA kaynaklı kanser riski, genel olarak diyetle alınan HAA miktarına ve tüketim sıklığına bağlıdır (102). Birçok çalışma, HAA maruziyeti ile kanser riskinin arttığını açıkça göstermiştir (103, 104). ancak, çalışmaların bir kısmında verileri yanlış yorumlamaya yol açabilecek bir şekilde çalışmaların istatistiksel gücünü sınırlayan yetersiz örneklem büyüklüğü kullanılmıştır. Bu nedenle, maruziyet değerlendirmesinin yapılmasında ve HAA maruziyeti ile kanser riski arasındaki ilişkinin analizinde ek araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır (101).

Kolorektal Kanser

Birçok epidemiyolojik çalışma, kırmızı et tüketimini kolorektal kanser riskindeki artış ile ilişkilendirmektedir (relatif risk:1.3-4.0) (105). Bir meta-analiz çalışmasında, 110 g/gün kırmızı et tüketimi kolorektal kanser riskinde %27 artış ve 50 g/gün işlenmiş et tüketimi kolorektal kanser riskinde %29 artış ile ilişkilendirilmiştir (106). Ayrıca, vaka-kontrol çalışmalarında yüksek seviyelerde HAA içeren iyi pişmiş ızgara et tüketen bireylerde kolorektal kanser riskinin yüksek olduğu bildirilmiştir (107, 108). Amerika'da popülasyona dayalı vaka-kontrol çalışmalarında kolorektal polipler ile iyi pişmiş et tüketimi ve/veya HAA maruziyeti arasında pozitif ilişki olduğu rapor edilmiştir (107, 108). Nowell ve ark. (109)'nın yaptığı çalışmada, daha yüksek HAA maruziyeti ile kolorektal kanser riski arasında kuvvetli bir ilişkili olduğu

ve iyi pişmiş veya çok iyi pişmiş et tüketimindeki artışın kolorektal kanser riskini 4.36 kat artırdığı gösterilmiştir. Geniş bir prospektif çalışmada, artmış MeIQx ve DiMeIQx alımı, artmış kolon kanser riski ile ilişkilendirilirken rektal kanser ile ilişkilendirilememiştir (110). Marchand ve ark. (111), kolorektal kanser ile HAA alımı arasında doz bağımlı ilişki (2-3 kat artış) olduğunu ve bu ilişkinin MeIQx için en güçlü olduğunu bildirmiştir.

Meme Kanseri

Meme kanseri, kadınlarda en çok görülen kanser türüdür, tüm dünyada 2012 yılında yaklaşık 1.7 milyon yeni vaka tanımlanmıştır. Yani, tüm yeni kanser vakalarının %12'sini, kadınlarda tüm kanserlerin %25'ini oluşturmaktadır. Amerika'da 2012 yılında, 224.147 kadın bireyin meme kanseri teşhisi aldığı ve 41.150 kadın bireyin bu hastalıktan dolayı öldüğü rapor edilmiştir (112). Artmış meme kanseri gelişim riski ile iyi pişmiş ızgara et tüketiminin ilişkili olduğu bildirilmektedir. Vaka-kontrol çalışmalarında, iyi pişmiş et tüketimi ve HAA maruziyeti ile meme kanseri arasında pozitif bir ilişki rapor edilmiştir (33). Meme dokuları PhIP-DNA katımına karşı duyarlıdır ve artmış PhIP maruziyeti PhIP-DNA katımını artırmakta ve sonuç olarak meme kanser riskini artırmaktadır. Meme kanser riskindeki bu artış, PhIP için istatistiksel açıdan anlamlı bulunurken MeIQx ve DiMeIQx için anlamlı bulunamamıştır (67). Ayrıca, meme kanseri riski insidansı ve iyi pişmiş et tüketimi arasındaki ilişkinin bazı genlerdeki HAA aktivasyonu veya detoksifikasyon için metabolize enzimlerini kodlayan genetik polimorfizmler ile modifiye edilebileceği öne sürülmüştür (113).

Prostat Kanseri

Prostat kanseri, erkeklerde en çok görülen kanser türüdür, tüm dünyada 2012 yılında yaklaşık 1.1 milyon yeni vaka tanımlanmıştır. Yani, tüm yeni kanser vakalarının %8'ini, erkeklerde tüm kanserlerin %15'ini oluşturmaktadır. Amerika'da 2012 yılında, 177.489 erkek bireyin prostat kanseri teşhisi alırken 27.244 erkek bireyin bu hastalıktan dolayı öldüğü rapor edilmiştir (114). Amerika'da yapılan bir kohort çalışmada prostat kanser insidansı ile iyi veya çok iyi pişmiş et tüketimi arasında pozitif bir ilişki olduğu rapor edilmiştir (115). Norrish ve ark (116)'nın yaptığı

çalışmada, iyi pişmiş biftek tüketiminden kaynaklanan HAA maruziyeti ile prostat kanser riski arasında güçlü bir ilişki (relatif risk:1.68) rapor edilmiştir.

Pankreas Kanseri

Izgara veya barbekü kırmızı et tüketimi ile pankreas kanseri riski arasında pozitif ilişki gözlenmiştir (117, 118). Stolzenberg-Solomon ve ark. (119) tarafından yapılan bir çalışmada, kırmızı et, yüksek sıcaklıkta pişirilmiş et, iyi pişmiş ve çok iyi pişmiş etin fazla tüketimi ile artmış pankreatik kanser riski arasında kadınlar için bir ilişki saptanırken erkeklerde bu ilişki gözlenmemiştir.

2.6. Besinlerde Oluşan HAA Düzeyleri

Besinlerde HAA normal olarak çok düşük düzeylerde bulunur ve pişmiş etlerde HAA içeriği etin türü, pişirme yöntemi, pişirme süre ve sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Besinlerde en çok oluşan HAA çeşidi PhIP'tir ve onu MeIQx, DiMeIQx takip etmektedir. PhIP, pişmiş etlerde yaklaşık 35 ng/g bulunmaktadır. MeIQx sıklıkla PhIP'in yarısı kadar miktarlarda (10 ng/g kadar) bulunmaktadır. Tavuk etinde PhIP, MeIQx'e göre daha yüksek miktarlarda bulunurken kırmızı etlerde MeIQx ve PhIP benzer miktarlarda bulunmaktadır. PhIP oluşum mekanizmasının diğer HAA'lardan farklı olması nedeniyle pişmiş tavuk etlerinde PhIP daha fazla miktarlarda oluşmaktadır (102).

Pişmiş et örneklerinde IQ ve MeIQ ise nadiren bulunmaktadır. AαC seviyelerinin ızgara, barbekü pişirme yöntemleri ile yüksek sıcaklıklarda kızartılan etlerde daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Düşük sıklık ve konsantrasyonlarda 4,8-DiMeIQx tespit edilmiştir (52). Tavuk karaciğeri, sığır karaciğeri, sığır dili ve kuzu böbreği gibi pişmiş sakatat ürünlerinde HAA içeriğinin çok düşük düzeylerde veya tespit edilemeyecek kadar düşük düzeyde olduğu çalışmalarda gösterilmektedir (120, 121). Bu düşük HAA seviyelerinin çığ örneklerin kreatin miktarından kaynaklandığı düşünülmektedir (121). Örneğin, çığ tavuk ciğerinde kreatin miktarı, 2 µmol/g yaş ağırlık olarak bulunmuştur. Bu miktar, tavuk etinden yaklaşık 10 kat daha düşüktür (120). Puangsombat ve ark. (122), biftek, tavuk eti, domuz eti ve balık eti ile yaptıkları çalışmada, toplam HAA içeriğinin orta-az pişmiş etlerde iyi pişmiş etlerden 3.5 kat daha az olduğunu göstermiştir. Çalışmada, kızartılmış domuz etinde toplam HAA içeriğinin kızartılmış biftek ve tavuk etinden daha yüksek olduğu gösterilmiştir.

Kızartılmış derili tavuk etinin HAA içeriğinin yüksek olduğu, bu sebeple derisiz tavuk eti tüketiminin HAA maruziyetini azaltabileceği vurgulanmıştır. Ayrıca aynı çalışmada, en düşük HAA içeriği (<5 ng/g) fırınlanmış biftek, derisiz kızartılmış tavuk eti, orta-az pişmiş biftek, kızartılmış domuz etinde, orta derecede HAA içeriği (5-19 ng/g) kızartılmış köfte, derili kızartılmış tavuk eti, fırınlanmış balık eti ve iyi pişmiş biftekte, en yüksek HAA içeriği (>10 ng/g) kızartılmış domuz eti, kızartılmış balık eti ve kızartılmış domuz pastırmasında saptanmıştır. Dana bifteklerde barbekü çeşidinin (tel ve taş) ve pişirme seviyelerinin (nadir, orta, iyi pişmiş ve çok iyi pişmiş) HAA oluşumu üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, tel barbeküde toplam HAA miktarının daha fazla olduğu saptanmıştır. Çalışmada, çok iyi pişmiş etlerde toplam HAA içeriğinin tel barbeküde 13.52 ng/g, taş barbeküde 0.13 ng/g olarak bulunmuştur (123).

Pişirme yöntemlerinin ısı iletimi ve su kaybına bağlı olarak HAA oluşumunu etkilediği bilinmektedir (124). Pişirme yöntemleri kıyaslandığında, tavada kızartma, ızgara ve broiling gibi yüksek sıcaklıklarda pişirme yöntemlerinde yüksek konsantrasyonlarda HAA oluşurken konveksiyon yoluyla pişirme gerçekleşen fırında rosto (oven-roasting) ve fırında pişirme (baking) yöntemlerinde düşük veya orta seviye HAA oluştuğu rapor edilmiştir (125, 126). Haşlama ve buharda pişirme yöntemlerinde normal olarak 100°C'nin altındaki sıcaklıklara ulaşmakta ve genellikle HAA düşük veya tespit edilemeyecek kadar düşük düzeyde olmaktadır (125). Çeşitli pişirme yöntemlerinde 180°C'de pişirilen tavuk göğüs etinde toplam HAA oluşumu sırasıyla kömürlü ızgarada 112 ng/g, tavada kızartmada 27.4 ng/g ve derin yağda kızartmada 21.3 ng/g, rosto pişirmede 4 ng/g olarak saptanmıştır. Aynı çalışmada kömürlü ızgarada pişirilen tavuk göğüs etlerinde HAA türlerinden en fazla 32.2 ng/g Norharman ve bunu takiben sırasıyla 32 ng/g Harman, 31.1 ng/g PhIP olarak bulunmuştur (91). Tavuk eti, dana eti ve koyun etinde farklı pişirme yöntemlerinin (tavada kızartma, derin yağda kızartma, ızgara yapma, rosto yapma) Harman ve Norharman içerikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, Harman ve Norharman içeriklerinin en çok sırasıyla ızgara yapma, derin yağda kızartma, yağsız tavada pişirme ve rosto pişirme yöntemlerinde olduğu saptanmıştır (127). Mikrodalgada ön pişirme, etlerde HAA oluşumunu azaltmada pratik yoldur. Mikrodalga pişirmede, ısı ürünün içinde oluşturulur ve sıcaklık diğer parçaların

sıcaklığının üzerine çıkmaz ve kabuk oluşmaz. Mikrodalga ön pişirme ile su kaybı olduğu ve küçük moleküllü HAA öncülerinin etin yüzeyine taşınmasının önlendiği ve buna bağlı olarak HAA oluşumunun azaldığı çalışmalarda gösterilmiştir (42, 128). Felton ve ark. (128), 250°C’de her iki yüzü 6 dk boyunca kızartılmadan önce köfteleri 3 dk mikrodalga ile ön pişirmenin MeIQx, IQ, DiMeIQx ve PhIP oluşumunu 3-9 kat azalttığını göstermiştir. Bu azaltıcı etkinin mikrodalga ile suda çözünen HAA öncülerinin (kreatin, şeker ve aminoasit) yaklaşık %30 azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

2.7. Diyet ile Heterosiklik Aromatik Amin Maruziyeti

Polar olmayan HAA’lar normal pişirme sıcaklıklarının üzerinde oluştukları için normal sıcaklıklarda çok düşük düzeyde oluşmaktadır. Diğer taraftan polar HAA’lar, normal pişirme sıcaklıklarında kolayca oluştuğu için polar olmayan HAA’lardan daha fazla ilgi odağı olmuştur. Besinlerde HAA içeriği 0-100 ppb (ng/g) arasında değişmektedir. Kızartma, ızgara, rosto yapma gibi 150°C’nin üzerindeki pişirme yöntemlerinde yüksek miktarlarda HAA oluşmaktadır (52).

Genel olarak HAA maruziyeti, et tüketim sıklığı, pişirme yöntemleri, pişme düzeyi ve besinlerde oluşan HAA miktarının birleştirilmesiyle tahmin edilmektedir (129). İnsanların diyetle yaklaşık toplam 250-300 ng/gün HAA’lara maruz kaldığı, en fazla miktarda ise PhIP (~160-240 ng), MeIQx (~70-90 ng) ve 4,8-DiMeIQx (~4-6 ng)’e maruz kaldığı bildirilmiştir (118). Amerika popülasyonu için tahmin edilen günlük HAA alım miktarı çalışmalarda 6.3 ng/kg/gün (130), 20.1 ng/kg/gün (100) ve 2.3-6.6 (131) ng/kg/gün olarak bildirilmiştir. Avrupa popülasyonunda ise bir çalışmada 2.3 ng/kg/gün (132) ve bir başka çalışmada 6.6 ng/kg/gün (133) HAA alımı olduğu tahmin edilmektedir. Çeşitli kohort çalışmalarda, PhIP maruziyeti 285.5-457 ng/gün arasında değişmektedir (134).

HAA maruziyet tahmini, et ve et ürünleri tüketim anketleri, ulusal tüketim anketleri, etlerin pişme düzey tercihinin yanı sıra vücut ağırlığı, yaş, cinsiyet, etnik köken vb. gibi faktörlere dayalı olduğu için tam olarak HAA maruziyetini değerlendirmek zordur (135). Keating ve Bogen (131)’in yaş, cinsiyet ve ırka göre HAA alım düzeylerinin karşılaştırdığı bir çalışmada, özellikle Afrikan-Amerikalı erkeklerde beyaz erkeklere kıyasla neredeyse iki kat daha fazla HAA maruziyeti

olduğu ve diyet ile en çok maruz kalınan HAA'nın PhIP olduğu (toplam HAA alım miktarının %70'i) gösterilmiştir. Çalışmada, ırklar arasında HAA alım miktarındaki bu farklılığın Afrikan-Amerikalıların en fazla tercih ettikleri ızgara hamburger tüketimleri, beyazların ise pişirme yöntemlerinden en çok tavada pişirme veya kızartma yöntemlerini tercih etmelerinden kaynaklandığı ileri sürülmüştür. HAA alımının tahmini ile ilgili önemli belirsizlikler mevcuttur. Evde pişirilen etlerin, ticari olarak satılan et ürünlerinin ve fast-food restoranlarda tüketilen etlerin HAA içeriklerine dair verinin sınırlı olması nedeniyle HAA maruziyet tahmini ile ilgili bazı zorluklar bulunmaktadır (4).

2.8. Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Besinlerde HAA oluşumunun et türü, et miktarı, etin asitliği, pişirme süresi, pişirme sıcaklığı, pişirme ekipmanları ve yöntemleri, pH ve su aktivitesi gibi fiziksel faktörler ile karbonhidratlar, aminoasitler, kreatin, aminoasit profili gibi etin öncü içeriğinden etkilendiği bildirilmektedir. Ayrıca HAA konsantrasyonları, ısı, kütle transferi, lipid içeriği, lipid oksidasyonu ve antioksidanların varlığına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (136-139).

2.8.1. Pişirme Süresi ve Sıcaklık Derecesi

HAA'ların oluşumu, pişirme süre ve sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir ve her iki faktörün de HAA oluşumu üzerine güçlü bir etkisi vardır (52). Çalışmalar, hem model sistem hem de çeşitli etlerde daha uzun sürelerde veya daha yüksek sıcaklıklarda pişirme ile toplam HAA miktarında artış olduğunu göstermektedir (140-142). Yüksek sıcaklıklarda su kaybının artışı ile HAA öncülerinin etin yüzeyine çıkması sonucu HAA oluşumunun daha fazla olduğu düşünülmektedir (143). HAA'lar yüksek sıcaklıklarda (>150°C) oluşma eğilimindedir, ancak yeterli zaman olursa daha düşük sıcaklıklarda da oluşabileceğini gösteren bazı çalışmalar mevcuttur (44). 150°C'de kızartılmış besinlerde HAA seviyelerinin düşük veya tespit edilemeyecek kadar az olduğu, pişirme sıcaklığı 190°C'nin üzerine çıktığında toplam HAA seviyesinde keskin bir artış, 200°C aşıldığında ise şiddetli artış olduğu tespit edilmiştir (144). Daha düşük sıcaklık ve sürelerde pişirme ile besinlerde HAA oluşumunun azaltılabileceği bildirilmiştir. Daha düşük sıcaklıklarda kızartılan etlerde mutajenik aktivitede de belirgin bir azalma olduğu gösterilmiştir (124, 140, 145).

2.8.2. Nem

Model sistem çalışmalarında yüksek sıcaklık ile HAA oluşumunda öncü olan suda çözünür bileşiklerin etin yüzeyine taşınmasında suyun önemi gösterilmiştir (146). Suyun varlığı, HAA türü ve miktarını etkilemektedir. IQ ve IQx tipi HAA oluşumu için nemli koşullar gerekli iken piridin aminlerin (PhIP, TMIP, IFP) oluşumu için kuru koşullar gereklidir (147).

2.8.3. Lipidler

Lipidlerin HAA oluşumu üzerindeki etkisi çok iyi anlaşılamamıştır, çünkü lipidlerin HAA oluşumunu hem önleyici hem de artırıcı etkilere sahip olduğu çalışmalarda gösterilmiştir (148). HAA oluşumunda lipidlerin inhibisyon etkisinin etlerdeki öncüleri seyreltmesi, HAA oluşumunu artırma etkisinin ise lipidlerin ısıyı besin içine daha verimli iletmeleri nedeniyle olabileceği düşünülmektedir (149, 150). Bunların yanı sıra, lipidler lipid oksidasyonu üzerinden serbest radikal üreterek ve lipid hidroperoksitlerin Maillard reaksiyonuna benzer olarak Schiff bazı vererek aminoasitler ile reaksiyona girebilen aldehidler üretmesi sonucu HAA oluşumunu artırabileceği ileri sürülmektedir (12). Ayrıca Kawamura (151) tarafından rapor edildiği gibi, lipidlerin oto-oksidasyon yoluyla yüksek moleküler ağırlıklı esmerleşme ürünleri üretmek için amino bileşikler ile reaksiyona girebilen karbonil bileşikleri oluşturarak da HAA oluşumunda yer alabileceği düşünülmektedir. Ayrıca yüksek lipid içeriğinin HAA'ların termal degradasyonunu engelleyebileceği belirtilmiştir (150). Johansson ve ark. (152)'nin model sistemde okside lipidlerin HAA oluşumuna etkilerini inceledikleri bir çalışmada, lipid oksidasyon derecesinin (oksijen ve hidrojen peroksit eklenmesiyle oluşturulan) MeIQx oluşumunda hafif bir artışa neden olduğunu ancak bu artışın istikrarlı bir eğilim göstermediğini bulmuştur. MeIQx oluşumundaki artışın ise Maillard reaksiyon ürünlerindeki (piridinler, pirazinler ve Strecker aldehidler) artış ile açıklanabileceği düşünülmüştür.

2.8.4. Öncü Bileşiklerin Konsantrasyonu

Model sistem çalışmalarında HAA oluşumunun, hem öncülerinin (kreatin, kreatinin, şeker ve aminoasitler) miktarlarına hem de ara ürünlerin miktarlarına

(örneğin Amadori bileşikleri, Strecker dehidrasyonu, piridin ve pirazin) göre değiştiği gösterilmektedir (50, 153, 154).

Kreatin ve Kreatinin

Çeşitli modellerde ve pişirme deneylerinde kreatin/kreatinin HAA oluşumu için öncü olarak gerekli olduğu gösterilmiştir (155). Kreatin, peynir, fasulye, karaciğer ve karides gibi proteinden zengin besinlerde çok az miktarlarda bulunmaktadır. Bordas ve ark. (156) yapmış oldukları çalışmada, kreatinin miktarında 5 kat artışın nispeten daha yüksek miktarda IQ, MeIQx ve PhIP oluşumuna yol açtığını, kreatinin miktarında 25 kat artışın PhIP miktarını artırırken IQ ve MeIQx miktarlarını ise azalttığı gösterilmiştir. Bu sonuç, aşırı kreatinin seviyelerinin IQ ve IQx-tipi bileşiklerinin oluşumunda elverişli olmadığını göstermektedir (156). Artan sıcaklık süresi ile çiğ etlerdeki kreatin miktarı azalırken kreatinin miktarının ise arttığı çalışmalarda gösterilmiştir (26, 157). Ahn ve Grün (158)'ün yapmış oldukları çalışmada, pişirme ile kreatin seviyelerinde benzer düşüşü ve bazı antioksidan bileşiklerin eklenmesi ile bu seviyelerin daha çok düştüğünü göstermiştir. Kreatin seviyesindeki bu düşüşün ısıl işlem sonucu kreatinin kreatinine dönüşümünden kaynaklandığı bilinmektedir (159). Antioksidan bileşiklerin eklenmesi ile oluşan bu düşüş, kreatin miktarının HAA oluşumu için öncü olduklarının da bir kanıtı olarak gösterilebilir. Çünkü hiçbir antioksidan bileşik eklenmediğinde HAA oluşumunun daha fazla olduğu yine aynı çalışmada gösterilmiştir (158). Gibis ve ark. (157)'nin yaptıkları bir çalışmada, kreatinin ile HAA oluşumu arasında pozitif bir korelasyon olduğu bulunmuştur. Bazı çalışmalarda kreatinin miktarı, polar HAA oluşumu için öncü olarak görülürken (160) diğer çalışmalarda HAA oluşumunda çok az miktarda kreatinin kullanıldığı ileri sürülmektedir (49). Ayrıca kreatin seviyesi yüksek olan (1.5 mg/g) sığır etlerinde düşük olanlara göre mutajenik etkisinin daha fazla olduğu çalışmalarda gösterilmiştir (161).

İndirgen Şekerler

İndirgen şekerlerin varlığı, HAA oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır. Kreatin, kreatinin ve aminoasitler ile birlikte glukoz, fruktoz, riboz, eritroz ve laktoz gibi indirgeyici şekerler de aynı zamanda HAA oluşumu için gereklidir (162). Glukozun özellikle MeIQx ve DiMeIQx oluşumu için gerekli olduğu rapor edilmiştir,

ancak PhIP'in basit şeker olmadan da oluşabildiği, buna karşın glukoz eklendiğinde oluşumunun 3 kat arttığı gösterilmiştir (163, 164). Bununla birlikte, çoğu HAA'nın sentezi için IQ tipi HAA'ların piridin bölümü ile IQx tipi HAA'ların pirazin bölümünün sentezinden sorumlu olan basit şekerler (indirgeyici şekerlerin) az miktarda olsa gerekmektedir (165). Glukoz ile karşılaştırıldığında, fruktoz daha fazla HAA oluşumuna neden olmaktadır ve aynı zamanda benzer şekilde HAA oluşumunu da daha fazla önlemektedir. Laktoz ve sukroz, HAA oluşumunu etkilemektedir, ancak glukoz kadar etkili değildir. Disakkaritler benzer etki göstermelerine rağmen monosakkaritler daha belirgin inhibitör etki göstermektedir (163). Çalışmalarda çiğ etlerde glukoz konsantrasyonunun pişirme sonrası azaldığı gösterilmiştir (26, 157, 158). Gibis ve ark. (157)'nin yaptığı çalışmada, çiğ etlerin glukoz içeriklerinin kızartma ile azaldığı ve kreatin, glukoz, serbest aminoasit miktarlarının azalması ile HAA oluşumu arasında korelasyon olduğu bulunmuştur. Ayrıca Liao ve ark. (166), glukoz seviyelerindeki azalmanın HAA oluşumu ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu azalmanın ısı ile glukoz degradasyonundan, aminoasitlerin glukoz ile reaksiyonundan veya glukozun HAA oluşumuna katkısından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Glukoz ve kreatinin degradasyon ürünlerinin HAA oluşumuna katkıda buldukları düşünülebilir, ancak bunlar direkt olarak (sadece glukoz ve kreatinin miktarlarının azalması hariç) tespit edilememektedir (158). Etlerde şeker doğal olarak kreatin ve aminoasit seviyelerinin yaklaşık yarısı kadar miktarda bulunmaktadır. Etlerde veya model sistemde glukoz ve kreatin eşit miktarlarda bulunduğu glukozun HAA oluşumunda öncü olarak görev yaptığı düşünülmektedir. Bunun aksine, glukoz konsantrasyonlarının etlerde doğal olarak bulunan bu oranı aştığında toplam HAA oluşumunda azalma olduğu gösterilmiştir (163). Bunların yanı sıra, glukozun HAA oluşumunu inhibe edebileceğini gösteren çalışmalarda mevcuttur. Model sistemde 200°C'de 30 dakika ısıtılan kuru liyofilize et ekstraktına 2.5 kat daha fazla glukoz eklendiğinde HAA oluşumunda bir artış gözlenmezken 5 kat daha fazla glukoz eklendiğinde IQ tespit edilemezken MeIQx, DiMeIQx ve PhIP konsantrasyonları ise azalmıştır. Bu çalışma, yüksek konsantrasyonlarda eklenen glukozun HAA oluşumunu önleyici etkiye sahip olduğunu göstermektedir (147, 154, 163). Benzer olarak farklı konsantrasyonlarda (%9, %14 %19 w/w) şeker ilave edilerek yapılan bir çalışmada, şeker konsantrasyonu %14'e çıktığında kızartılmış balıklarda toplam HAA oluşumu

artarken şeker konsantrasyonu %19'a çıktığında toplam HAA oluşumunun %43 azaldığı gösterilmiştir (167). Eşit oranlarda glukoz ve fruktoz ve az miktarda sukroz içeren bal ile marine edilen ızgara tavuklarda MeIQ, PhIP, DiMeIQx, IQ, IQx ve Norharman içeriğinde önemli bir azalma olduğu saptanmıştır (168). Bu çalışmaların aksine, Arvidson ve ark. (169), ısıtıl işlemde 15 dakika sonra kreatinin ve aminoasitlerin miktarlarının %20'sinin hala korunduğunu, ısıtıl işlemde 2.5 dakika sonra tüm glukozun tükendiğini, bu nedenle glukozun HAA oluşumunda sınırlayıcı öncü olduğunu bununla birlikte, ilave glukozun HAA oluşumunu artırmadığını göstermiştir.

Glukoz ve kreatin(in) birbirine oranları da aynı zamanda HAA oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır (170). Glukoz, kreatin(in) miktarının yarı mol oranında ilave edildiğinde HAA oluşumunun en yüksek düzeyde olduğu ve glukoz miktarının bu mol oranının üzerine çıktığında ise HAA oluşumunu inhibe ettiği gösterilmiştir (157). Skog ve Jägerstad (163), model sistemde aşırı miktarda ilave glukozun eklenmesi ile bu glukoz/kreatinin oranı aşıldığında kreatinin miktarının belirgin bir şekilde azaldığını göstermiştir. Fruktoz, laktoz ve sukroz için de aynı etki gösterilmiştir. Bu sonuçlar, glikozun kendisinin veya muhtemelen bazı Maillard reaksiyon ürünlerinin kreatin veya kreatinin ile doğrudan birleşebileceğini ve bu tür bir reaksiyonun mutajenik bileşikleri oluşturan reaksiyonla rekabet edebileceğini düşündürmektedir (164). Model sistemde Maillard reaksiyon ürünlerinden biri olan hidroksimetilfurufural (HMF)'in eklenmesi ile kreatinin miktarlarının azalması ve mutajenitenin artması bu fikri desteklemektedir. Ayrıca kızartma sırasında kreatin miktarının kreatinine dönüşümünün arttığı bilinmesine rağmen karbonhidrat eklenerek karıştırılan etlerde kreatin miktarı korunurken kreatinin oluşumunun azaldığı gösterilmiştir (171). Fazla şeker varlığının maillard reaksiyonu ürünlerinden imidazokuinoksalinlerin oluşumunu engelleyerek mutajenik bileşiklerinin oluşumunun inhibe edebileceği öne sürülmektedir. Ayrıca Maillard ürünlerinin oluşumunun reaksiyon yolağını değiştirerek HAA konsantrasyonunda azalma sağladığı düşünülmektedir (44). Persson ve ark. (172) tarafından karbonhidratların diğer ürünleri oluşturmak için Maillard reaksiyonlarına katıldığını ve bu reaksiyonların HAA oluşumunu engellediği gösterilmiştir. Ayrıca çalışmalarda fruktooligosakkarit, galaktooligosakkarit, isomaltooligosakkarit gibi farklı

oligosakkaritlerin pişmiş et ürünlerinde HAA oluşumunu azalttığı gösterilmiştir. Oligosakkaritlerin öncülerin yüzeydeki kütle transferini etkilediği ve bunun daha yüksek su tutma kapasitesi ve pişirmede daha az ağırlık kaybı ile sonuçlandığı düşünülmektedir (23).

Aminoasitler

Serbest aminoasitler, HAA oluşumu için gereklidir. Farklı tür aminoasitler, farklı HAA türlerinin oluşumu için gereklidir (173). Bununla birlikte, farklı aminoasitler, aynı mutajenleri oluşturabilirler. Örneğin, treonin, glisin, lizin, alanin ve serin aminoasitleri gibi 17 farklı aminoasit çeşitli reaksiyonlar sonucu MeIQx oluşumuna neden olmaktadır (174). Model sistem çalışmalarında, fenilalanin aminoasidinin özellikle tavuk etlerinde yüksek olarak bulunan PhIP oluşumu için öncü olduğu ve tavukta yine yüksek olarak bulunan tirozin ve izolösin aminoasitlerinin yine PhIP oluşumunda rol aldığı gösterilirken domuz etinde fenilalanin miktarı ile PhIP oluşum düzeyleri arasında bir ilişki gösterilememiştir (52). MeIQx, aminoasitlerden glisin, treonin, alanin ve lizinden oluşmaktadır. Model sistemde, treonin, alanin ve lizin aminoasitlerinin ise 4,8-DiMeIQx oluşumunda yer aldığı gösterilmiştir (175). Glisin, alanin ve lizin aminoasitleri ise 7,8-DiMeIQx oluşumundan sorumludur. L-sistein hariç olmak üzere bütün aminoasitlerin mutajenik aktiviteyi artırdığı gösterilmiştir. Tümü işaretlenmiş aminoasitlerde kreatinin, alanin, fenilalanin ve lizin aminoasitleri PhIP oluşumu ile ilişkili bulunurken diğer aminoasitlerin HAA oluşumuna katılmadığı gösterilmiştir (176). Benzer olarak, domuz, sığır ve tavuk etinde sadece lizin, tirozin, fenilalanin, prolin, izolösin ve aspartik asit aminoasitleri, PhIP seviyeleri ile anlamlı pozitif korelasyon gösterirken diğer aminoasitler ile diğer HAA içerikleri arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (177).

2.8.5. Lipid Oksidasyonu

Oksidatif bozulma, oksidasyon ürünlerinin oluşumuna bağlı olarak canlı organizmalarda sağlık risklerine neden olabilmektedir. Bu oksidasyon ürünleri, canlı organizmalarda oksidatif hasara ve hatta mutajenez ve karsinogeneze neden olabilir. Lipitlerin oksidasyonu, otooksidasyon, fotooksidasyon, termal oksidasyon ve enzimatik oksidasyon ile gerçekleşebilmektedir. Mekanizmalar farklı faktörlerden etkilenmektedir (178). Otooksidasyon, besinlerin oksidatif bozulmasına yol açan ve

biyolojik sistemlere zarar veren en yaygın aşamadır (179). Derin yağda kızartma sırasında yüksek sıcaklıklarda oksidasyon süreci hızlanabilir ve bu durum, serbest yağ asitleri ve polar madde oluşumunu hızlandırabilir (180). Fotooksidasyon, bir fotosensitizer tarafından lipit moleküllerine enerji transferini içermektedir. Aynı zamanda lipoksigenaz gibi enzimler de yağ asitlerinin oksidasyonunu katalizleyebilir. Genel olarak, lipit oksidasyonunun serbest radikal zincir reaksiyon mekanizması ile oluştuğu kabul edilmektedir. Zincir reaksiyonu, başlangıç (initiation), yayılma-hızlanma (propagation) ve sonuçlanma (termination) olmak üzere üç aşama ile ilerleyerek kompleks kimyasal değişikliklere neden olmaktadır (178). Başlangıç aşamasında lipitler katalizörlerin etkisi ile parçalanır, serbest radikalleri oluşturur ve bu serbest radikaller diğer besin öğeleri ile reaksiyona girer. Yayılma aşamasında daha fazla serbest radikaller oluşur ve besinin hızlı indirgenmesi ile sonuçlanır. Bu serbest radikaller daha fazla serbest radikal oluşturmak için hızlıca lipit moleküllerini okside eder. Genel olarak, lipit oksidasyonu ana oksidasyon ürünü olarak lipid hidroperoksitleri ve konjuge dienler veya trienleri üretir. Bu oksidasyon ürünleri kararlı değildir ve alkol, aldehit, keton, hidrokarbon, organik asit gibi ikincil oksidasyon ürünlerine yıkılırlar. Hidroperoksitler ve ikincil oksidasyon ürünleri besinlerde acı tattan sorumludur (180).

Lipid oksidasyonu, etlerin kalitesini ve kabul edilebilirliğini etkileyen en önemli parametrelerden biridir ve renk değişimlerine, besin değeri kayıplarına, lezzet bozulmalarına, toksik bileşiklerin oluşumuna neden olmaktadır (181). Buna ek olarak, yağda çözünen vitaminlerin ve esansiyel yağ asitlerinin bozulmasına neden olmaktadır (182). Lipid oksidasyonu, pişmiş etlerde bozulmanın temel nedenidir. Çiğ etlere kıyasla pişmiş etlerde oksidasyon daha hızla ilerler ve etlerin pişirilmesinden sonra saatler içinde okside olmuş lezzet ortaya çıkar. Isıl işlemler, hücre membranını bozarak ve pro-oksidanları salarak lipid oksidasyonunu indükleyebilir ve böylece pişmiş et ürünlerinde soğuk depolama ve yeniden ısıtma sırasında hızla gelişen lezzet bozan bileşiklerin oluşmasına neden olmaktadır (183).

Et ve et ürünlerinin lipid oksidasyonuna duyarlılığı birden fazla faktöre bağlıdır. Bu faktörlerden birisi de etlerdeki çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) miktarıdır. Biyolojik membranlar çoklu doymamış yağ asitleri bakımından zengin olan fosfolipidleri içermektedir. Lipid oksidasyonu ayrıca metal iyonlarının varlığı, oksijen,

nem, sıcaklık, UV ışınlar, hem pigmentler, okside enzimler, mekanik işlemler, eklenen tuz miktarı, pişirme yöntemleri gibi faktörlerden etkilenmektedir (184). Lipid oksidasyonu, düşük molekül ağırlıklı metaller, hemoglobin ve miyoglobin gibi demir içeren hem proteinlerinin hareketi ile meydana gelebilir. Lipid membran sisteminin bozulması, pişirme sırasında serbest radikallerin üretimi ve oksitleyici reaksiyonların ilerlemesi ile sonuçlanan oksijen ve düşük molekül ağırlıklı metaller gibi pro-oksidanların çoklu doymamış yağ asitleri ile etkileşimini kolaylaştırır (185).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, lipit oksidasyonu sırasında reaktif karbonillerin oluşması nedeniyle oksitlenmiş lipitlerin de HAA oluşumuna katkıda bulunabildiğini göstermiştir (22). Pişirme sırasında lipidlerin termal oksidasyonu nedeniyle serbest radikal oluşmaktadır. Lipidlerin imidazokinoksalinlerin kinoksalin kısmının oluşumuna katkıda bulunan moleküller olan pirazinler ve aldehitler gibi belirli Maillard reaksiyon ürünlerinin oluşumunu artırdığı düşünülmektedir (186). Ayrıca, bazı amino asitlerin termal ayrışmasıyla üretilen karbonil bileşiklerinin HAA oluşumuna katkıda bulunabileceği düşünülmektedir (22).

Etlerde lipit oksidasyon ürünlerini değerlendirmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Et ve et ürünlerinde lipid peroksidasyonunu belirlemek için tiyobarbitürik asit reaktif oksidasyon ürünleri (TBARS) ölçülebilir. TBARS analizi, lipid oksidasyonunun önemli bir ikincil yan ürünü olan malondialdehid (MDA) miktarını belirlemede kullanılır (187). Spektrofotometrik olarak tespit edilebilen kırmızı renkli bir katım oluşturmak için tiyobarbitürik asit (TBA), MDA ile reaksiyona girer. Kromatografik yöntem ile karşılaştırıldığında TBARS analizi basit, hızlı ve düşük maliyetli olduğu için lipid peroksidasyonu belirlemede yaygın olarak kullanılmaktadır (188).

Lipid oksidasyon ürünlerini en aza indirmek veya önlemek, besin kalitesini korumak ve besinlerin raf ömrünü uzatmak için antioksidanların kullanımı en etkili yoldur. Antioksidanlar, besinlerde veya vücutta yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu oksidatif prosesleri geciktirir, kontrol eder veya önler (180). Baharatların ve bitkilerin lipidlerin oksidasyonunu önleyebilen biyoaktif bileşikleri içerdiği bilinmektedir. Baharat ve bitkilerin antioksidan aktivitelerinden birisi, hidrojen atomu vererek serbest radikalleri bloke ederek serbest radikal temizleyici olmasıdır (189). Eterlerde oksidasyon süreçlerinin geciktirilmesinde antioksidanlar

başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. En yaygın olarak kullanılan antioksidanlar; butillenmiş hidroksianisol (BHA), butillenmiş hidroksitoluen (BHT) veya propil gallattır (PG) (190-192). Son zamanlarda, sentetik antioksidan kullanımı tüketicilerde sağlık sorunlarına neden olma potansiyeline sahip olduğu kaygısı yaratmış ve alternatif bitki orijinli doğal besin içeriklerine olan talepte artış olmuştur. Birçok besin, et ürünlerinde doğal antioksidanlar olarak kullanılabilir (191, 193). Etlerde test edilen bu doğal ürünler, genellikle fenolik bileşiklerden zengin ekstraktlardır (meyve, sebze, tohum, yaprak, kök, çekirdek, baharatlar) (194-196). Doğal bitkisel kaynaklı antioksidanlar, öncelikli olarak polifenolik bileşiklerden oluşmaktadır ve iki veya daha fazla fenolik hidroksil grubu içeren antioksidanları içermektedir. Fenolik bileşikleri içeren bitki ekstraktlarının antioksidan aktivitesinin lipid oksidasyonuna etkisi pişmiş et ürünlerinde araştırılmıştır (197). Birçok araştırmacı tarafından biberiye, kekik, nar, sarımsak, soğan gibi antioksidan etkileri olan besinlerin et ve et ürünlerinde lipid oksidasyonunu azaltıcı etkileri olduğu bildirilmiştir (198-202). Genel olarak, belirli bir potansiyel antioksidan etkisi, antioksidan çeşidi, aktif bileşiklerin konsantrasyonu ve besinin doğal kompozisyonu gibi çeşitli faktörler arasındaki karmaşık bir etkileşime bağlı olarak önemli ölçüde değişebilmektedir (203). Antioksidanlar, serbest radikalleri süpürebilir ve etlerde oluşan serbest radikal reaksiyon zincirini durdurabilir (204).

2.9. Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumunu Önleme Yolları

Pişirme sıcaklığı, HAA oluşumundaki en önemli faktördür. Bu nedenle, düşük pişirme sıcaklıklarının tercih edilmesinin HAA'lara olan maruziyeti azaltabileceği bilinmektedir (16, 145, 169). Pişirme sıcaklığının yanı sıra, pişirme süresi ve pişirme yöntemleri HAA oluşumunu büyük ölçüde etkilediğinden bu faktörleri kontrol altına almak etlerde oluşan HAA seviyelerini azaltabilir (145). Pişirme sürelerinin artışına bağlı olarak HAA seviyelerinin arttığı çalışmalarda gösterilmiştir (52, 145). Pişirme yöntemlerinin seçiminin de ısı iletim yollarına ve su kaybına bağlı olarak HAA oluşumunu etkilediği vurgulanmaktadır (126, 205). Buna göre tavada kızartma, ızgara pişirme yöntemlerinde fırında pişirme, haşlama gibi yöntemlere göre daha yüksek seviyelerde HAA oluştuğu çalışmalarda gösterilmiştir (7, 8). Mikrodalgada ön pişirme yönteminin HAA oluşumunu azaltmada pratik bir yol olabileceği düşünülmektedir (206). Bunun nedeni olarak, mikrodalgada pişirme süresinin daha kısa olması veya

HAA oluşumunda görev alan öncü maddelerin düzeylerinde azalmaya neden olarak HAA seviyelerinde azalma sağladığı düşünülmektedir (207). HAA oluşumunda yer alan öncü maddelerin konsantrasyonlarında yapılan değişiklikler (artırma veya azaltma) de HAA oluşumunu önleyici bir yol olarak görülmektedir (156, 163, 167).

Besinlerdeki HAA konsantrasyonlarını azaltmak için HAA oluşum mekanizmasında güçlü inhibitörlerin belirlenmesi önemlidir (208). Bu nedenle, çalışmalar çoğunlukla pişirme öncesi etlere antioksidan özellik gösteren bileşiklerin eklenmesiyle HAA seviyelerinin azaltılabileceği fikrine yoğunlaşmıştır (209). Bu antioksidan içerikli bileşikler, soğan, domates, kiraz, yeşil çay gibi meyve veya bitki ekstraktları, E vitamini, C vitamini, adaçayı, şarap, bira, çeşitli baharatlar, BHA, BHT, PG gibi sentetik antioksidanlardır (17, 210-214).

Öncelikle çalışmalar, daha çok model sistem üzerinde gerçekleştirilmiştir. Model sistemde MeIQx ve PhIP oluşumunu önlemek üzere kullanılan 14 çeşit antioksidandan (ellagik asit, EGCG, kaffeik asit, luteolin, quercetin, ferulik asit, syringic asit, luteolin, thymol, nordihidroguaiaretik asit, sodyum askorbat, sesamol, BHA) 8 tanesinin MeIQx oluşumunu, yeşil çay kateşinleri %21, ellagik asit %30, EGCG %35, kaffeik asit %40, luteolin %45, quercetin %54, ferulik asit %57, syringic asit %78 azalttığı, 7 tanesinin PhIP oluşumunu, yeşil çay kateşinleri %6.8, EGCG %3.2, kaffeik asit %75, luteolin %60, quercetin %23, eugenol %43, NDGA %21 azalttığı gösterilmiştir (18). Model sistemde naringenin, quercetin ve quercetin-3-glukosid'in PhIP seviyelerinde anlamlı azalma sağladığı ve ayrıca çalışmada naringenin'in quercetin'den daha iyi bir inhibitör etkisi olduğu gösterilmiştir (215). Bambu yaprakları ve 9 tane flavonoidin (orientin, homoorientin, vitexin, isovitex, apigenin, luteolin, isorhamnetin, fisetin, and hesperetin) model sistemde HAA oluşumunu azaltıcı etkisi gösterilmiştir (216). Ayrıca model sistemde zeytinyağının IQx, MeIQx, DiMeIQx seviyelerinde %30-50 arasında azalma sağladığı gösterilmiştir (217).

Etler üzerinde yapılan çalışmalarda ise antioksidan bileşikler, etlerin yüzeylerine serpiştirerek veya kıyma halinde içerisine eklenerek uygulanmıştır. Bu konuda çalışmalar daha çok baharatlar üzerinde yoğunlaşmıştır. Farklı sıcaklıklarda (175, 200 ve 225°C) kızartılmış dana etinde kırmızı biberin HAA oluşumuna etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, kırmızı biber kullanımının toplam HAA oluşumunda %75-

100 arasında azalma sağladığı gösterilmiştir (218). Derin yağda kızartılmış kuzu etinde zencefil kullanımının orta pişmiş etlerde MeIQx oluşumunda %74.8 azalma, köri yaprakları ve zerdeçal kullanımının %64.7 azalma sağladığını ortaya koymuştur. Zencefil kullanımının iyi pişmiş etlerde AαC oluşumunu %86.6 azalttığı gösterilmiştir. Baharatlardan biberiye, kekik, adaçayı, sarımsağın 180°C’de 20 dk kızartılan sığır etlerinde HAA oluşumunda azalma sağladığı bildirilmiştir (15).

Bunların yanı sıra, etlerin pişirme öncesi antioksidan aktivite gösteren bileşikler içeren besinler ile marinasyon uygulamalarının da HAA oluşumuna etkileri literatürde çalışılmıştır. Farklı marinasyon türlerinin HAA oluşumuna etkisinin incelendiği bir çalışmada, marinasyona soğan eklenen örneklerde MeIQx konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu, bunun nedeni olarak soğanın daha fazla şeker içermesinden dolayı HAA seviyelerini artırabileceği düşünülmüştür. Yine aynı çalışmada marinasyona sarımsak eklenen örneklerde MeIQx oluşumunun azaldığı gösterilmiştir. Ayrıca çalışmada, Norharman ve Harman konsantrasyonlarının ise soğan, sarımsak ve limon suyu marinasyonu ile artış gösterdiği saptanmıştır (219). Üç çeşit kırmızı şarap ile marine edilen tavuk göğüs etlerinde PhIP oluşumunun %88’e kadar azaldığı rapor edilmiştir. PhIP oluşumundaki bu azalmanın bazı aminoasitlerin varlığından kaynaklandığı düşünülmüştür. Daha önce yapılan çalışmalarda prolin ve triptofan aminositlerinin kreatinin ile reaksiyon için yarışa girdiği rapor edilmiştir. Kırmızı şarapta prolin içeriğinin tavuk göğüs etine göre daha az olduğu ve fenilalanin içeriğinin ise kırmızı şarapta daha düşük bulunmuştur. Kırmızı şarap B ve C ile marinasyonunun ise MeIQx seviyelerini artırdığı gösterilmiştir. Kırmızı şarap A’nın, 4,8-DiMeIQx ve Norharman seviyelerini azaltırken kırmızı şarap C’nin ise artırdığı (%56’ya kadar), üç çeşit kırmızı şarap marinasyonunun Harman seviyelerini artırdığı gösterilmiştir. Ayrıca çalışmada antioksidan özellikler ile MeIQx, 4,8-DiMeIQx, Norharman seviyeleri arasında korelasyon bulunmuştur (211). Bira ve beyaz şarabın (alkollü/alkolsüz) eti lezzetlendirmek için çoğunlukla kullanılan baharatlar (sarımsak, zencefil, kekik, biberiye ve kırmızı biber) ile marinasyonunun tek başına veya birlikte HAA oluşumunu önleyici etkisi araştırılmış ve tüm marinasyon işlemlerinin toplam HAA oluşumunu inhibe ettiği gösterilmiştir. En az azalma, beyaz şarap+baharat karışımları marinasyonunda gözlenirken bira+baharat karışımlarının ise toplam HAA oluşumunda güçlü bir inhibitör etki gösterdiği gözlenmiştir. Aynı çalışmada,

marinasyonların radikal süpürücü aktiviteleri ile HAA oluşum inhibasyonu arasında korelasyon gösterilememiştir (220). Bira ve şarap ile marinasyon sonrası 180-200°C’de her iki yüzü 4 dk olmak üzere toplam 8 dk pişirilen etlerde yapılan bir başka çalışmada, PhIP, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, AαC içeriklerinde azalma gözlenmiştir (212). Başka bir çalışmada, kızartma öncesi marinasyon karışımı (zeytinyağ, kahverengi şeker, sirkesi, limon suyu, ezilmiş sarımsak, tuz ve hardal) ile marine edilen tavuklarda PhIP seviyelerinde belirgin bir azalma olduğu bulunmuştur (221). Yüksek konsantrasyonlarda (0.8 g/100 g) ebegümecei ekstraktı ile marinasyonunun köftelerde MeIQx ve PhIP seviyelerini sırasıyla yaklaşık %50 ve %40 azalttığı gösterilmiştir. Aynı çalışmada ekstraktın antioksidan kapasitesi ile MeIQx ve PhIP seviyeleri arasında negatif bir korelasyon, Norharman ve Harman seviyeleri arasında pozitif korelasyon olduğu gözlenmiştir (157). Marinasyon uygulamalarının et ile alev arasındaki doğrudan temasından kaçınarak bir bariyer görebileceği ve bu nedenle marinasyonun ızgara etlerde HAA seviyelerini azaltabileceği düşünülmektedir (168).

Maillard reaksiyonu sırasında serbest radikaller oluşmaktadır ve antioksidanların Maillard reaksiyonu içinde bir ara ürün olarak oluşan bu serbest radikalleri yakalayarak önlenmesinin büyük olasılıkla HAA oluşumunu önleyebileceği bildirilmiştir (222). Antioksidan/serbest radikal süpürücü etkilerinden dolayı çoğunlukla HAA oluşumunu önleme/azaltma yolu olarak fenolik bileşikler tercih edilmektedir. Hem model sistem çalışmalarında hem de etlerde yapılan çalışmalarda çeşitli antioksidanların HAA oluşumunu azaltıcı etkileri gösterilmiştir (153, 223). Ancak çalışmaların çoğunda antioksidanların radikal süpürücü aktiviteleri ile HAA inhibasyonu arasında korelasyon gösterilememiştir ve fitokimyasal bileşiklerin HAA oluşumunu önleme mekanizması olarak serbest radikal süpürücü etkilerinin yanı sıra alternatif HAA seviyelerini önleme yollarının olabileceği ileri sürülmüştür (44). Yapılan bir çalışmada naringenin’in kreatinin ile fenilalanin aminoasidi’nin reaksiyona girmesini engelleyerek PhIP oluşumunu önlediği gösterilmiştir (215). HAA oluşum yolları kısmen izah edilmiş olsa da serbest radikal bileşiklerinin IQ ve IQx tipi HAA oluşumunda önemli bir rol oynadığı ileri sürülmüştür (215). Bazı çalışmalarda, bazı antioksidan uygulamalarının HAA oluşumunda artışa neden olduğu da gösterilmiştir. Üzüm çekirdeği ekstraktı, çam kabuğu ekstraktı, oleoresin biberiye ekstraktı, BHT, BHA antioksidan bileşikler kullanılarak yapılan bir çalışmada, tüm

önleyici uygulamaların polar HAA oluşumunu azalttığı gözlenirken üzüm çekirdeği ekstraktının Harman oluşumunda artışa neden olduğu ve bunun nedeninin açıklanmasının zor olduğu vurgulanmıştır (158). Fırında pişirilen köftelerde altı çeşit baharat kullanımından sadece Çin biberinin HAA oluşumunu inhibe ederken yıldız anason, rezene, kimyon, kırmızıbiber ve karabiberin ise HAA oluşumunu artırdığı gösterilmiştir (213). Kahverengi şeker, zeytinyağı, elma sirkesi, sarımsak, hardal, limon suyu ve tuz ile marine edilen ızgara tavuk göğüs etlerinde PhIP konsantrasyonlarında azalma gözlenirken MeIQx konsantrasyonlarında marinasyon ile 10 kattan fazla artış olduğu gözlenmiştir (221). Yukarıda bahsedilen çalışmalarda antioksidanların her zaman HAA oluşumunu azaltmadığı gösterilmiş olsa da, bazı durumlarda antioksidanların yararlı etkileri olduğunu çürütülememektedir. Çok sayıda çalışma, antioksidanların HAA'lardan gelen riskin azaltılmasında yardımcı olduğunu göstermektedir (213, 224). Antioksidanların HAA üzerine etkisinin antioksidan türüne, konsantrasyonuna ve pro- ve antioksidanların sinerjik etkilerine bağlı olarak HAA seviyelerinde azalma veya artışa neden olduğu bildirilmiştir (211).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada, ülkemizde sıklıkla tüketilen tavuk göğüs eti, dana eti ve dana etinden yapılmış köfte örnekleri tercih edilmiştir. Araştırmada kullanılan *M. Longissimus* dorsi kasından elde edilen dana eti, tavuk göğüs eti ve köfte yapımı için gerekli olan dana eti kıyması yerel bir kasaptan temin edilmiştir. Analiz esnasında kullanılan bütün kimyasallar ve çözeltiler analitik saflıkta veya HPLC (High Performance Liquid Chromatography)-düzeyinde saflıkta olup HAA analizinde kullanılan tüm çözeltiler filtreden (0.45 µm) süzülmüştür. Alıç ve enginar ekstraktı ise aynı parti numarasından 1 kg'lık toz ekstrakt halinde Balen, Ankara, Türkiye firmasından temin edilmiştir. Temin edilen alıç ve enginar ekstraktlarının sırasıyla *Crataegus pinnatifida* Bge ve *Cynara scolymus* L türlerine ait olduğu bilgisi ve bu ekstraktların sertifikaları Balen firmasından sağlanmıştır. Bu ekstrakt ile yapılan bilimsel çalışmalar literatürde mevcuttur (27, 225).

Bu çalışmada, antioksidan aktivite gösteren alıç ve enginar ekstraktlarının HAA oluşumunu inhibe edici etkileri incelenmiştir. Türkiye, alıç (*Crataegus* spp) için önemli bir genetik merkezidir ve yabani alıç türleri geniş çeşitlilik göstermektedir. Alıç türleri, *Rosaceae* ailesi, *Maloideae* alt ailesi, *Crataegeae* sınıfı ve *Crataegus* cinsindedirler. Kuzey Avrupa, Asya, Afrika ve Kuzey Amerika'nın ılıman bölgelerinde yetişen türlerin anavatanlarından birisi de Türkiye'dir. Dünya genelinde 165-200 alıç türü bulunmaktadır ve Türkiye'de yaklaşık olarak 17 türü bulunmaktadır Alıç bitkileri kışın yapraklarını döken ve dikenli ağaçlar veya çalılardır, ilkbaharda çok sayıda çiçeği olur. Meyveleri sarı, turuncu ve kırmızıdır (37). Çoğu ülkede alıç, tıbbi bitki olarak kabul edilmektedir. Alıç ekstraktları, geçmişten günümüze bitkinin çiçekleri, yaprakları ve meyvelerinden veya bunların kombinasyonlarından sağlanmaktadır (226). Alıç meyvelerinin, yapraklarının ve çiçeklerinin baskın fonksiyonel bileşenlerini flavonoidler, proantosiyaninler oluşturmaktadır. Alıç ekstraktlarında tanımlanan klorojenik asit, epikateşin, hiperosid, quercetin, rutin, vitexin, vitexin ramnoside ve prosiyanidin gibi birçok bileşiğin antioksidan özellik gösterdiği bildirilmiştir (38, 227). Bitkinin yaprakları, oligomerik prosiyanidinlerin iyi

kaynağı iken çiçekleri flavonoidlerin iyi kaynağıdır. Vitexin-4-O-glukozid ve vitexin-2-O-ramnoside ise bitkinin yapraklarında bulunan ana flavonoidler olarak tanımlanmıştır (228). Alıç meyve ve çiçeklerinde bulunan ana flavonoid ise hiperosidlerdir (229). Alıç ayrıca triterpen asitleri, kolin, asetilkolin, trimetilamin, adenin ve adenosin içermektedirler. Alıç meyveleri, toplam kuru ağırlığın %3-6'sı oranlarında kafeik, malik, tartarik ve sitrik asitler gibi büyük miktarda organik asitleri içerir (230). Alıç meyvelerinde B1, B2, B6 ve C vitaminleri ile 17 aminoasit (yaklaşık %3.1) saptanmıştır. Özcan ve ark. (231), alıç meyvelerinin kimyasal özelliklerini ve mineral içeriğini tanımlamıştır (*Crataegus* spp.). Buna göre; alıç meyvesinin enerji, protein, selüloz, lipid, kül, asidite ve suda çözünür ekstrakt değerleri sırasıyla 34.02 kkal/g, %2.48, %4.67, %0.87, %2.28, %1.98 ve %32.31'dir. Ca, K, Mg, Na ve P mineral değerleri sırasıyla 3046.37 ppm, 13,531.96 ppm, 1502.55 ppm, 312.18 ppm ve 1477.88 ppm'dir. Ticari olarak en önemli türü *C.pinnatifida* türüdür. Bu çalışmada da bu tür kullanılmıştır (232). Yakın zamanlı çalışmalar, alıç meyvelerin insan sağlığı ve beslenmesinde önemli rolü olduğunu göstermiştir. Buna bağlı olarak, alıç meyveleri daha popüler olmakta ve tüketimleri artmaktadır (37).

Bu çalışmada, bir diğer antioksidan aktivite gösteren enginar yaprağı ekstraktı kullanılmıştır. Enginar (*Cynara Scolymus L.*), *Asteraceae* ailesine bağlı Akdeniz orijinli çok yıllık otsu bir bitkidir (233). Enginar, çiğ, haşlanmış veya kızartılmış olarak tüketilebilmektedir ve günümüzde bu bitki tüm dünyada yetiştirilmektedir. Enginar, eski zamanlardan beri çorbalarda, soğuk mezelerde ve salatalarda kullanılabilen lezzetli, besleyici ve sağlıklı bir bitki olarak bilinmektedir (234). Enginarın (*Cynara scolymus L.*) akdeniz diyetinde önemli bir yeri vardır. Enginar, minerallerden zengin, çok az lipit, posa ve yüksek miktarda fenolik bileşikler içerir (235, 236). Enginar yapraklarının daha yüksek fenolik bileşikler ile daha çok mineral ve diyet posası içerdiği çalışmalarda gösterilmiştir. Fenolik bileşiklerden zengin olması nedeniyle enginar yaprakları, enginar kalbine göre daha fazla serbest radikal süpürücü aktivite göstermektedir (237). Akdeniz kıyılarında yaygın olarak yetiştirilen enginar, doğal antioksidanlardan zengindir. Antioksidan aktivitesi, içerdiği caffeoylquinic asit türevlerine (cynarin ve klorojenik asit) ve flavonoidlere (luteolin ve apigenin) bağlıdır (238-242). Kafeik asit türevleri, enginar yapraklarında bulunan ana fenolik bileşiklerdir. Özellikle 5-O-caffeoylquinic asit (klorojenik asit) en yoğun bulunan

bileşiktir (40, 243). Enginarın potansiyel biyoaktivitesi, polifenollerin antioksidan özelliklerine bağlıdır. *In vitro* çalışmalarda bu bileşiklerin güçlü antioksidan özellikleri gösterilmiştir ve enginarın süperoksit, hidroksil ve peroksil radikalleri gibi reaktif oksijen türlerini süpürücü özellikleri vardır (40).

3.2. Kimyasallar

Analiz sırasında kullanılan sarf malzemeler, aseton (Merck, Germany), asetonitril (Merck, Germany), etil asetat (Sigma Aldrich), metanol (Sigma Aldrich), sodyum hidroksit (Sigma Aldrich), hidroklorik asit (Sigma Aldrich), glasiyel asetik asit (Sigma Aldrich), amonyum hidroksit (Sigma Aldrich), Extrelut NT paketleme materyali (Merck, Germany), Bond Elut reservoir (Varian, USA), Oasis MCX kartuşu (Waters USA), SPE manifoldudur (Supelco Visiprep). HAA standartları olarak, PhIP (2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5-*b*]piridin), IQ (2-amino-3-metilimidazo[4,5-*f*]kinolin), IQx (2-amino-3-metilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), MeIQ (2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5-*f*]kinolin), MeIQx (2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), 7,8-DiMeIQx (2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), 4,8-DiMeIQx (2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), 4,7,8-TriMeIQx (2-amino-3,4,7,8-tetrametilimidazo[4,5-*f*] kinokzalin), AαC (2-amino-9H-pirido[2,3-*b*]indol), MeAαC (2-amino-3-metil-9H-pirido[2,3-*b*]indol), Trp-P-2 (3-amino-1-metil-5H-pirido[4,3-*b*]indol), Norharman (9H-pirido[3,4-*b*]indol), Harman (1-metil-9H-pirido[4,3-*b*]indol) Toronto Research Chemicals (Toronto, Kanada)'dan satın alınmıştır. Stok standart çözeltiler 100 µg/mL metanol konsantrasyonunda hazırlanmış ve ileri dilüsyonlara seyreltilerek kullanılmıştır. Araştırmada iç standart olarak 4,7,8-TriMeIQx kullanılmıştır.

3.3. Örneklerin Hazırlaması

Alıç ve enginar ekstraktı, dana eti, tavuk göğüs eti ve dana etinden yapılmış köftelere %0 (kontrol), %0.5 ve %1 (w/w) konsantrasyonlarında eklendikten sonra örnekler 4°C'de 24 saat bekletilmiştir. Pişirme yöntemlerinden yağsız tavada ve fırında pişirme yöntemleri seçilmiştir. Tüm örneklerin pişirilmesinde aynı teflon tava kullanılmış ve her kullanımdan sonra tavadaki kalıntılar uzaklaştırılmış, yıkanmış ve kurulanmıştır. Alıç ve enginar ekstraktının dana eti, tavuk göğüs eti ve dana etinden yapılmış köftelere eklenme yöntemi aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Dana eti: Dana eti olarak *M. Longissimus dorsi* kası kullanılmış ve etler yerel bir kasaptan temin edilmiştir. Pişirme öncesi öncelikle dana etinin görünür fazla yağı uzaklaştırılmıştır. Standardize edilerek 100 g olarak hazırlanan dana etine %0, %0.5 ve %1 (w/w) konsantrasyonlarındaki alıç ve enginar ekstraktı, 1/10 (w/v) distile su ile çözdürülerek eklenmiştir. Distile suda çözdürülmüş ekstrakt, dana etinin her iki yüzüne eşit hacimde eklenmiş ve ekstraktın dana etinin içerisine nüfuz etmesi sağlanmıştır. Farklı konsantrasyonlarda eklenen ekstraktların et içerisine tamamen nüfuz etmesi için örnekler +4°C'de 24 saat bekletilmiştir (214, 244, 245).

Tavuk göğüs eti: Derisiz tavuk göğüs eti yerel bir kasaptan temin edilmiştir. Standardize edilerek 100 g olarak hazırlanan tavuk göğüs etine %0, %0.5 ve %1 (w/w) konsantrasyonlarındaki alıç ve enginar ekstraktı, 1/10 (w/v) distile su ile çözdürülerek eklenmiştir. Distile suda çözdürülmüş ekstrakt, tavuk göğüs etinin her iki yüzüne eşit hacimde eklenmiş ve ekstraktın tavuk göğüs etinin içerisine nüfuz etmesi sağlanmıştır. Farklı konsantrasyonlarda eklenen ekstraktların tavuk eti içerisine tamamen nüfuz etmesi için örnekler +4°C'de 24 saat bekletilmiştir (214, 244, 245).

Dana etinden yapılmış köfte: Dana eti kıyması yerel bir kasaptan temin edilmiştir. Kasaptan alınan dana eti kıyması, %20 yağ yağ ihtiva edecek şekilde dışarıdan yağ eklenerek laboratuvar ortamında ayarlanmıştır. Dana eti kıyması, tuzsuz galeta unu ile karıştırılmış ve homojen bir köfte karışımı elde etmek için iyice yoğurulmuştur. Köfte kalıbı ile 100 g olarak hazırlanan köfte karışımına alıç ve enginar ekstraktları dışında herhangi bir tuz veya baharat eklenmemiştir. Eklenen %0, %0.5 ve %1 (w/w) konsantrasyonlarındaki alıç ve enginar ekstraktlarının homojen dağılımını sağlamak için yoğurma işlemi gerçekleştirilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda eklenen ekstraktların köfte karışımına tamamen nüfuz etmesi için örnekler +4°C'de 24 saat bekletilmiştir (27).

3.4. Pişirme Süreci

Pişirme yöntemlerinden yağsız tavada pişirme ve fırında pişirme yöntemleri tercih edilmiştir. Tavada pişirme işlemi için yağ kullanılmamıştır. Her bir pişirme yöntemi, üç farklı sıcaklık (150°C, 200°C, 250°C) derecesinde gerçekleştirilmiştir. Pişirme süreleri, besinin iç sıcaklığının en az 75°C olması sağlanarak yapılan ön denemeler sonucu belirlenmiştir. Etin her iki yüzü için eşit süre olacak şekilde yağsız

tavada pişirme süresi toplam 10 dk, fırında pişirme süresi ise toplam 20 dk olarak belirlenmiştir. Pişirme sıcaklıklarının ayarlanması için tavanın yüzey sıcaklığı termometre (Testo 905-T2) ile ölçülmüştür. Tüm pişirme işlemleri tamamlandıktan sonra, pişirilmiş örneklerin oda sıcaklığında yaklaşık 30 dk soğuması beklenmiştir. Pişirme öncesi ve sonrası ağırlık ölçümü yapılarak pişirme ile ağırlık kaybı belirlenmiştir. Daha sonra, pişirilmiş örnekler homojen bir yapı oluşturmak için bir mutfak karıştırıcısı (Tefal, Fransa) kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenize edilmiş örnekler, her bir analiz için gerekli olacak miktarlarda tartılmış ve alüminyum folyoya sarılıp -20°C’de saklanmıştır. Analizlerden bir gün önce örnekler +4°C’de çözdürülmüştür.

3.5. Analizler

Çiğ örneklerde proksimet (nem, kül, toplam lipit ve toplam protein) analizi ve asidite tayini, TBARS analizi, öncü madde (kreatin, kreatinin, glukoz, fruktoz) analizleri yapılmıştır. Pişirme sonrası örneklerin proksimet (nem, kül, toplam protein, toplam lipit) ve asidite tayini, TBARS analizi, öncü madde (kreatin, kreatinin, glukoz, fruktoz) analizi ve HAA analizleri yapılmıştır. Tüm analizler dublike olarak gerçekleştirilmiştir. Pişirme öncesi analiz edilen örnek sayıları Tablo 3.1’de özetlenmektedir. Böylece pişirme öncesi yapılan analizlerde toplam örnek sayısı 36’dır. Pişirme sonrası analiz edilen örnek sayıları Tablo 3.2’de özetlenmektedir. Böylece pişirme sonrası yapılan analizlerde toplam örnek sayısı 216’dır.

Tablo 3.1. Pişirme öncesi analiz edilen örnek sayıları.

Örnek	Ektstreler	Konsantrasyon	Örnek Sayısı
Tavuk Eti	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0	6
		%0.5	
		%1	
Dana Eti	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0	6
		%0.5	
		%1	
Köfte	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0	6
		%0.5	
		%1	

Tablo 3.2. Pişirme sonrası analiz edilen örnek sayıları.

Örnek	Piştirme Yöntemleri	Sıcaklık	Uygulama	Konsantrasyon	Örnek sayısı
Tavuk Eti	Yağsız tavada piştirme	150 °C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	36
		200 °C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	
		250 °C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	
	Fırında piştirme	150 °C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	
		200 °C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	
		250 °C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	
Dana Eti	Yağsız tavada piştirme	150 °C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	36
		200 °C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	
		250 °C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	
	Fırında piştirme	150 °C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	
		200 °C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	
		250 °C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	
Köfte	Yağsız tavada piştirme	150°C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	36
		200 °C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	
		250 °C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	
	Fırında piştirme	150 °C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	
		200 °C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	
		250 °C	Alıç ekstraktı Enginar ekstraktı	%0 %0.5 %1	

3.5.1. Pişirme Kaybının Belirlenmesi

Pişirme öncesi tartılan et örnekleri pişirme sonrası soğuması beklendikten sonra tekrar ölçülmüştür. Aradaki ağırlık farkı yüzdelik değer (%) olarak hesaplanarak pişirme ile ağırlık kayıpları belirlenmiştir.

3.5.2. Proksimet Analizi ve Asidite (pH) Tayini

Çiğ ve pişmiş örneklerin nem, kül, toplam lipit ve toplam protein analizleri yapılmıştır (AOAC,2000). Toplam lipit analizi, Soxhlet metodu ve toplam protein analizi Kjeldahl metodu ile gerçekleştirilmiştir. Çiğ ve pişmiş köfte örneklerinin nem tayini Sartorius MA150 nem tayin cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

Asidite tayini için 10 g örnek üzerine 100 mL saf su eklenerek ultra turrax ile homojenize edilmiş ve ardından homojenat filtre kağıdı ile süzöldükten sonra pH 4 ve pH 7 ile kalibre edilen pH metrenin probu süzöntüye daldırılarak ölçüm yapılmıştır.

3.5.3. Öncü Maddelerin Analizi

HAA oluşumu için öncü olan kreatin, kreatinin ve indirgen şeker (glukoz ve fruktoz) analizi gerçekleştirilmiştir. Çiğ ve pişmiş örneklerde kreatin ve kreatinin miktarı, Polak ve ark. (246) tarafından belirtilen yöntemle göre spektrofotometrik yöntemler ile analiz edilmiştir. Çiğ ve pişmiş örneklerde glukoz analizi ise Serpen ve Gökmen'e (247) göre HPLC ile analiz edilmiştir. Kreatin ve kreatinin analizleri, Ek 1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

3.5.4. TBARS Analizi

Alıç ve enginar ekstraktı eklenmesinin lipit oksidasyonu üzerine etkisini belirlemek için çiğ ve pişmiş örneklerde TBARS analizi, Gaebler ve ark. (139) ve Kerth ve Rowe (248)'un mikropilaka okuyucuya (Synergy HT Multi-Mode Microplate Reader, Biotek) göre modifiye ettikleri yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. TBARS değerleri, mg malondialdehit/kg olarak verilmiştir. TBARS analizi, Ek 1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

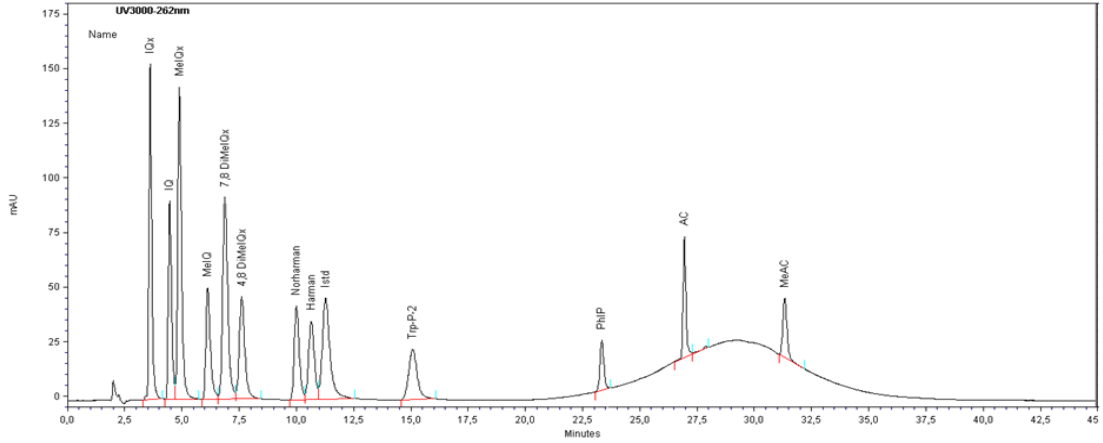
3.5.5. Heterosiklik Aromatik Aminlerin Ekstraksiyonu

HAA ekstraksiyonu, orijinal olarak Gross ve Grüter (249) tarafından geliştirilen, Messner ve Murkovic (250) tarafından modifiye edilen yöntemle göre

yapılmıştır. Bu yöntemde göre 1 g pişmiş örneğe 12 mL 1 M NaOH ilave edilerek 500 rpm'de 1 saat manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Üzerine 13 g Extrelut NT paketleme materyali eklenerek bir mikrospatül ile iyice karıştırılmış ve boş extrelut kolonuna (diatomaceous earth ekstraksiyon kartuşu) aktarılmıştır. Oasis MCX kartuşları vakum sistemine bağlandıktan sonra 2 mL etil asetat ile yıkanmıştır. Ardından diatomaceous earth ekstraksiyon kartuşları sisteme takılarak paketleme yapılmış ve etil asetat ile yıkanmıştır. Oasis kartuşları önce 2 mL 0.1 M HCl ile sonra 2 mL metanol ile tekrar yıkanmış ve 4 mL'lik vial şişeye 2 mL metanol/NH₃ (%25) (19:1) ile elue edilmiştir. Analiz öncesinde bu karışım 50°C'lik etüvde kurutulmuştur. Kurutulan örnekler analizden hemen önce 100 µL iç standart (4,7,8 ilave edilerek çözdürülmüş ve bu karışım HPLC analizi için kullanılmıştır (251).

3.5.6. Heterosiklik Aromatik Aminlerin Analizi

Örneklerin HPLC analizi UV dedektörlü Thermo Finnigan3000 HPLC cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analitik kolon olarak bir ters faz materyali olan Semi Micro ODS-80 TS kolon (5µm, 250 mm×2 mm i.d.) kullanılmıştır (Tosoh Bioscience GmbH, Stuttgart, Germany). Ayırım Solvent A (Methanol/Asetonitril/Su/Glasiyel asetik asit'in 8/14/76/2 karıştırılması ile elde edilen çözeltinin %25'lik NH₃ ile pH'sının 5'e ayarlanması ile elde edilmiştir) ve Solvent B (Asetonitril) gradient elüsyon ile 0.3 mL/dk akış hızında 40°C'de gerçekleştirilmiştir. Gradient programı, 0–12 dk, %0 B; 12–20 dk, %0–30 B; 20–35 dk, %30 B olarak ayarlanmıştır. Örneklerden 5µl enjeksiyon yapılmıştır. HAA'ların identifikasyonu, UV spektrumları standart olarak bilinen HAA'ların alıkonma süreleri ile örneklerin alıkonma süreleri karşılaştırılarak yapılmıştır. Örneklerdeki HAA'ların konsantrasyonları, farklı konsantrasyonlarda standartların yürütülmesi ile hesaplanmıştır. Kantitatif belirleme, harici kalibrasyon eğrisi metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. HAA standart eğrilerinin regresyon çizgisi katsayıları; IQx için 0.9995, IQ için 0.9995, MeIQx için 0.9995, MeIQ için 0.9994, 7,8-DiMeIQx için 0.9995, 4,8-DiMeIQx için 0.9995, Norharman için 0.9994, Harman için 0.9996, Trp-P-2 için 0.9995, PhIP için 0.9994, AαC için 0.9994 ve MeAαC için 0.9995 olarak belirlenmiştir. HAA karışım standart solüsyonunun (7.69 ng/g) HPLC kromatogramı Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. HAA karışım standart solüsyonunun (7.69 ng/g) HPLC kromatogramı.

HAA analizinde iç standart ekleme metodu kullanılmış ve bilinen miktarda 4,7,8-TriMeIQx örneği HPLC'ye verilmeden önce eklenmiştir. Pişirme boyunca oluşabilen farklı HAA'ların geri kazanım miktarlarını belirlemek için standart ilave metodu kullanılmıştır. Bunun için ekstraksiyon öncesinde bilinen örneğe farklı seviyelerde bilinen konsantrasyonlarda mix stok solüsyon (mix 0.1, 0.5, 1, 2.5 ve 5 ng) eklenmiştir. İlave edilen analit miktarına karşı pik yükseklik oranı curve olarak çizilmiştir. Geri kazanımlar standart ilavesi için çizilen linear regresyon hatlarının eğiminin HAA standart solüsyonlarının linear regresyon hatlarının eğimine oranı ile hesaplanmıştır. HAA'ların geri kazanım oranları IQx için %78, IQ için %65, MeIQx için %76, MeIQ için %79, 7,8-DiMeIQx için %73, 4,8-DiMeIQx için %78, Norharman için %60, Harman için %65, Tpr-P-2 için %64, PhIP için %98, AαC için %62, MeAαC için %68 olarak bulunmuştur.

Belirli konsantrasyonlardaki HAA karışımından belirlenen Sinyal/Gürültü (S/N) oranlarına göre hesaplanan LOD (limit of detection=3) ve LOQ (limit of quantification=10) değerleri ise aşağıdaki Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.3. Analizi yapılan HAA'ların S/N oranlarına göre Lod ve Loq değerleri.

HAA	Lod (ng/g)	Loq (ng/g)
IQx	0.003	0.01
IQ	0.002	0.01
MeIQx	0.006	0.02
MeIQ	0.005	0.02
7,8DiMeIQx	0.003	0.01
4,8DiMeIQx	0.005	0.02
Norharman	0.007	0.03
Harman	0.007	0.03
Trp-P-2	0.005	0.02
PhIP	0.005	0.02
A α C	0.008	0.03
MeA α C	0.008	0.03

3.6. Verilerin İstatistiksel Değerlendirmesi

Bu çalışma, şansa bağlı tam bloklar deneme planına göre kurulup dublike olarak yürütülmüştür. Veriler, ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. İstatistiksel farklılık, Duncan çoklu karşılaştırma testi ile analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, SPSS 23 programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Pişirme kaybı, proksimet içeriği, pH değerleri, öncü madde düzeyi ve TBARS değerleri ile HAA seviyeleri arasındaki ilişki, Pearson korelasyon testi ile değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Çiğ Tavuk Göğüs Eti, Dana Eti ve Köfte Örneklerinin Proksimet İçerikleri ve pH Değerleri

Farklı konsantrasyonlarda alıç veya enginar ekstraktı eklenmeden önceki çiğ tavuk göğüs eti, dana eti ve dana etinden yapılmış köfte örneklerinin nem (%), kül (%), toplam lipid (%) ve toplam protein (%) içerikleri ve pH değerleri Tablo 4.1’de ayrıntılı olarak verilmiştir. Buna göre, çiğ örneklerin nem içeriği tavuk göğüs eti, dana eti ve köfte için sırasıyla %71.26, %65.79, %45.71 olarak bulunmuştur. Çiğ tavuk göğüs eti, dana eti ve köfte örneklerinin toplam lipid içerikleri sırasıyla %1.46, %9.25 ve %20.09, toplam protein içerikleri ise sırasıyla %19.28, %15.60 ve %15.10 olarak bulunmuştur. Çiğ tavuk göğüs eti, dana eti ve köfte örneklerinin pH değerleri sırasıyla 6.03, 5.73 ve 5.41 olarak saptanmıştır.

Tablo 4.1. Çiğ tavuk göğüs eti, dana eti ve köfte örneklerinin proksimet içerikleri ve pH değerleri.

	Nem (%)	Kül (%)	Toplam lipid (%)	Toplam protein (%)	pH
Tavuk eti	71,26±2,72	0,96±0,02	01,46±0,86	19,28±0,82	6,03±0,02
Dana eti	65,79±1,54	1,03±0,04	09,25±1,47	15,60±0,96	5,73±0,04
Köfte	45,71±1,59	1,01±0,07	20,09±0,60	15,10±0,01	5,41±0,02

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

4.2. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Pişirme ile Ağırlık Kayıpları

Farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen tavuk eti, dana eti ve dana etinden yapılmış köftelere uygulanan üç farklı sıcaklıkta yağsız tavada ve fırında pişirme yöntemleri ile oluşan pişirme kayıpları Tablo 4.2’de ayrıntılı olarak verilmiştir. Buna göre tavuk göğüs etinde, dana eti ve dana etinden yapılan köftelerde pişirme kayıplarının sırasıyla %17-64, %27-59, %10-36 arasında değiştiği görülmüştür. Pişirme yöntemlerine göre pişirme kayıpları incelendiğinde, fırında

pişirme yöntemi ile pişirme kaybının yağsız tavada pişirme yöntemine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Tavuk göğüs eti, dana eti ve dana etinden yapılmış köfte örneklerinde her iki pişirme yöntemi için hem kontrol grubunda hem de farklı seviyelerde alıç veya enginar ekstraktı eklenen gruplarda pişirme sıcaklığı arttıkça pişirme kaybının arttığı görülmüştür ($p<0.01$). Ekstrakt eklemenin pişirme ile ağırlık kaybı üzerine anlamlı etkisi bulunamamıştır ($p>0.05$).

Tablo 4.2. Tavuk eti, dana eti, köfte örneklerinin pişirme ile ağırlık kayıpları.

		Pişirme ile Ağırlık Kaybı (%)						
		Alıç			Enginar			
Etler	Pişirme Yöntemleri	Pişirme Sıcaklıkları	Kontrol	%0.5	%1	Kontrol	%0.5	%1
Tavuk eti	Yağsız tavada pişirme	150 °C	22,6±2,0	25,7±2,1	22,3±3,6	17,6±6,1	28,2±6,3	28,3±3,4
		200 °C	26,4±3,1	22,3±5,1	18,2±2,1	28,6±6,0	38,1±5,1	38,2±3,5
		250 °C	26,6±5,6	18,1±3,5	27,2±2,3	31,4±4,2	39,5±4,2	33,5±3,6
	Fırında pişirme	150 °C	35,2±2,6	35,1±5,8	31,2±2,7	32,4±4,3	26,3±7,5	30,5±4,4
		200 °C	45,7±7,3	30,6±3,2	38,5±5,4	41,2±3,2	36,3±5,7	43,4±3,5
		250 °C	51,4±3,0	57,1±2,1	51,2±4,3	64,1±9,4	47,4±6,4	48,6±3,2
Dana eti	Yağsız tavada pişirme	150 °C	27,1±3,2	33,0±4,7	29,5±4,1	37,3±1,6	36,5±6,3	38,7±4,2
		200 °C	37,1±1,3	39,4±2,5	39,3±3,2	47,1±3,2	41,4±4,2	47,7±3,4
		250 °C	47,5±4,3	39,1±3,4	47,3±2,1	56,3±2,5	55,2±3,5	51,8±2,3
	Fırında pişirme	150 °C	43,9±1,6	39,3±3,7	41,4±4,6	34,2±2,1	31,3±4,8	29,5±2,5
		200 °C	49,9±7,2	35,6±1,2	49,3±3,2	35,4±3,3	40,4±5,6	41,4±2,4
		250 °C	53,4±3,0	53,1±2,3	59,5±5,2	43,7±1,3	41,5±3,4	44,5±3,5
Köfte	Yağsız tavada pişirme	150 °C	12,1±1,5	10,1±1,2	12,1±1,2	11,2±1,3	12,2±1,5	14,3±2,5
		200 °C	16,5±1,1	14,2±1,3	16,2±2,4	24,4±4,5	25,3±1,6	17,2±3,6
		250 °C	20,2±1,3	18,3±2,4	20,1±1,5	28,7±1,5	30,5±2,4	31,1±1,7
	Fırında pişirme	150 °C	12,4±1,2	10,2±1,5	10,2±1,1	12,7±3,2	12,6±2,3	18,5±1,2
		200 °C	22,1±1,3	20,3±1,6	20,3±1,3	24,8±1,1	22,4±3,4	24,4±1,5
		250 °C	28,5±1,2	26,1±1,1	26,1±1,3	36,9±1,2	34,7±2,2	34,2±1,5

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

4.3. Pişmiş Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Proksimet İçerikleri ve pH Değerleri

Farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı içeren, farklı sıcaklıklarda yağsız tavada ve fırında pişirme yöntemleri ile pişirilen tavuk göğüs eti, dana eti ve dana etinden yapılmış köfte örneklerinin proksimet ve pH analizi sırasıyla Tablo 4.3, Tablo 4.4 ve Tablo 4.5’de verilmektedir.

Çiğ tavuk göğüs eti örneklerinin %71.26 olan nem içeriğinin pişirme işlemi ile %38.03-%65.49 arasında değiştiği görülmektedir. Bu azalmada eklenen ekstraktların bir etkisinin olmadığı, temel etkinin pişirme ile ilişkili olduğu görülmektedir. Pişirme yöntemlerine göre kıyaslandığında, fırında pişirme yönteminde (%54.66) tavada

pişirme yöntemine (%60.96) göre nem kaybının daha fazla olduğu ($p<0.01$), ayrıca pişirme sıcaklıklarındaki artış ile bu kaybın daha da arttığı saptanmıştır ($p<0.01$). Çiğ tavuk göğüs eti örneklerinin %0.96 olan kül içeriğinin pişirme işlemi ile arttığı ($p<0.01$), %1.46 olan lipid içeriğinin ise pişirme ile azaldığı ($p<0.01$) görülmektedir. Çiğ tavuk göğüs eti örneklerinin %19.28 olan protein içeriğinin pişirme işlemi ile %20.92-%49.01 arasında değiştiği ve bu protein içeriğindeki artışın pişirme sıcaklık derecesi arttığında arttığı ($p<0.01$) saptanmıştır. Pişirme yöntemlerine göre kıyaslandığında, fırında pişirme yönteminde (%36.95) tavada pişirme yöntemine (%26.39) göre protein içeriğinin daha fazla olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Çiğ tavuk göğüs eti örneklerinin pH değeri 6.03 olarak belirlenmiş ve pişirme işlemi sonrasında pH değerinde artış olduğu tespit edilmiştir. pH değerlerinin pişirme yöntemlerine ($p<0.01$) ve pişirme sıcaklıklarına ($p<0.01$) göre değiştiği saptanmıştır. Alıç veya enginar ekstraktı eklemenin pH değeri üzerine bir etkisinin olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$).

Çiğ dana eti örneklerinin %65.79 olan nem içeriğinin pişirme işlemi ile %39.06-%62.76 arasında değiştiği görülmektedir. Bu azalmada eklenen ekstraktların bir etkisinin olmadığı, temel etkinin pişirme ile ilişkili olduğu gözlenmiştir. Pişirme yöntemlerine göre nem kayıpları kıyaslandığında fırında pişirme yönteminde (%49.38) yağsız tavada pişirme yöntemine göre (%54.52) daha fazla nem kaybı olduğu ($p<0.01$) ve pişirme sıcaklıklarındaki artış ile bu kaybın daha da arttığı saptanmıştır ($p<0.01$). Çiğ dana eti örneklerinin %1.03 olan kül içeriğinin pişirme işlemi ile arttığı ($p<0.01$) görülmektedir. Çiğ dana eti örneklerinin %9.25 olan lipid içeriğinin fırında pişirme yönteminde (%7.46) azalmaya ($p<0.01$) neden olurken yağsız tavada pişirme yönteminde (%10.70) ise artışa ($p<0.01$) neden olduğu saptanmıştır. Çiğ dana eti örneklerinin %15.60 olan protein içeriğinin pişirme işlemi ile %16.69-%49.54 arasında değiştiği ve bu protein içeriğindeki artışın pişirme sıcaklık derecesine göre farklılık göstermediği saptanmıştır ($p>0.05$). Pişirme yöntemlerine göre kıyaslandığında, fırında pişirme yönteminde (%38.06) tavada pişirme yöntemine (%28.51) göre protein içeriğinin daha fazla olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Dana etinin pH değeri 5.73 olarak belirlenmiş ve pişirme işlemi sonrasında pH değerinde artış olduğu tespit edilmiştir. pH değerlerinin pişirme yöntemlerine ($p<0.01$) ve pişirme sıcaklıklarına ($p<0.01$) göre değiştiği saptanmıştır. Alıç veya

enginar ekstraktı eklemenin pH değerleri üzerine bir etkisinin olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$).

Çiğ dana etinden yapılmış köfte örneklerinin %45.71 olan nem içeriğinin pişirme işlemi ile %21.50-%47.73 arasında değiştiği görülmektedir. Bu azalmada eklenen ekstraktların bir etkisinin olmadığı, temel etkinin pişirme ile ilişkili olduğu gözlenmiştir. Pişirme yöntemlerine göre nem kayıpları kıyaslandığında fırında pişirme yönteminde (%36.93) yağsız tavada pişirme yöntemine göre (%39.21) daha fazla nem kaybı olduğu ancak bunun istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p>0.05$) saptanmıştır. Pişirme sıcaklıklarındaki artış ile nem içeriğindeki kaybın daha da arttığı saptanmıştır ($p<0.01$). Çiğ dana etinden yapılmış köfte örneklerinin %1.01 olan kül içeriğinin pişirme işlemi ile arttığı görülmektedir ($p<0.01$). Çiğ dana etinden yapılmış köfte örneklerinin %20.09 olan lipid içeriğinin fırında pişirme yönteminde (%14.56) azalmaya ($p<0.01$) neden olurken yağsız tavada pişirme yönteminde (%15.62) ise artışa ($p<0.01$) neden olduğu ve pişirme sıcaklığı arttıkça bu azalmanın arttığı ($p<0.01$) saptanmıştır. Çiğ dana etinden yapılmış köfte örneklerinin %15.10 olan protein içeriğinin pişirme işlemi ile arttığı ve bu artışın pişirme sıcaklık derecesi arttığında arttığı saptanmıştır ($p<0.01$). Ancak, protein içeriğinin pişirme yöntemlerine göre farklılık göstermediği saptanmıştır ($p>0.05$). Çiğ dana etinden yapılmış köfte örneklerinin pH değeri 5.41 olarak belirlenmiş ve pişirme işlemi sonrasında pH değerinde artış olduğu tespit edilmiştir. pH değerlerinin pişirme yöntemlerine ($p>0.05$) göre farklılık göstermediği, pişirme sıcaklıklarına ($p<0.01$) göre ise farklılık gösterdiği saptanmıştır. Alıç veya enginar ekstraktı eklemenin pH değerleri üzerine bir etkisinin olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$).

Tablo 4.3. Tavuk göğüs eti örneklerinin proksimet içerikleri ve pH değerleri.

Pişirme Yöntemleri	Pişirme Sıcaklıkları	Nem (%)			Kül (%)			pH		
		Kontrol	%0.5	%1	Kontrol	%0.5	%1	Kontrol	%0.5	%1
Yağsız tavada pişirme	150°C	63,51±1,20	62,79±0,92	64,10±1,33	1,23±0,02	1,66±0,03	1,87±0,01	6,15±0,04	6,12±0,03	6,17±0,02
	200°C	62,35±2,96	64,26±1,42	65,44±1,73	1,45±0,05	1,74±0,02	1,78±0,04	6,16±0,05	6,15±0,02	6,17±0,03
	250°C	60,33±3,46	65,49±2,64	61,55±3,73	1,50±0,03	1,58±0,01	1,58±0,02	6,28±0,01	6,26±0,02	6,27±0,01
Fırında pişirme	150°C	57,45±4,67	62,59±2,76	60,66±3,42	1,93±0,01	1,51±0,04	1,93±0,01	6,21±0,05	6,27±0,01	6,27±0,02
	200°C	51,12±4,58	57,32±3,91	51,85±4,71	2,87±0,04	3,58±0,01	2,05±0,02	6,26±0,06	6,30±0,04	6,30±0,03
	250°C	40,22±6,25	38,03±5,93	47,29±4,20	1,77±0,06	2,07±0,03	2,22±0,01	6,32±0,06	6,34±0,04	6,36±0,02
Yağsız tavada pişirme	Enginar	Kontrol	%0,5	%1	Kontrol	%0,5	%1	Kontrol	%0,5	%1
	150°C	64,26±1,37	60,02±2,44	61,44±3,09	1,63±0,01	1,43±0,04	1,33±0,09	6,10±0,09	6,12±0,04	6,10±0,05
	200°C	62,05±2,41	54,81±4,67	57,99±3,22	1,51±0,06	1,64±0,06	1,67±0,07	6,13±0,06	6,17±0,04	6,17±0,03
Fırında pişirme	250°C	58,70±2,06	50,20±5,66	58,10±3,71	1,79±0,03	1,82±0,05	1,54±0,06	6,26±0,04	6,28±0,08	6,27±0,01
	150°C	64,75±1,64	62,33±1,72	62,16±1,63	1,21±0,08	1,33±0,06	1,30±0,03	6,19±0,06	6,22±0,04	6,20±0,06
	200°C	50,93±5,12	60,98±2,41	56,23±4,03	2,01±0,03	1,63±0,06	1,51±0,04	6,28±0,05	6,28±0,05	6,29±0,07
	250°C	54,31±2,03	53,50±1,22	52,00±1,81	1,62±0,07	1,93±0,04	2,06±0,02	6,37±0,07	6,36±0,06	6,34±0,06

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 4.3. (Devam)Tavuk göğüs eti örneklerinin proksimet içerikleri ve pH değerleri.

Pişirme Yöntemleri	Pişirme Sıcaklıkları		Lipid (%)		Protein (%)		
	Alç	Kontrol	%0.5	%1	Kontrol	%0.5	%1
Yağsız tavada pişirme	150°C	0,04±0,06	0,05±0,03	0,06±0,03	21,51±2,26	23,50±0,10	23,68±1,38
	200°C	0,05±0,04	0,04±0,02	0,05±0,03	27,94±1,12	21,82±1,90	20,92±2,03
	250°C	0,06±0,06	0,05±0,05	0,03±0,05	26,73±0,33	24,06±0,13	26,66±0,59
Fırında pişirme	150°C	0,04±0,04	0,03±0,05	0,03±0,07	29,70±0,05	27,43±0,03	29,23±0,03
	200°C	0,04±0,02	0,06±0,06	0,02±0,04	37,70±0,25	31,46±0,03	31,59±0,11
	250°C	0,05±0,03	0,04±0,03	0,03±0,05	47,93±0,19	49,01±1,20	42,06±0,23
Yağsız tavada pişirme	Enginar	Kontrol	%0,5	%1	Kontrol	%0,5	%1
	150°C	0,06±0,04	0,05±0,04	0,04±0,07	25,15±0,32	28,24±0,42	28,77±0,12
	200°C	0,05±0,06	0,04±0,07	0,03±0,02	27,17±0,05	32,65±0,23	31,81±0,43
Fırında pişirme	250°C	0,05±0,02	0,05±0,03	0,04±0,04	29,07±0,54	28,27±0,67	26,99±0,33
	150°C	0,04±0,05	0,03±0,02	0,02±0,08	30,70±1,30	32,07±2,01	36,06±1,31
	200°C	0,05±0,05	0,04±0,03	0,02±0,06	37,80±0,06	38,51±0,13	39,30±0,72
	250°C	0,04±0,05	0,03±0,04	0,03±0,04	40,17±0,03	41,42±0,15	43,01±0,22

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 4.4. Dana eti örneklerinin proksimet içerikleri ve pH değerleri.

Pişirme Yöntemleri	Pişirme Sıcaklıkları	Nem (%)			Kül (%)			pH		
		Alıç	Kontrol	%0.5	%1	Kontrol	%0.5	%1	Kontrol	%0.5
Yağsız tavada pişirme	150°C	62,76±1,30	57,20±3,33	51,56±3,36	1,87±0,03	1,82±0,04	1,75±0,02	5,96±0,03	5,99±0,07	5,98±0,08
	200°C	53,35±2,21	58,10±2,56	53,05±2,5	2,09±0,02	2,04±0,09	2,01±0,04	6,09±0,04	6,01±0,04	6,04±0,09
	250°C	54,45±3,36	58,82±1,20	42,60±3,58	2,39±0,04	2,19±0,06	1,83±0,09	6,10±0,08	6,07±0,06	6,03±0,04
Fırında pişirme	150°C	58,18±4,12	45,14±3,47	55,16±1,09	2,41±0,02	1,44±0,03	1,70±0,08	5,93±0,03	5,89±0,02	5,94±0,06
	200°C	49,11±5,10	50,54±2,54	51,23±2,23	1,90±0,06	1,73±0,05	1,91±0,04	6,01±0,04	6,02±0,07	6,01±0,04
	250°C	44,25±3,67	41,27±2,65	39,06±5,56	2,24±0,01	2,20±0,02	2,13±0,03	6,06±0,09	6,07±0,01	6,09±0,02
Yağsız tavada pişirme	Enginar	Kontrol	%0,5	%1	Kontrol	%0,5	%1	Kontrol	%0,5	%1
	150°C	57,86±1,23	59,29±3,32	58,44±4,26	1,86±0,06	1,84±0,01	1,75±0,04	6,01±0,02	5,98±0,03	6,02±0,06
	200°C	55,41±2,23	54,08±4,56	55,27±3,89	2,02±0,02	2,01±0,04	2,04±0,05	6,04±0,03	6,06±0,04	6,05±0,04
Fırında pişirme	250°C	46,68±3,31	51,88±2,89	50,72±2,07	2,21±0,03	2,08±0,03	1,75±0,04	6,10±0,06	6,11±0,06	6,13±0,04
	150°C	58,20±5,15	60,06±1,02	58,87±6,98	2,37±0,03	1,53±0,02	1,67±0,06	5,99±0,03	5,96±0,02	5,97±0,05
	200°C	47,63±4,23	53,27±1,56	52,60±5,23	1,81±0,05	1,64±0,08	1,82±0,07	6,00±0,04	6,01±0,05	5,99±0,04
	250°C	41,06±4,16	39,46±3,65	42,06±2,36	2,19±0,06	2,11±0,05	2,01±0,08	6,04±0,07	6,03±0,01	6,02±0,02

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 4.4. (Devam) Dana eti örneklerinin proksimet içerikleri ve pH değerleri.

Pişirme Yöntemleri	Pişirme Sıcaklıkları	Lipid (%)			Protein (%)		
		Kontrol	%0,5	%1	Kontrol	%0,5	%1
Yağsız tavada pişirme	Alç						
	150°C	10,84±0,04	10,04±0,04	9,47±0,02	27,88±0,01	34,25±0,53	28,99±0,41
	200°C	10,59±0,02	11,10±0,01	11,16±0,03	27,93±0,11	29,87±0,44	28,50±0,05
Fırında pişirme	250°C	11,56±0,01	11,39±0,04	10,51±0,02	16,69±0,23	31,44±0,12	29,77±0,40
	150°C	7,45±0,04	6,67±0,01	8,10±0,01	30,65±0,04	36,34±0,03	31,04±0,26
	200°C	6,52±0,07	6,07±0,08	6,66±0,04	38,34±0,04	38,55±0,34	38,28±0,11
Yağsız tavada pişirme	250°C	7,35±0,04	6,40±0,01	6,09±0,09	38,45±0,20	49,54±1,21	45,22±0,64
	Enginar						
	150°C	11,76±0,07	11,07±0,02	11,12±0,04	25,15±0,09	28,24±4,24	28,77±4,19
Fırında pişirme	200°C	11,22±0,02	10,24±0,03	10,03±0,04	27,17±0,18	32,65±0,11	31,81±0,44
	250°C	10,02±0,01	10,12±0,07	10,20±0,02	29,07±0,16	28,27±1,28	26,99±0,94
	150°C	9,19±0,02	9,64±0,01	9,68±0,01	30,70±2,21	32,07±0,40	36,06±0,04
Fırında pişirme	200°C	8,14±0,01	8,73±0,05	8,15±0,03	37,80±2,46	38,51±3,89	39,30±5,01
	250°C	7,30±0,04	6,16±0,07	6,52±0,07	40,17±3,05	41,42±0,14	43,01±0,28

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 4.5. Köfte örneklerinin prokimet içerikleri ve pH değerleri.

Pişirme Yöntemleri	Pişirme Sıcaklıkları	Nem (%)			Kül (%)			pH		
		Kontrol	%0.5	%1	Kontrol	%0.5	%1	Kontrol	%0.5	%1
Yağsız tavada pişirme	150°C	44,93±1,02	45,64±3,33	37,64±2,31	1,36±0,12	1,37±0,03	1,47±0,07	5,95±0,01	5,94±0,04	6,00±0,07
	200°C	42,23±2,56	40,01±2,56	40,40±3,32	1,37±0,23	1,43±0,04	1,57±0,02	6,03±0,02	6,07±0,02	6,09±0,07
	250°C	38,07±3,79	40,46±7,89	35,64±2,45	1,44±0,01	1,50±0,07	1,59±0,04	6,06±0,09	6,04±0,01	6,09±0,04
Fırında pişirme	150°C	45,95±4,12	47,73±5,63	45,54±3,89	1,28±0,04	1,30±0,09	1,40±0,07	5,97±0,12	5,99±0,04	6,00±0,03
	200°C	38,39±3,12	32,43±3,69	36,86±7,89	1,56±0,03	1,63±0,05	1,60±0,02	6,10±0,03	6,08±0,03	6,06±0,02
	250°C	34,14±4,15	41,35±5,23	31,55±9,36	1,58±0,02	1,51±0,09	1,71±0,07	6,02±0,40	6,08±0,08	6,04±0,07
Yağsız tavada pişirme	Enginar	Kontrol	%0,5	%1	Kontrol	%0,5	%1	Kontrol	%0,5	%1
	150°C	45,59±5,23	44,45±4,12	42,85±2,31	1,36±0,07	1,37±0,07	1,47±0,03	6,02±0,03	5,97±0,07	6,00±0,07
	200°C	42,02±3,26	37,28±2,24	37,86±2,45	1,37±0,03	1,43±0,06	1,57±0,08	6,00±0,07	5,97±0,03	6,06±0,02
Fırında pişirme	250°C	36,23±4,12	26,10±3,14	28,44±3,65	1,44±0,07	1,50±0,03	1,59±0,02	5,98±0,07	5,94±0,02	6,02±0,03
	150°C	47,50±5,78	42,73±1,18	41,39±7,32	1,28±0,07	1,30±0,08	1,40±0,07	6,01±0,02	5,96±0,05	5,97±0,02
	200°C	38,92±4,48	34,99±2,81	31,00±3,11	1,56±0,09	1,63±0,02	1,60±0,01	6,07±0,06	6,00±0,07	5,93±0,01
	250°C	27,75±3,23	25,15±3,25	21,50±2,14	1,58±0,02	1,51±0,07	1,71±0,02	5,96±0,03	5,91±0,09	5,89±0,02

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 4.5. (Devam) Köfte örneklerinin prokimet içerikleri ve pH değerleri.

Pişirme Yöntemleri	Pişirme Sıcaklıkları	Lipid (%)			Protein (%)		
		Kontrol	%0,5	%1	Kontrol	%0,5	%1
Yağsız tavada pişirme	Alç						
	150°C	18,20±0,73	17,23±0,55	15,57±0,56	18,78±0,22	17,61±0,14	19,11±0,02
	200°C	16,78±0,20	15,07±0,19	16,83±0,23	21,15±0,25	18,88±0,19	21,23±0,70
Fırında pişirme	250°C	15,05±0,42	14,18±0,33	15,77±0,35	21,84±0,42	20,79±0,00	20,78±0,05
	150°C	17,01±0,35	14,04±0,42	15,85±0,23	18,28±0,11	17,18±0,27	18,24±0,17
	200°C	15,35±0,33	15,54±0,15	16,31±0,16	23,06±0,15	22,37±0,07	20,67±1,40
Yağsız tavada pişirme	Enginar						
	250°C	13,76±0,41	12,32±0,38	14,62±0,46	21,69±0,31	21,88±0,21	22,08±0,56
	150°C	15,06±0,22	16,63±0,34	17,09±0,02	19,22±0,34	13,60±0,09	20,27±0,01
Fırında pişirme	200°C	15,71±0,92	15,22±0,13	15,15±0,15	21,45±0,07	22,12±0,23	19,74±1,19
	250°C	12,45±0,18	13,78±0,19	15,39±0,10	21,81±0,09	26,66±0,12	23,11±0,22
	150°C	15,97±0,25	16,96±0,14	15,58±0,26	16,67±0,20	18,72±0,47	19,20±0,34
Fırında pişirme	200°C	13,33±0,34	14,05±0,46	13,55±0,47	19,67±0,33	20,42±0,06	21,51±0,45
	250°C	13,56±0,26	12,43±0,33	11,92±0,44	21,22±0,46	21,81±0,27	23,03±0,45

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

4.4. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Öncü Madde Düzeyleri

Heterosiklik aromatik aminlerin öncü maddeleri olarak kreatin, kreatinin, glukoz ve fruktoz analizleri, hem çiğ hem de pişmiş örneklerde dublike olarak gerçekleştirilmiştir. Tablo 4.6’da çiğ tavuk göğüs eti, dana eti ve dana etinden yapılmış köfte örneklerinin kreatin, kreatinin, glukoz ve fruktoz içerikleri verilmiştir. Kreatin ve kreatinin içerikleri mg/g yaş ağırlık üzerinden verilirken glukoz ve fruktoz içerikleri mg/g kuru ağırlık üzerinden verilmiştir.

Tablo 4.6. Çiğ tavuk göğüs eti, dana eti ve köfte örneklerinin öncü madde düzeyleri.

	Kreatin (mg/g yaş ağırlık)	Kreatinin (mg/g yaş ağırlık)	Glukoz (mg/g kuru ağırlık)	Fruktoz (mg/g kuru ağırlık)
Tavuk eti	4,04±0,14	0,09±0,02	0,15±0,01	0,16±0,03
Dana eti	1,11±0,08	0,08±0,00	0,13±0,02	0,00±0,00
Köfte	0,86±0,02	0,07±0,01	0,00±0,00	0,16±0,07

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

Pişirme ile çiğ et örneklerinin kreatin içeriğinde azalma, kreatinin içeriğinde ise artış olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Ayrıca pişirme sıcaklığı arttıkça kreatin miktarı azalırken kreatinin miktarının arttığı saptanmıştır ($p<0.01$). Pişirme ile çiğ et örneklerinin glukoz ve fruktoz içeriklerinde anlamlı bir değişiklik görülmemiştir ($p>0.05$). Farklı konsantrasyonlarda alıç ekstraktı eklenen örneklerin farklı pişirme yöntemleri ve farklı pişirme sıcaklıklardaki öncü madde düzeyi Tablo 4.7’de, farklı konsantrasyonlarda enginar ekstraktı eklenen örneklerin farklı pişirme yöntemleri ve farklı pişirme sıcaklıklardaki öncü madde düzeyi ise Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.7. Alıç ekstraktı eklenen tavuk göğüs eti, dana eti ve köfte örneklerinin öncü madde düzeyleri.

Etler	Pişirme Yöntemleri	Pişirme Sıcaklıkları	Kreatin (mg/g)			Kreatinin (mg/g)		
			Kontrol	%0.5	%1	Kontrol	%0.5	%1
Tavuk eti	Yağsız tavada pişirme	150°C	3,34±0,03	2,77±0,01	2,96±0,08	0,49±0,07	0,59±0,08	0,54±0,02
		200°C	2,91±0,17	2,90±0,05	2,72±0,17	0,62±0,05	0,56±0,03	0,46±0,03
		250°C	2,34±0,49	2,07±0,12	2,69±0,17	0,47±0,02	0,38±0,02	0,59±0,01
	Fırında pişirme	150°C	3,91±0,10	2,63±0,03	3,23±0,06	0,60±0,12	0,41±0,00	0,44±0,01
		200°C	1,88±0,13	2,37±0,07	2,70±0,02	1,41±0,10	0,82±0,03	0,85±0,05
		250°C	2,55±0,01	2,93±0,01	2,42±0,13	2,07±0,10	2,02±0,16	1,60±0,23
Dana eti	Yağsız tavada pişirme	150°C	1,08±0,02	1,02±0,05	1,05±0,12	0,80±0,02	1,00±0,08	0,75±0,08
		200°C	1,03±0,02	0,86±0,01	0,83±0,06	0,97±0,11	1,19±0,15	1,19±0,06
		250°C	0,88±0,10	0,79±0,01	0,75±0,04	1,42±0,02	1,27±0,09	1,65±0,11
	Fırında pişirme	150°C	0,96±0,03	1,09±0,04	1,05±0,05	0,30±0,03	0,56±0,01	0,24±0,00
		200°C	0,86±0,03	0,90±0,02	0,82±0,01	1,03±0,04	0,77±0,04	0,81±0,05
		250°C	0,66±0,01	0,77±0,06	0,65±0,05	1,43±0,10	1,02±0,00	0,79±0,00
Köfte	Yağsız tavada pişirme	150°C	0,87±0,10	1,08±0,06	0,95±0,01	0,55±0,01	0,75±0,08	0,60±0,02
		200°C	0,88±0,02	0,83±0,10	0,90±0,00	0,48±0,04	1,27±0,05	0,62±0,04
		250°C	0,58±0,03	0,69±0,06	0,68±0,05	0,90±0,05	0,66±0,13	0,82±0,07
	Fırında pişirme	150°C	1,01±0,01	0,94±0,01	0,92±0,15	0,61±0,05	0,32±0,13	0,58±0,22
		200°C	0,91±0,13	1,01±0,20	0,87±0,06	0,50±0,05	0,72±0,07	0,61±0,08
		250°C	0,81±0,20	0,60±0,12	0,69±0,00	0,78±0,08	0,73±0,09	0,86±0,05

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 4.7. (Devam) Alıç ekstraktı eklenen tavuk göğüs eti, dana eti ve köfte örneklerinin öncü madde düzeyleri.

Etler	Pişirme Yöntemleri	Pişirme Sıcaklıkları	Glukoz (mg/g kuru ağırlık)			Fruktoz (mg/g kuru ağırlık)		
			Kontrol	%0.5	%1	Kontrol	%0.5	%1
Tavuk eti	Yağsız tavada pişirme	150°C	0,10±0,03	0,09±0,03	0,17±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,12±0,03
		200°C	0,09±0,01	0,00±0,00	0,20±0,00	0,09±0,00	0,00±0,00	0,15±0,01
		250°C	0,07±0,01	0,15±0,01	0,20±0,01	0,13±0,01	0,13±0,00	0,13±0,02
	Fırında pişirme	150°C	0,08±0,00	0,10±0,00	0,07±0,07	0,06±0,00	0,12±0,00	0,25±0,02
		200°C	0,06±0,01	0,07±0,03	0,09±0,00	0,00±0,00	0,09±0,00	0,10±0,01
		250°C	0,10±0,01	0,15±0,02	0,00±0,00	0,08±0,01	0,16±0,01	0,00±0,00
Dana eti	Yağsız tavada pişirme	150°C	0,14±0,00	0,03±0,05	0,17±0,04	0,00±0,00	0,00±0,00	0,06±0,01
		200°C	0,12±0,01	0,21±0,02	0,09±0,00	0,05±0,06	0,02±0,03	0,07±0,01
		250°C	0,12±0,00	0,18±0,00	0,16±0,11	0,05±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
	Fırında pişirme	150°C	0,12±0,00	0,17±0,00	0,17±0,05	0,00±0,00	0,00±0,00	0,12±0,04
		200°C	0,10±0,00	0,07±0,01	0,13±0,02	0,00±0,00	0,00±0,00	0,04±0,01
		250°C	0,09±0,04	0,07±0,00	0,11±0,01	0,00±0,00	0,00±0,00	0,10±0,02
Köfte	Yağsız tavada pişirme	150°C	0,30±0,00	0,41±0,03	0,45±0,01	0,25±0,01	0,26±0,02	0,14±0,04
		200°C	0,29±0,04	0,41±0,01	0,31±0,03	0,25±0,03	0,25±0,01	0,24±0,03
		250°C	0,32±0,06	0,31±0,04	0,30±0,05	0,34±0,04	0,24±0,03	0,22±0,01
	Fırında pişirme	150°C	0,55±0,02	0,39±0,00	0,40±0,03	0,19±0,02	0,25±0,01	0,42±0,05
		200°C	0,34±0,01	0,27±0,00	0,35±0,01	0,22±0,01	0,15±0,03	0,43±0,02
		250°C	0,29±0,05	0,32±0,01	0,31±0,01	0,23±0,03	0,22±0,02	0,33±0,02

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 4.8. Enginar ekstraktı eklenen tavuk göğüs eti, dana eti ve köfte örneklerinin öncü madde düzeyleri.

Etler	Pişirme Yöntemleri	Pişirme Sıcaklıkları	Kreatin (mg/g)			Kreatinin (mg/g)		
			Kontrol	%0.5	%1	Kontrol	%0.5	%1
Tavuk eti	Yağsız tavada pişirme	150°C	3,38±0,03	3,52±0,10	3,82±0,10	0,33±0,01	0,67±0,08	0,71±0,05
		200°C	2,75±0,10	2,54±0,00	2,78±0,07	0,70±0,15	1,19±0,11	0,95±0,15
		250°C	2,48±0,27	2,36±0,05	2,56±0,06	0,79±0,04	1,14±0,04	0,75±0,05
	Fırında pişirme	150°C	2,67±0,09	2,57±0,01	2,64±0,15	0,28±0,08	0,17±0,01	0,24±0,02
		200°C	1,79±0,02	1,62±0,01	1,71±0,11	1,07±0,08	0,80±0,05	0,98±0,04
		250°C	0,51±0,06	0,55±0,00	0,41±0,01	2,22±0,08	1,54±0,19	1,59±0,15
Dana eti	Yağsız tavada pişirme	150°C	1,05±0,00	0,92±0,00	0,73±0,05	0,58±0,15	0,64±0,09	0,54±0,03
		200°C	0,57±0,08	0,42±0,04	0,65±0,03	0,93±0,08	0,74±0,05	1,01±0,03
		250°C	0,40±0,15	0,35±0,02	0,60±0,00	1,19±0,14	1,08±0,00	1,08±0,01
	Fırında pişirme	150°C	1,01±0,00	1,01±0,01	1,74±0,09	0,36±0,02	0,35±0,05	0,30±0,02
		200°C	0,59±0,02	0,45±0,10	0,83±0,07	1,00±0,11	0,64±0,13	0,69±0,03
		250°C	0,56±0,02	0,41±0,08	0,45±0,01	1,71±0,03	1,72±0,19	1,56±0,23
Köfte	Yağsız tavada pişirme	150°C	0,51±0,01	0,58±0,09	0,43±0,04	0,21±0,14	0,23±0,05	1,05±0,18
		200°C	0,62±0,05	0,45±0,07	0,49±0,14	0,64±0,03	0,91±0,02	0,70±0,09
		250°C	0,19±0,02	0,56±0,01	0,57±0,13	1,54±0,14	1,60±0,10	0,98±0,06
	Fırında pişirme	150°C	0,65±0,05	0,60±0,03	0,58±0,05	0,29±0,05	0,74±0,13	0,52±0,05
		200°C	0,63±0,14	0,59±1,23	0,48±0,00	1,13±0,18	0,81±0,24	0,93±0,67
		250°C	0,57±0,04	0,53±0,08	0,52±0,05	1,33±0,07	0,96±0,06	1,45±0,01

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 4.8. (Devam).Enginar ekstraktı eklenen tavuk göğüs eti, dana eti ve köfte örneklerinin öncü madde düzeyleri.

Etler	Pişirme Yöntemleri	Pişirme Sıcaklıkları	Glukoz (mg/g kuru ağırlık)			Fruktoz (mg/g kuru ağırlık)		
			Kontrol	%0.5	%1	Kontrol	%0.5	%1
Tavuk eti	Yağsız tavada pişirme	150°C	0,24±0,00	0,27±0,05	0,34±0,03	0,10±0,00	0,09±0,01	0,29±0,06
		200°C	0,15±0,00	0,15±0,02	0,20±0,01	0,14±0,01	0,10±0,00	0,19±0,02
		250°C	0,10±0,01	0,33±0,03	0,23±0,01	0,08±0,01	0,14±0,01	0,16±0,00
	Fırında pişirme	150°C	0,13±0,01	0,15±0,02	0,38±0,00	0,03±0,01	0,07±0,01	0,31±0,00
		200°C	0,06±0,00	0,19±0,04	0,22±0,00	0,03±0,00	0,04±0,02	0,13±0,00
		250°C	0,20±0,03	0,24±0,03	0,25±0,03	0,06±0,02	0,14±0,02	0,00±0,00
Dana eti	Yağsız tavada pişirme	150°C	0,48±0,05	0,54±0,05	0,51±0,06	0,20±0,02	0,27±0,01	0,21±0,03
		200°C	0,49±0,02	0,64±0,02	0,55±0,01	0,22±0,03	0,29±0,05	0,48±0,05
		250°C	0,41±0,03	0,60±0,00	0,54±0,01	0,24±0,00	0,32±0,01	0,40±0,01
	Fırında pişirme	150°C	0,47±0,02	0,59±0,02	0,62±0,01	0,22±0,02	0,27±0,01	0,28±0,01
		200°C	0,42±0,01	0,49±0,01	0,51±0,03	0,35±0,01	0,24±0,01	0,33±0,04
		250°C	0,38±0,02	0,40±0,02	0,43±0,01	0,42±0,03	0,23±0,01	0,42±0,02
Köfte	Yağsız tavada pişirme	150°C	0,32±0,03	0,40±0,01	0,47±0,01	0,29±0,03	0,35±0,02	0,60±0,00
		200°C	0,29±0,01	0,34±0,03	0,39±0,04	0,30±0,03	0,34±0,05	0,49±0,04
		250°C	0,25±0,03	0,23±0,01	0,31±0,02	0,38±0,02	0,24±0,00	0,46±0,01
	Fırında pişirme	150°C	0,37±0,01	0,50±0,01	0,58±0,00	0,31±0,1	0,35±0,05	0,78±0,01
		200°C	0,30±0,05	0,32±0,03	0,38±0,02	0,28±0,03	0,29±0,02	0,37±0,03
		250°C	0,18±0,01	0,24±0,00	0,31±0,02	0,29±0,02	0,22±0,01	0,53±0,04

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

4.5. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin TBARS Değerleri

Çiğ tavuk eti, dana eti ve dana etinden yapılmış köfte örneklerinin TBARS değerleri sırasıyla 0.22, 0.33 ve 0.45 olarak bulunmuş ve pişirme işlemi ile TBARS değerlerinde artış olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Pişirme sıcaklığındaki artışın (150°C, 200°C, 250°C) TBARS değerlerini daha fazla artırdığı gözlenmiştir. Kontrol grubu ile kıyaslandığında alıç ve enginar ekstraktı eklemesinin TBARS değerlerinde anlamlı bir azalma ($p<0.01$) sağladığı ve eklenen ekstrakt konsantrasyonlarının yoğunluğu ile daha çok azaldığı ($p<0.01$) gözlenmiştir. Tablo 4.9'da çiğ ve pişirme öncesi farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen pişmiş örneklerinin TBARS değerleri verilmiştir.

Tablo 4.9. Çiğ ve pişirme öncesi farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen pişmiş tavuk eti, dana eti ve köfte örneklerinin TBARS değerleri.

TBARS (mg malondialdehid/kg)								
Etler	Pişirme Yöntemleri	Pişirme Sıcaklıkları	Alıç			Enginar		
			Kontrol	%0.5	%1	Kontrol	%0.5	%1
Tavuk eti	Yağsız tavada pişirme	150°C	2,54±0,08	1,35±0,40	0,74±0,07	2,78±0,16	0,97±0,06	0,57±0,18
		200°C	2,66±0,13	1,53±0,35	0,84±0,18	2,89±0,07	1,12±0,24	0,62±0,31
		250°C	2,85±0,18	1,67±0,12	0,92±0,33	2,97±0,13	1,26±0,33	0,74±0,16
	Fırında pişirme	150°C	2,12±0,20	1,52±0,32	0,77±0,12	3,04±0,14	1,44±0,15	0,42±0,70
		200°C	2,20±0,24	1,60±0,18	0,85±0,14	3,15±0,07	1,57±0,16	0,67±0,62
		250°C	2,61±0,07	1,63±0,16	0,93±0,16	3,37±0,11	1,65±0,13	0,80±0,34
Çiğ		0,22±0,01					-	
Dana eti	Yağsız tavada pişirme	150°C	2,45±0,09	1,53±0,17	0,46±0,12	2,17±0,08	1,58±0,17	0,47±0,33
		200°C	2,67±1,02	1,62±0,05	0,54±0,05	2,35±0,17	1,68±0,09	0,53±0,37
		250°C	2,88±0,25	1,73±0,07	0,60±0,21	2,63±0,19	1,81±0,09	0,72±0,41
	Fırında pişirme	150°C	2,77±0,05	1,78±0,14	0,43±0,28	1,86±0,21	0,63±0,16	0,57±0,44
		200°C	2,85±0,23	1,83±0,19	0,52±0,15	1,93±0,17	0,77±0,17	0,73±0,34
		250°C	2,96±0,22	1,89±0,16	0,58±0,09	2,05±0,22	0,87±0,08	0,81±0,21
Çiğ		0,33±0,02						
Köfte	Yağsız tavada pişirme	150°C	2,04±0,34	0,66±0,14	0,63±0,11	2,07±0,34	0,55±0,27	0,47±0,12
		200°C	2,35±0,31	0,78±0,13	0,69±0,22	2,57±0,27	0,62±0,31	0,53±0,16
		250°C	2,66±0,21	0,82±0,09	0,81±0,24	2,85±0,18	0,65±0,22	0,71±0,22
	Fırında pişirme	150°C	2,13±0,09	0,67±0,34	0,62±0,08	2,05±0,05	0,64±0,07	0,52±0,34
		200°C	2,69±0,15	0,76±0,27	0,84±1,22	2,73±0,07	0,82±0,12	0,65±0,43
		250°C	2,97±0,34	0,87±0,16	0,98±1,06	2,98±0,22	0,91±0,13	0,78±0,20
Çiğ		0,45±0,01						

Veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 4.10. Alıç ekstraktı eklenen tavuk eti örneklerinin pişirme ile ağırlık kaybı, proksimet içerikleri, pH değerleri, öncü madde düzeyleri ve TBARS değerleri.

	Nem (%)	Kül (%)	Toplam protein (%)	Toplam lipid (%)	pH	Piştirme kaybı (%)	Kreatin (mg/g)	Kreatinin (mg/g)	Glukoz (mg/kg)	Fruktoz (mg/kg)	TBARS (mg MDA/kg)
Çiğ tavuk göğüs eti	71,26±2,72	0,96±0,02	19,28±0,86	1,46±0,86	6,03±0,02	-	4,04±0,14	0,09±0,02	0,15±0,01	0,16±0,03	0,22±0,01
Alıç Ekstrakt Konsantrasyonu (%) (AEK)											
Kontrol	55,83±08,69	1,79±0,55	31,92±9,02	0,047±0,024	6,23±0,70	34,25±11,92	2,82±0,70	0,73±0,64	0,08±0,02	0,06±0,04	2,49±0,28 a
0.5	58,38±10,10	2,02±0,75	29,54±9,67	0,040±0,023	6,24±0,83	31,16±13,92	2,61±0,32	0,79±0,59	0,09±0,05	0,08±0,06	1,54±0,16 b
1.0	58,55±07,19	1,90±0,21	29,02±7,10	0,035±0,022	6,25±0,72	31,16±12,05	2,62±0,25	0,74±0,42	0,12±0,08	0,12±0,07	0,84±0,11 c
Anlamlılık***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
Piştirme Yöntemleri (PY)											
Tavada piştirme	63,31±02,07 a	1,59±0,18 a	24,09±2,54 a	0,042±0,024	6,19±0,06 a	23,00±05,09 a	2,74±0,36	0,52±0,07 a	0,11±0,06 a	0,08±0,06	1,67±0,28
Fırında piştirme	51,86±08,84 b	2,21±0,61 b	36,23±8,04 b	0,039±0,022	6,29±0,04 b	41,38±10,53 b	2,62±0,55	0,99±0,69 b	0,08±0,04 b	0,09±0,07	1,57±0,63
Anlamlılık***	**	**	**	ns	**	**	ns	**	*	ns	ns
Piştirme Sıcaklığı (°C) (PS)											
150	61,92±02,76 a	1,68±0,26 a	25,84±03,29 a	0,041±0,024	6,19±0,06	28,33±06,80 a	2,97±0,56 a	0,47±0,15 a	0,10±0,04	0,09±0,09	1,50±0,69
200	58,72±06,23 ab	2,24±0,77 b	28,57±06,14 ab	0,040±0,022	6,22±0,07	29,75±10,88 a	2,58±0,38 ab	0,62±0,17 a	0,08±0,06	0,07±0,05	1,61±0,70
250	52,12±11,56 b	1,78±0,28 ab	36,07±10,99 b	0,040±0,025	6,30±0,04	38,50±16,05 b	2,50±0,30 b	1,18±0,76 b	0,11±0,06	0,10±0,05	1,76±0,78
Anlamlılık***	*	*	**	ns	**	ns	*	**	ns	ns	ns
Etkileşimler											
AEK x PY	ns	**	**	ns	*	ns	**	ns	**	**	**
AEK x PS	ns	**	**	ns	ns	ns	**	ns	**	**	ns
PY x PS	**	**	**	ns	*	**	**	**	ns	**	ns
AEK x PY x PS	*	**	**	ns	ns	ns	**	**	*	**	ns

ns: anlamlı değil (p>0.05). *p<0.05. **p<0.01. ***p değerleri, duncan çoklu karşılaştırma testine göre verilmiştir.

Tablo 4.11. Enginar ekstraktı eklenen tavuk eti örneklerinin pişirme ile ağırlık kaybı, proksimet içerikleri, pH değerleri, öncü madde düzeyleri ve TBARS değerleri.

	Nem (%)	Kül (%)	Toplam protein (%)	Toplam lipid (%)	pH	Piştirme kaybı (%)	Kreatin (mg/g)	Kreatinin (mg/g)	Glukoz (mg/kg)	Fruktoz (mg/kg)	TBARS (mg MDA/kg)
Çiğ tavuk göğüs eti	71,26±2,72	0,96±0,02	19,28±0,86	1,46±0,86	6,03±0,02	-	4,04±0,14	0,09±0,02	0,15±0,01	0,16±0,03	0,22±0,01
Enginar Ekstrakt Konsantrasyonu (%) (EEK)											
Kontrol	59,16±5,53	1,62±0,22	31,67±5,73	0,050±0,020	6,23±0,08	35,50±16,83	2,26±0,95	0,89±0,67	0,09±0,08 a	0,05±0,05 a	3,03±0,20 a
0.5	56,97±4,94	1,63±0,21	33,52±5,16	0,040±0,023	6,23±0,08	35,66±09,59	2,19±0,96	0,91±0,45	0,22±0,07 b	0,09±0,03 a	1,33±0,27 b
1.0	57,98±3,86	1,56±0,26	34,34±5,94	0,030±0,019	6,22±0,87	36,66±08,44	2,32±1,10	0,87±0,42	0,27±0,07 b	0,17±0,11 b	0,63±0,26 c
Anlamlılık***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**
Piştirme Yöntemleri (PY)											
Tavada piştirme	58,61±4,41	1,59±0,15	28,69±2,29 a	0,045±0,024	6,18±0,07 a	31,11±08,42 a	2,91±0,51 a	0,80±0,25	0,22±0,08	0,14±0,06 a	1,54±0,99
Fırında piştirme	57,46±5,17	1,62±0,31	37,67±4,01 b	0,034±0,018	6,28±0,07 b	40,77±13,00 b	1,60±0,90 b	0,98±0,68	0,16±0,12	0,07±0,10 b	1,79±1,11
Anlamlılık***	ns	ns	**	ns	**	*	**	ns	ns	*	ns
Piştirme Sıcaklığı (°C) (PS)											
150	62,49±1,99 a	1,37±0,14 a	30,16±3,80	0,04±0,02	6,17±0,05 a	26,83±08,21 a	3,10±0,51 a	0,40±0,22 a	0,22±0,13	0,14±0,12	1,53±1,08
200	57,16±4,39 b	1,66±0,17 b	34,52±4,55	0,38±0,24	6,22±0,07 a	37,33±06,99 b	2,19±0,52 b	0,94±0,17 b	0,16±0,05	0,09±0,06	1,67±1,06
250	54,46±3,59 b	1,79±0,18 b	34,82±7,12	0,41±0,20	6,31±0,05 b	43,66±13,17 b	1,47±1,03 b	1,33±0,53 c	0,19±0,11	0,08±0,06	1,80±1,07
Anlamlılık***	**	**	ns	ns	**	**	**	**	ns	ns	ns
Etkileşimler											
EEK x PY	**	**	**	ns	ns	*	**	**	**	**	*
EEK x PS	ns	**	**	ns	ns	ns	**	**	**	**	ns
PY x PS	ns	**	**	ns	ns	ns	**	**	**	**	ns
EEK x PY x PS	*	**	**	ns	ns	ns	*	**	**	**	ns

ns: anlamlı değil ($p > 0.05$). * $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. *** p değerleri, duncan çoklu karşılaştırma testine göre verilmiştir.

Tablo 4.12. Alıç ekstraktı eklenen dana eti örneklerinin pişirme ile ağırlık kaybı, proksimet içerikleri, pH değerleri, öncü madde düzeyleri ve TBARS değerleri.

	Nem (%)	Kül (%)	Toplam protein (%)	Toplam lipid (%)	pH	Pişirme kaybı (%)	Kreatin (mg/g)	Kreatinin (mg/g)	Glukoz (mg/kg)	Fruktoz (mg/kg)	TBARS (mg MDA/kg)
Çiğ dana eti	65,79±1,54	1,03±0,04	15,60±0,96	9,25±1,47	5,73±0,04	-	1,11±0,08	0,08±0,00	0,13±0,02	0,00±0,00	0,33±0,02
Alıç Ekstrakt Konsantrasyonu (%) (AEK)											
Kontrol	53,68±6,49	2,15±0,22 a	29,99±7,71	9,08±2,10	6,02±0,73	42,75±10,10	0,91±0,14	0,99±0,40	0,11±0,01	0,01±0,03 a	2,76±0,47 a
0.5	51,84±7,21	1,89±0,27 b	36,63±6,66	8,61±2,37	6,00±0,67	39,66±07,34	0,90±0,12	0,96±0,25	0,12±0,07	0,00±0,11 a	1,73±0,14 b
1.0	48,77±6,35	1,88±0,15 b	33,63±6,40	8,66±1,96	6,01±0,57	44,00±10,53	0,85±0,15	0,89±0,44	0,12±0,05	0,06±0,04 b	0,52±0,10 c
Anlamlılık***	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**
Pişirme Yöntemleri (PY)											
Tavada pişirme	54,65±5,71 a	1,99±0,20	28,36±4,67 a	10,76±0,65 a	6,03±0,05	37,44±7,57 a	0,80±0,12	1,13±0,28 a	0,12±0,06	0,02±0,03	1,60±0,97
Fırında pişirme	48,21±6,41 b	1,96±0,29	38,46±5,79 b	06,81±0,66 b	6,00±0,07	46,83±8,69 b	0,86±0,15	0,77±0,36 b	0,11±0,03	0,02±0,04	1,73±0,99
Anlamlılık***	**	ns	**	**	ns	**	ns	**	ns	ns	ns
Pişirme Sıcaklığı (°C) (PS)											
150	55,00±5,99 a	1,83±0,30 a	31,52±03,05	8,76±1,53	5,94±0,04 a	35,41±7,44 a	1,04±0,54 a	0,60±0,28 a	0,13±0,05	0,03±0,05	1,57±0,93
200	52,56±3,38 ab	1,94±0,12 ab	33,57±05,06	8,71±2,41	6,03±0,04 b	41,33±7,11 a	0,88±0,75 b	0,98±0,16 b	0,11±0,04	0,02±0,03	1,67±1,05
250	46,74±7,82 b	2,15±0,17 b	35,15±11,26	8,88±2,42	6,07±0,03 b	49,66±7,74 b	0,75±0,87 c	1,26±0,29 c	0,10±0,05	0,02±0,04	1,77±0,99
Anlamlılık***	**	**	ns	ns	**	**	**	**	ns	ns	ns
Etkileşimler											
AEK x PY	**	**	**	**	ns	ns	**	**	ns	**	ns
AEK x PS	**	**	**	**	ns	ns	**	**	ns	*	ns
PY x PS	**	**	**	**	ns	ns	*	**	*	**	ns
AEK x PY x PS	ns	**	**	**	ns	ns	ns	**	**	*	ns

ns: anlamlı değil ($p > 0.05$). * $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. *** p değerleri, duncan çoklu karşılaştırma testine göre verilmiştir.

Tablo 4.13. Enginar ekstraktı eklenen dana eti örneklerinin pişirme ile ağırlık kaybı, proksimet içerikleri, pH değerleri, öncü madde düzeyleri ve TBARS değerleri.

	Nem (%)	Kül (%)	Toplam protein (%)	Toplam lipid (%)	pH	Pişirme kaybı (%)	Kreatin (mg/g)	Kreatinin (mg/g)	Glukoz (mg/kg)	Fruktoz (mg/kg)	TBARS (mg MDA/kg)
Çiğ dana eti	65,79±1,54	1,03±0,04	15,60±0,96	9,25±1,47	5,73±0,04	-	1,11±0,08	0,08±0,00	0,13±0,03	0,00±0,00	0,33±0,02
Enginar Ekstrakt Konsantrasyonu (%) (EEK)											
Kontrol	51,14±6,96	2,07±0,20 a	31,67±5,80	9,60±1,65	6,02±0,04	42,08±8,53	0,69±0,25	0,96±0,45	0,44±0,04	0,27±0,08	2,16±0,28 a
0.5	53,00±7,25	1,86±0,23 b	33,52±5,29	9,32±1,65	6,02±0,05	40,66±9,13	0,59±0,27	0,86±0,46	0,54±0,08	0,27±0,03	1,22±0,50 b
1.0	53,29±6,31	1,84±0,14 b	34,30±6,11	9,20±1,76	6,04±0,06	41,75±8,20	0,83±0,44	0,86±0,43	0,48±0,16	0,33±0,13	0,63±0,22 c
Anlamlılık***	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
Pişirme Yöntemleri (PY)											
Tavada pişirme	54,40±4,30	1,95±0,15	28,66±2,48 a	10,64±0,63 a	6,06±0,05 a	45,38±8,33 a	0,63±0,23	0,86±0,24	0,50±0,14	0,28±0,11	1,54±0,78
Fırında pişirme	50,56±8,17	1,90±0,27	37,67±4,20 b	8,11±1,34 b	5,99±0,02 b	37,61±6,62 b	0,78±0,41	0,92±0,58	0,47±0,08	0,30±0,07	1,13±0,61
Anlamlılık***	ns	ns	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns
Pişirme Sıcaklığı (°C) (PS)											
150	58,78±2,33 a	1,83±0,27 a	30,16±3,80	10,41±0,98 a	5,98±0,03 a	34,16±5,37 a	1,07±0,32 a	0,46±0,14 a	0,49±0,16	0,22±0,07 a	1,21±0,72
200	53,34±3,25 b	1,89±0,15 ab	34,52±4,79	09,41±1,20 ab	6,03±0,05 b	41,83±5,92 b	0,58±0,14 b	0,83±0,16 b	0,51±0,07	0,32±0,09 b	1,33±0,72
250	45,31±5,25 c	2,05±0,16 b	34,82±7,12	08,30±1,95 b	6,06±0,05 b	48,50±6,97 c	0,46±0,10 b	1,39±0,30 c	0,46±0,08	0,33±0,08 b	1,48±0,76
Anlamlılık***	**	*	ns	**	**	**	**	**	ns	**	ns
Etkileşimler											
EEK x PY	ns	**	ns	*	ns	ns	**	*	ns	**	**
EEK x PS	ns	**	ns	*	ns	ns	**	**	ns	**	ns
PY x PS	**	**	**	**	*	ns	**	*	*	ns	ns
EEK x PY x PS	ns	**	ns	**	ns	ns	**	ns	ns	**	ns

ns: anlamlı değil ($p > 0.05$). * $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. *** p değerleri, duncan çoklu karşılaştırma testine göre verilmiştir.

Tablo 4.14. Alıç ekstraktı eklenen dana etinden yapılmış köfte örneklerinin pişirme ile ağırlık kaybı, proksimet içerikleri, pH değerleri, öncü madde düzeyleri ve TBARS değerleri.

	Nem (%)	Kül (%)	Toplam protein (%)	Toplam lipid (%)	pH	Piştirme kaybı (%)	Kreatin (mg/g)	Kreatinin (mg/g)	Glukoz (mg/kg)	Fruktoz (mg/kg)	TBARS (mg MDA/kg)
Çiğ köfte hammadde	45,71±1,59	1,01±0,07	15,10±0,01	20,09±0,60	5,41±0,02	-	0,86±0,02	0,07±0,01	0,00±0,00	0,16±0,07	0,45±0,01
Alıç Ekstrakt Konsantrasyonu (%) (AEK)											
Kontrol	40,61±4,66	1,43±0,12 a	20,80±1,79	16,02±1,54	6,03±0,07	18,33±6,05	0,84±0,14	0,63±0,16	0,35±0,10	0,24±0,05	2,47±0,36 a
0.5	41,27±5,71	1,45±0,11 ab	19,78±2,10	14,73±1,58	6,03±0,05	16,33±6,09	0,85±0,18	0,74±0,29	0,30±0,15	0,18±0,09	0,76±0,13 b
1.0	37,93±5,36	1,55±0,10 b	20,35±1,39	15,82±0,73	6,04±0,04	17,33±5,85	0,76±0,24	0,68±0,13	0,27±0,13	0,27±0,15	0,76±0,37 b
Anlamlılık***	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
Piştirme Yöntemleri (PY)											
Tavada piştirme	40,55±3,72	1,45±0,94	20,01±1,41	16,07±1,25 a	6,03±0,05	15,33±3,78 a	0,82±0,15	0,73±0,23	0,25±0,15 a	0,20±0,11	1,27±0,80
Fırında piştirme	39,32±6,59	1,50±0,14	20,60±2,10	14,97±1,41 b	6,04±0,05	19,33±6,96 b	0,81±0,23	0,63±0,16	0,36±0,08 b	0,26±0,09	1,39±0,95
Anlamlılık***	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	*	ns	ns
Piştirme Sıcaklığı (°C) (PS)											
150	44,57±3,87 a	1,36±0,07 a	18,20±0,68 a	16,31±1,42 a	5,98±0,05 a	11,0±1,47 a	0,96±0,07 a	0,56±0,14 a	0,34±0,17	0,22±0,13	1,12±0,71
200	38,38±3,97 b	1,52±0,10 b	21,22±1,42 b	15,98±0,73 a	6,07±0,03 b	28,0±3,30 b	0,83±0,24 ab	0,70±0,28 ab	0,32±0,05	0,25±0,08	1,35±0,91
250	36,86±4,77 b	1,55±0,09 b	21,51±0,57 b	14,28±1,15 b	6,05±0,03 b	23,0±4,22 c	0,67±0,09 b	0,79±0,09 b	0,25±0,12	0,22±0,11	1,51±0,99
Anlamlılık***	**	**	**	**	**	**	**	*	ns	ns	ns
Etkileşimler											
AEK x PY	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	**	**	**	ns
AEK x PS	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	**	**	**	ns
PY x PS	*	**	**	**	ns	**	ns	**	**	**	ns
AEK x PY x PS	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	**	**	**	ns

ns: anlamlı değil ($p > 0.05$). * $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. *** p değerleri, duncan çoklu karşılaştırma testine göre verilmiştir.

Tablo 4.15. Enginar ekstraktı eklenen dana etinden yapılmış köfte örneklerinin pişirme ile ağırlık kaybı, proksimet içerikleri, pH değerleri, öncü madde düzeyleri ve TBARS değerleri.

	Nem (%)	Kül (%)	Toplam protein (%)	Toplam lipid (%)	pH	Piştirme kaybı (%)	Kreatin (mg/g)	Kreatinin (mg/g)	Glukoz (mg/kg)	Fruktoz (mg/kg)	TBARS (mg MDA/kg)
Çiğ köfte hammadde	45,71±1,59	1,01±0,07	15,10±0,01	20,09±0,60	5,41±0,02	-	0,86±0,02	0,07±0,01	0,00±0,00	0,16±0,07	0,45±0,01
Enginar Ekstrakt Konsantrasyonu (%) (EEK)											
Kontrol	39,66±7,21	1,43±0,11 a	20,00±1,84	14,34±1,38	6,00±0,44	22,41±9,64	0,52±0,16	0,85±0,53	0,28±0,06 a	0,30±0,04 a	2,54±0,39 a
0.5	35,11±7,90	1,45±0,11 ab	20,55±4,11	14,85±1,68	5,95±0,46	22,5±8,95	0,55±0,76	0,87±0,42	0,33±0,09 ab	0,29±0,06 a	0,69±0,16 b
1.0	33,84±8,16	1,55±0,10 b	21,15±1,63	14,79±1,72	5,97±0,61	23,00±7,95	0,51±0,70	0,93±0,33	0,41±0,10 b	0,54±0,13 b	0,61±0,18 b
Anlamlılık***	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**
Piştirme Yöntemleri (PY)											
Tavada piştirme	37,86±6,88	1,45±0,86	20,89±3,41	15,17±1,36	5,99±0,04	21,27±8,10	0,48±0,13 a	0,87±0,48	0,33±0,07	0,39±0,12	1,22±0,95
Fırında piştirme	34,54±8,78	1,50±0,14	20,25±1,86	14,15±1,64	5,96±0,05	24,00±9,13	0,57±0,07 b	0,90±0,37	0,35±0,12	0,37±0,16	1,34±0,94
Anlamlılık***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
Piştirme Sıcaklığı (°C) (PS)											
150	44,08±3,28 a	1,36±0,07 a	17,94±2,32 a	16,22±0,78 a	5,98±0,41 ab	13,08±3,47 a	0,55±0,07	0,50±0,32 a	0,44±0,09 a	0,44±0,18	1,05±0,75
200	37,01±3,92 b	1,52±0,10 b	20,81±1,01 b	14,50±0,97 b	6,00±0,05 a	22,66±3,82 b	0,54±0,09	0,85±0,22 b	0,33±0,04 b	0,35±0,09	1,32±0,99
250	27,52±4,99 c	1,55±0,08 b	22,94±1,88 c	13,27±1,24 c	5,95±0,05 b	32,16±3,37 c	0,49±0,14	1,31±0,26 c	0,25±0,05 c	0,35±0,12	1,48±1,06
Anlamlılık***	**	**	**	**	*	**	ns	**	**	ns	ns
Etkileşimler											
EEK x PY	ns	ns	**	**	**	ns	*	ns	ns	ns	ns
EEK x PS	ns	ns	**	**	ns	ns	**	**	**	**	**
PY x PS	ns	**	**	**	ns	ns	ns	*	**	**	ns
EEK x PY x PS	ns	*	**	**	ns	ns	**	**	ns	**	ns

ns: anlamlı değil ($p > 0.05$). * $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. *** p değerleri, duncan çoklu karşılaştırma testine göre verilmiştir.

4.6. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Heterosiklik Aromatik Amin İçerikleri

4.6.1. Alıç Ekstraktının Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna Etkisi

Alıç Ekstraktının Tavuk Göğüs Etinde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna Etkisi

Alıç ekstraktı içeren ve içermeyen (kontrol) farklı sıcaklıklarda yağsız tavada ve fırında pişirilen tavuk göğüs etinin HAA seviyeleri Tablo 4.16'da verilmiştir.

Toplam HAA miktarı, yağsız tavada 150, 200 ve 250°C'de pişirilen kontrol grubu (ekstrakt içermeyen) tavuk göğüs eti örneklerinde sırasıyla 5.66, 8.27, 10.96 ng/g olarak tespit edilmiştir. Fırında 150°C, 200°C, 250°C'de pişirilen kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde ise sırasıyla 1.32, 2.79, 17.60 ng/g toplam HAA tespit edilmiştir. Toplam HAA oluşum miktarının artan pişirme sıcaklığı ile anlamlı olarak arttığı saptanmıştır ($p < 0.01$).

Yağsız tavada 150, 200 ve 250°C'de pişirilen kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde HAA türlerinden en yüksek oranda sırasıyla artan miktarlarda 3.99 ng/g, 6.22 ng/g, 6.01 ng/g Trp-P-2 gözlenmiştir. Yağsız tavada 150°C'de pişirilen kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde Trp-P-2'yi takiben sırasıyla 0.82 ng/g MeIQ, 0.61 ng/g Norharman, 0.14 ng/g IQx, 0.05 ng/g MeIQx ve 0.05 ng/g 7.8-DiMeIQx tespit edilmiştir. Alıç ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde IQx seviyelerinde %14.29 ve MeIQ seviyelerinde %81.71 azalma gözlenirken %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise MeIQ seviyelerinde %100 ve Norharman seviyelerinde %9.84 azalma gözlenmiştir. MeIQx, 7.8-DiMeIQx, Trp-P-2 seviyelerinde ise alıç ekstraktı artışa neden olmuştur. Alıç ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde Norharman içeriklerinde artış gözlenirken %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise azalma gözlenmiştir. Kontrol grubu örneklerde tespit edilemeyen IQ ve Harman, alıç ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde IQ içeriği 0.18 ng/g, alıç ekstraktı %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise Harman içeriği 1.02 ng/g olarak belirlenmiştir. Yağsız tavada 200°C'de pişirilen kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde Trp-P-2'yi takiben sırasıyla 0.85 ng/g Norharman, 0.50 ng/g AaC, 0.45 ng/g MeIQx, 0.17 ng/g IQx, 0.08 ng/g 7.8-DiMeIQx tespit edilmiştir. Alıç ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde 7.8-DiMeIQx, Trp-P-2 ve AaC seviyelerinde alıç

ekstraktı %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise IQx, MeIQx, 7.8-DiMeIQx, Norharman, Trp-P-2 ve AαC seviyelerinde azalma saptanmıştır. Alıç ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde IQx içeriğinde herhangi bir değişiklik gözlenmezken %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise %100 azalma gözlenmiştir. Alıç ekstraktı, %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde 7.8-DiMeIQx, Trp-P-2 ve AαC seviyelerinde sırasıyla %25.00, %17.68, %84.00, %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise sırasıyla %37.50, %36.33, %100 azalma sağlayarak toplam HAA seviyelerindeki azalmanın %16.93'ten %39.42'ye çıkmasını sağlamıştır. MeIQx ve Norharman seviyelerinde %0.5 konsantrasyonunda alıç ekstraktı eklenmesi ile sırasıyla %8.89 ve %11.76 artış gözlenirken %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise sırasıyla %14.29 ve %27.06 azalma sağladığı gözlenmiştir. Yağsız tavada 250°C'de pişirilen kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde Trp-P-2'yi takiben sırasıyla 1.86 ng/g AαC, 1.52 ng/g IQ, 0.79 ng/g MeIQx, 0.54 ng/g PhIP, 0.14 ng/g IQx, 0.10 ng/g 7.8-DiMeIQx tespit edilmiştir. MeIQx, 7.8-DiMeIQx, Trp-P-2 içeriğinde azalma sırasıyla %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde %48.10, %50.00, %57.57 iken %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise sırasıyla %34.18, %40.00, %29.12 azalma sağlayarak toplam HAA seviyelerinde azalma %68.34'den %51.42'ye düşmüştür. Kontrol grubu örneklerde tespit edilen IQx, IQ, PhIP, AαC bileşikleri alıç ekstraktı eklendiğinde (%0.5 ve %1 konsantrasyonlarında) tespit edilememiştir. Kontrol grubu örneklerde tespit edilemeyen MeIQ, alıç ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde 0.46 ng/g, %1 konsantrasyonunda eklendiğinde 0.43 ng/g olarak belirlenmiştir.

Fırında 150°C'de pişirilen tavuk göğüs eti örneklerinde sırasıyla 0.94 ng/g AαC, 0.38 ng/g IQx bulunmuştur. Alıç ekstraktı %0.5 ve %1 konsantrasyonunda eklendiğinde sırasıyla IQx oluşumunda %100 ve %92.11, AαC oluşumunda ise sırasıyla %100 ve %98.94 azalma sağladığı görülmüştür. Fırında 200°C ve 250°C'de pişirilen kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde HAA türlerinden en yüksek oranda sırasıyla 2.36 ng/g ve 12.88 ng/g Trp-P-2 bulunmuştur. Fırında 200°C'de pişirilen kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde Trp-P-2'yi takiben sırasıyla 0.15 ng/g IQx, 0.14 ng/g MeIQx, 0.11 ng/g AαC, 0.03 ng/g 7.8-DiMeIQx tespit edilmiştir. Alıç ekstraktı %0.5 ve %1 konsantrasyonunda eklendiğinde sırasıyla Trp-P-2 oluşumunda %85.59 ve %82.63, AαC oluşumunda ise sırasıyla %54.55 ve %18.18 azalma olduğu gözlenmiştir. IQx seviyelerinde %0.5 konsantrasyonunda alıç ekstraktı

eklendiğinde %33.33 artış gözlenirken %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise %6.67 azalma gözlenmiştir. MeIQx ve 7.8-DiMeIQx içeriklerinde ise alıç ekstraktı eklenmesi (%0.5 ve %1 konsantrasyonlarında) %100 azalma sağlamıştır. Toplam HAA seviyelerinde %0.5 konsantrasyonunda alıç ekstraktı eklendiğinde %78.85, %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise %77.06 azalma tespit edilmiştir. Fırında 250°C’de pişirilen kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde Trp-P-2’yi takiben sırasıyla 1.61 ng/g Harman, 0.75 ng/g Norharman, 0.69 ng/g IQx, 0.60 ng/g MeIQx, 0.38 ng/g IQ, 0.35 ng/g AαC, 0.19 ng/g MeIQ, 0.15 ng/g 7.8-DiMeIQx tespit edilmiştir. Pişirme sıcaklığı 200°C’den 250°C’ye çıktığında Trp-P-2 seviyelerinin 2.36 ng/g’dan 12.88 ng/g’a çıktığı saptanmıştır. Ayrıca pişirme sıcaklığının 250°C’ye çıkması ile kontrol grubu örneklerde 150 ve 200°C’lerde tespit edilemeyen aminokarbonil grubu HAA’lardan olan Harman ve Norharman bileşiklerinin oluştuğu tespit edilmiştir. Alıç ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde IQx, 7.8-DiMeIQx, Norharman, Trp-P-2 seviyelerinde sırasıyla %7.25, %53.33, %33.33, %10.87, %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise sırasıyla %92.75, %100.00, %36.00, %52.80 azalma sağlayarak toplam HAA seviyelerindeki azalmanın %12.78’ten %19.09’ye çıkmasını sağlamıştır. Alıç ekstraktının %1 konsantrasyonunda eklenmesi ile IQ içeriği 0.14 ng/g’dan 4.47 ng/g’a çıkarak artış göstermiştir. MeIQ içeriği, kontrol grubu örneklerde 0.19 ng/g, alıç ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde 0.29 ng/g olarak belirlenirken alıç ekstraktı %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise tespit edilememiştir. AαC içeriği kontrol grubu örneklerde 0.35 ng/g, alıç ekstraktı %1 konsantrasyonunda eklendiğinde 0.10 ng/g olarak belirlenirken alıç ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde ise tespit edilememiştir.

Her iki pişirme yönteminde de örneklerin hiçbirinde 4,8-DiMeIQx tespit edilmemiştir. MeAαC ise sadece pişirme öncesi %1 konsantrasyonunda alıç ekstraktı eklenen fırında 250°C’de pişirilen örneklerde 0.38 ng/g olarak bulunmuştur.

Tablo 4.16. Farklı konsantrasyonlarda alıç ekstraktı eklenen tavuk göğüs eti örneklerinin heterosiklik aromatik amin içerikleri (ng/g).

Piştirme Yöntemleri	Piştirme Sıcaklıkları	Uygulama	IQx	IQ	MeIQx	MeIQ	7,8 DiMeIQx	4,8 DiMeIQx	Norharm an	Harm an	Trp-P-2	PhIP	AαC	MeAαC	Toplam HAA	Artma/Azalma (%)	
Yağsız tavada piştirme	150°C	Kontrol	0,14	nd	0,05	0,82	0,05	nd	0,61	nd	3,99	nd	nd	nd	5,66		
		%0.5	0,12	0,18	0,43	0,15	0,09	0,09	nd	1,08	nd	6,99	nd	nd	nd	9,04	+59,72
		%1	0,18	nd	0,60	nd	0,06	0,06	nd	0,55	1,02	4,01	nd	nd	nd	6,42	+13,43
	200°C	Kontrol	0,17	nd	0,45	nd	0,08	nd	0,85	nd	6,22	nd	0,50	nd	8,27		
		%0.5	0,17	nd	0,49	nd	0,06	nd	0,95	nd	5,12	nd	0,08	nd	6,87	-16,93	
		%1	nd	nd	0,38	nd	0,05	nd	0,62	nd	3,96	nd	nd	nd	5,01	-39,42	
	250°C	Kontrol	0,14	1,52	0,79	nd	0,10	nd	nd	nd	6,01	0,54	1,86	nd	10,96		
		%0.5	nd	nd	0,41	0,46	0,05	nd	nd	nd	2,55	nd	nd	nd	3,47	-68,33	
		%1	nd	nd	0,52	0,43	0,06	nd	nd	nd	4,26	nd	nd	nd	5,27	-51,92	
Fırında piştirme	150°C	Kontrol	0,38	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,94	nd	1,32		
		%0.5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-100,0	
		%1	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nq	nd	0,03	-97,73	
	200°C	Kontrol	0,15	nd	0,14	nd	0,03	nd	nd	nd	2,36	nd	0,11	nd	2,79		
		%0.5	0,20	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,36	nd	0,05	nd	0,61	-78,14	
		%1	0,14	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,41	nd	0,09	nd	0,64	-77,06	
	250°C	Kontrol	0,69	0,38	0,60	0,19	0,15	nd	0,75	1,61	12,88	nd	0,35	nd	17,60		
		%0.5	0,64	nd	0,60	0,29	0,23	nd	0,50	1,61	11,48	nd	nd	nd	15,35	-12,78	
		%1	nd	4,47	0,58	nd	nd	nd	0,48	2,15	6,08	nd	0,10	0,38	14,24	-19,09	

nd: tespit edilmemiştir. nq: miktarı belirlenememiştir.

+:artma. -:azalma

Alıç Ekstraktının Dana Etinde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna Etkisi

Alıç ekstraktı içeren ve içermeyen (kontrol) farklı sıcaklıklarda yağsız tavada ve fırında pişirilen dana etinin HAA miktarları Tablo 4.17’de verilmiştir.

Yağsız tavada pişirilen kontrol grubu dana eti örneklerinde 150°C’de hiçbir HAA türü tespit edilememiştir. Toplam HAA miktarı, yağsız tavada 200 ve 250°C’de pişirilen kontrol grubu dana eti örneklerinde sırasıyla 4.33, 11.38 ng/g olarak tespit edilmiştir. Fırında 150°C ve 200°C’de pişirilen kontrol grubu dana eti örneklerinde ise hiçbir HAA türü tespit edilmemiştir. 250°C’de ise sadece 0.10 ng/g 4.8-DiMeIQx tespit edilmiştir.

Yağsız tavada 200 ve 250°C’de pişirilen kontrol grubu dana eti örneklerinde HAA türlerinden en yüksek oranda sırasıyla 2.28, 4.38 ng/g Trp-P-2 olduğu gözlenmiştir. Yağsız tavada 200°C’de pişirilen kontrol grubu dana eti örneklerinde Trp-P-2’yi takiben sırasıyla 0.68 ng/g IQ, 0.47 ng/g MeIQx, 0.34 ng/g Harman, 0.21 ng/g IQx, 0.19 ng/g MeIQ, 0.10 ng/g AαC, 0.06 ng/g 7.8-DiMeIQx tespit edilmiştir. Alıç ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde IQ, Harman, Trp-P-2 bileşiklerinin seviyelerinde, %1 konsantrasyonunda alıç ekstraktı eklendiğinde IQ, MeIQ, 7.8-DiMeIQx, Trp-P-2 ve AαC bileşiklerinin seviyelerinde azalma gözlenmiştir. Alıç ekstraktı (%0.5 ve %1 konsantrasyonlarında), IQx, MeIQx, MeAαC seviyelerinde ise artışa neden olmuştur. Yağsız tavada 250°C’de pişirilen kontrol grubu dana eti örneklerinde Trp-P-2’yi takiben sırasıyla 1.85 ng/g IQ, 1.27 ng/g AαC, 1.10 ng/g MeIQx, 0.75 ng/g PhIP, 0.67 ng/g MeIQ, 0.63 ng/g Harman, 0.39 ng/g Norharman, 0.29 ng/g IQx, 0.14 ng/g 7.8-DiMeIQx tespit edilmiştir. Pişirme sıcaklığının 250°C’ye çıkması ile kontrol grubu örneklerde 150 ve 200°C’lerde tespit edilemeyen Harman, Norharman ve PhIP bileşiklerinin olduğu tespit edilmiştir. Alıç ekstraktı (%0.5 ve %1 oranlarında) eklendiğinde IQx, IQ, MeIQx, MeIQ, 7.8-DiMeIQx, Norharman, Trp-P-2, PhIP ve AαC bileşiklerinin seviyelerinde azalma, %1 konsantrasyonunda alıç ekstraktı eklendiğinde MeAαC ve Harman bileşiklerinin düzeylerinde artış olduğu gözlenmiştir. Harman, kontrol grubu örneklerde 0.63 ng/g, alıç ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde 0.51 ng/g, %1 konsantrasyonunda eklendiğinde 0.65 ng/g olarak belirlenmiştir. Kontrol grubu örneklerde tespit

edilemeyen MeA α C, alıç ekstraktı %1 konsantrasyonunda eklendiğinde 0.48 ng/g olarak belirlenmiştir. Alıç ekstraktının 0.5 ve %1 oranlarında eklenmesinin toplam HAA oluşumunda sırasıyla %42.53 ve %33.57 azalma sağladığı saptanmıştır.

Fırında 150°C ve 200°C’de pişirilen kontrol grubu dana eti örneklerinde hiçbir HAA türü tespit edilemezken 250°C’de ise sadece 0.10 ng/g 4,8-DiMeIQx tespit edilmiştir. Alıç ekstraktı (%0.5 ve %1 oranlarında) eklendiğinde ise bu bileşiğin seviyelerinin azaldığı görülmüştür.

Tablo 4.17. Farklı konsantrasyonlarda alıç ekstraktı eklenen dana eti örneklerinin heterosiklik aromatik amin içerikleri (ng/g).

Piştirme Yöntemleri	Piştirme Sıcaklıkları	Uygulama	IQx	IQ	MeIQx	MeIQ	7,8 DiMeIQx	4,8 DiMeIQx	Norharman	Harman	Trp-P-2	PhIP	AαC	MeAαC	Toplam HAA	Artma/Azalma (%)	
Yağsız tavada piştirme	150°C	Kontrol	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
		%0.5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
		%1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	200°C	Kontrol	0,21	0,68	0,47	0,19	0,06	nd	nd	0,34	2,28	nd	0,10	nd	4,33		
		%0.5	0,28	0,62	0,59	0,28	0,06	nd	nd	0,30	2,26	nd	0,20	0,25	4,84	+11,78	
		%1	0,87	0,31	0,61	0,17	0,05	nd	nd	0,66	1,91	nd	0,05	0,25	4,88	+12,7	
	250°C	Kontrol	0,29	1,85	1,01	0,67	0,14	nd	0,39	0,63	4,38	0,75	1,27	nd	11,38		
		%0.5	0,22	1,24	0,66	0,44	0,08	nd	0,28	0,51	2,11	0,57	0,43	nd	6,54	-42,53	
		%1	0,23	1,04	0,67	0,37	0,09	nd	nd	0,65	3,05	0,55	0,43	0,48	7,56	-35,57	
Fırında piştirme	150°C	Kontrol	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
		%0.5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
		%1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	200°C	Kontrol	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
		%0.5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
		%1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	250°C	Kontrol	nd	nd	nd	nd	nd	0,10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,10		
		%0.5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-100,0	
		%1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	0,08	-20,0	

nd: tespit edilmemiştir.

+:artma. -:azalma

Alıç Ekstraktının Dana Etinden Yapılmış Köftede Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna Etkisi

Alıç ekstraktı içeren ve içermeyen (kontrol) farklı sıcaklıklarda yağsız tavada ve fırında pişirilmiş köftelerin HAA miktarları Tablo 4.18’de verilmiştir.

Yağsız tavada pişirilen kontrol grubu köfte örneklerinde 150°C’de hiçbir HAA türü tespit edilememiştir. Sadece 0.04 ng/g 4,8-DiMeIQx, %1 konsantrasyonunda alıç ekstraktı eklendiğinde tespit edilmiştir. Toplam HAA miktarı, yağsız tavada 200 ve 250°C’de pişirilen kontrol grubu köfte örneklerinde sırasıyla 3.28 ve 8.90 ng/g olarak tespit edilmiştir. Fırında 150, 200 ve 250°C’de pişirilen kontrol grubu köfte örneklerinde ise sırasıyla toplam 4.22, 6.49, 3.87 ng/g HAA saptanmıştır.

Yağsız tavada 200°C’de pişirilen kontrol grubu köfte örneklerinde sırasıyla 1.20 ng/g IQx, 1.06 ng/g MeIQ, 0.29 ng/g AαC, 0.23 ng/g 4,8-DiMeIQx, 0.20 ng/g PhIP, 0.19 ng/g MeIQx, 0.09 ng/g IQ, 0.02 ng/g 7.8-DiMeIQx tespit edilmiştir. Alıç ekstraktı eklenmesi ile (%0.5 ve %1 konsantrasyonlarında) MeIQx, MeIQ, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AαC seviyelerinde azalma gözlenmiştir. Yağsız tavada 200°C’de pişirilen köfte örneklerinde tespit edilen HAA türlerinin seviyelerindeki azalmada %0.5 konsantrasyonunda alıç ekstraktı eklenmesinin %1’e göre daha etkili olduğu görülmüştür. Kontrol grubu köfte örneklerinde 1.20 ng/g olarak tespit edilen IQx miktarının %0.5 alıç ekstraktı eklendiğinde bu miktarın 2.48 ng/g’a, %1 alıç ekstraktı eklendiğinde ise 16.17 ng/g’a çıktığı gözlenmiştir. Alıç ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde IQ seviyelerinde azalma gözlenirken %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise artış gözlenmiştir. Yağsız tavada 250°C’de pişirilen kontrol grubu köfte örneklerinde sırasıyla 2.58 ng/g Harman, 2.36 ng/g MeIQ, 1.69 ng/g PhIP, 0.96 ng/g IQx, 0.46 ng/g 4,8-DiMeIQx, 0.38 ng/g MeIQx, 0.21 ng/g AαC, 0.19 ng/g Trp-P-2, 0.06 ng/g IQ, 0.01 ng/g 7.8-DiMeIQx tespit edilmiştir. Pişirme sıcaklığının 250°C’ye çıkması ile kontrol grubu örneklerde 150 ve 200°C’lerde tespit edilemeyen aminokarbonil grubu HAA’lardan olan Trp-P-2 ve Harman bileşiklerinin oluştuğu tespit edilmiştir. Alıç ekstraktı, IQx, MeIQx, MeIQ, 4,8-DiMeIQx, Harman, Trp-P-2, PhIP, AαC seviyelerinde %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde sırasıyla %9.38, %36.84, %33.47, %34.78, %35.66, %21.05, %34.32, %38.10, %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise sırasıyla %42.71, %68.42, %58.05, %47.83, %53.10, %100.00, %47.93, %61.90 azalma sağlayarak toplam HAA

seviyelerindeki azalmanın %31.01'den %52.92'ye çıkmasını sağlamıştır. HAA türlerinden sadece IQ seviyelerinde alıç ekstraktı eklendiğinde (%0.5 ve %1 konsantrasyonlarında) artış olduğu saptanmıştır.

Fırında 150, 200 ve 250°C'de pişirilen kontrol grubu köfte örneklerinde HAA türlerinden en yüksek oranda sırasıyla 3.32 ng/g, 3.38 ng/g, 2.21 ng/g olarak IQx bulunmuştur. Fırında 150°C'de pişirilen kontrol grubu köfte örneklerinde IQx'i takiben sırasıyla 0.45 ng/g AαC, 0.22 ng/g PhIP, 0.16 ng/g MeIQ, 0.06 ng/g IQ tespit edilmiştir. Alıç ekstraktı eklenmesinin PhIP ve AαC oluşumunu azaltırken IQx ve IQ oluşumunu ise artırdığı gözlenmiştir. MeIQ oluşumunun ise %0.5 alıç ekstraktı eklenmesi ile azaldığı, %1 alıç ekstraktı eklenmesi ile arttığı gösterilmiştir. Fırında 200°C'de pişirilen kontrol grubu köfte örneklerinde IQx'i takiben; 1.60 ng/g AαC, 0.81 ng/g PhIP, 0.19 ng/g 4.8-DiMeIQx, 0.19 ng/g MeIQ, 0.15 ng/g Trp-P-2, 0.11 ng/g IQ, 0.05 ng/g MeIQx, 0.01 ng/g 7.8-DiMeIQx tespit edilmiştir. Pişirme öncesinde alıç ekstraktı eklenmesi ile 7.8-DiMeIQx, Trp-P-2, PhIP, AαC bileşiklerinde azalma gözlenmiştir. Alıç ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde IQx, IQ, MeIQx, MeIQ, 4.8-DiMeIQx içeriklerinde artış olurken %1 konsantrasyonunda eklendiğinde bu bileşiklerde azalma olduğu saptanmıştır. Alıç ekstraktının %1 konsantrasyonunda eklenmesi ile tüm HAA türlerinin seviyelerinde azalma olduğu ve toplam HAA seviyelerinde de %74.42 azalma sağladığı bulunmuştur. Alıç ekstraktının %1 konsantrasyonunda eklenmesi ile kontrol grubunda tespit edilen IQ, MeIQx, 7.8-DiMeIQx, 4.8-DiMeIQx, Trp-P-2, PhIP, AαC bileşikleri tespit edilememiştir. Fırında 250°C'de pişirilen kontrol grubu köfte örneklerinde IQx'i takiben; 1.12 ng/g MeIQ, 0.23 ng/g AαC, 0.15 ng/g PhIP, 0.09 ng/g MeIQx, 0.05 ng/g IQ, 0.02 ng/g 7.8-DiMeIQx tespit edilmiştir. Alıç ekstaktı (%0.5 ve %1 konsantrasyonlarında) eklenen örneklerde PhIP tespit edilememiştir. Alıç ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde MeIQx ve MeIQ seviyelerinde sırasıyla %88.89 ve %97.32 oranlarında azalma gözlenirken eklenen alıç konsantrasyonunun artışı ile bu HAA türlerinin seviyelerindeki azalma oranları sırasıyla %22.22'ye ve %36.61'e düşmüştür. Alıç ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde 7.8-DiMeIQx seviyelerinde azalma gözlenmiştir. Pişirme öncesi alıç ekstraktı (%0.5 ve %1 konsantrasyonlarında) eklenen örneklerin AαC seviyelerinde azalma gözlenmiştir. IQx, IQ ve Harman seviyelerinde ise alıç ekstraktı eklenmesi artışa neden olmuştur.

Tablo 4.18. Farklı konsantrasyonlarda alıç ekstraktı eklenen dana etinden yapılmış köfte örneklerinin heterosiklik aromatik amin içerikleri (ng/g).

Piştirme Yöntemleri	Piştirme Sıcaklıkları	Uygulama	IQx	IQ	MeIQx	MeIQ	7,8 DiMeIQx	4,8 DiMeIQx	Norharman	Harman	Trp-P-2	PhIP	AαC	MeAαC	Toplam HAA	Artma /Azalma (%)	
Yağsız tavada piştirme	150°C	Kontrol	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
		%0.5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
		%1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	+4,0
	200°C	Kontrol	1,20	0,09	0,19	1,06	0,02	0,23	nd	nd	nd	0,20	0,29	nd	nd	3,28	nd
		%0.5	2,48	0,01	0,03	0,31	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,84	-13,41
		%1	16,17	0,14	0,07	0,47	0,02	0,12	nd	nd	nd	nd	0,19	nd	nd	17,18	+423,78
	250°C	Kontrol	0,96	0,06	0,38	2,36	0,01	0,46	nd	2,58	0,19	1,69	0,21	nd	nd	8,90	nd
		%0.5	0,87	0,10	0,24	1,57	0,01	0,30	nd	1,66	0,15	1,11	0,13	nd	nd	6,14	-31,01
		%1	0,55	0,10	0,12	0,99	0,02	0,24	nd	1,21	nd	0,88	0,08	nd	nd	4,19	-52,92
Fırında piştirme	150°C	Kontrol	3,32	0,06	nd	0,16	0,01	nd	nd	nd	nd	0,22	0,45	nd	nd	4,22	nd
		%0.5	3,99	0,12	nd	0,19	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,22	nd	nd	4,53	+7,35
		%1	3,51	0,15	nd	0,63	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,14	nd	nd	4,44	+5,21
	200°C	Kontrol	3,38	0,11	0,05	0,19	0,01	0,19	nd	nd	0,15	0,81	1,60	nd	nd	6,49	nd
		%0.5	3,61	0,12	0,08	0,63	nd	nd	0,39	nd	nd	0,40	0,74	nd	nd	5,97	-8,01
		%1	1,63	nd	nd	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,66	-74,42
	250°C	Kontrol	2,21	0,05	0,09	1,12	0,02	nd	nd	nd	nd	0,15	0,23	nd	nd	3,87	nd
		%0.5	3,35	0,07	nq	0,03	0,01	nd	nd	nd	0,32	nd	0,07	nd	nd	3,85	-0,52
		%1	2,81	0,11	0,07	0,71	0,02	nd	nd	nd	0,40	nd	0,07	nd	nd	4,19	+8,27

nd: tespit edilmemiştir. nq: miktarı belirlenememiştir.

+:artma. -:azalma

4.6.2. Enginar Ekstraktının Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna Etkisi

Enginar Ekstraktının Tavuk Göğüs Etinde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna Etkisi

Enginar ekstraktı içeren ve içermeyen (kontrol) farklı sıcaklık derecelerinde yağsız tavada ve fırında pişirilen tavuk göğüs etinin HAA miktarları Tablo 4.19'de verilmiştir.

Toplam HAA miktarı, yağsız tavada 150, 200 ve 250°C'de pişirilen kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde sırasıyla 10.13, 40.27, 39.52 ng/g olarak tespit edilmiştir. Fırında 150, 200 ve 250°C'de pişirilen kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde ise sırasıyla 0.92, 0.52, 83.06 ng/g toplam HAA tespit edilmiştir. Fırında pişirme yönteminde de pişirme sıcaklığının 250°C'ye çıkması ile toplam oluşan HAA seviyelerinde ciddi bir artış olduğu gözlenmiştir.

Yağsız tavada 150, 200 ve 250°C'de pişirilen kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde HAA türlerinden en yüksek oranda sırasıyla artan miktarlarda 5.72, 18.04, 14.33 ng/g Harman olduğu gözlenmiştir. Yağsız tavada 150°C'de pişirilen kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde Harman'ı takiben sırasıyla 2.92 ng/g Trp-P-2, 0.85 ng/g MeIQ, 0.29 ng/g MeIQx, 0.18 ng/g IQ, 0.07 ng/g IQx, 0.01 ng/g 7.8-DiMeIQx tespit edilmiştir. Enginar ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde sadece Trp-P-2 (%82.88) içeriğinde, enginar ekstraktı %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise sadece IQ (%27.78) içeriğinde azalma gözlenirken enginar ekstraktı eklenmesinin kontrol grubunda tespit edilen diğer HAA'ların içeriklerinde artışa neden olduğu gözlenmiştir. Yağsız tavada 200°C'de pişirilen kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde Harman'ı takiben sırasıyla 13.42 ng/g Trp-P-2, 4.79 ng/g MeIQ, 1.57 ng/g 4.8-DiMeIQx, 1.30 ng/g MeIQx, 0.65 ng/g IQ, 0.32 ng/g 7.8-DiMeIQx, 0.18 ng/g IQx tespit edilmiştir. Enginar ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde IQ içeriğinde %56.92, MeIQx içeriğinde %10.77, MeIQ içeriğinde %29.85, 7.8-DiMeIQx içeriğinde %90.63, 4.8-DiMeIQx içeriğinde %17.20, Harman içeriğinde %28.49, Trp-P-2 içeriğinde %39.42 azalma olduğu saptanmıştır. Enginar ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde kontrol grubunda tespit edilen HAA türlerinden IQx hariç diğer HAA'ların seviyelerinde azalma gözlenmiştir. Enginar ekstraktı %1

konsantrasyonunda eklendiğinde ise IQ (%27.69), 7.8-DiMeIQx (%87.50) Trp-P-2 (%98.51) seviyelerinde azalma gözlenirken MeIQx, MeIQ, 4.8-DiMeIQx, Harman, IQx seviyelerinde artış gözlenmiştir. Yağsız tavada 250°C’de pişirilen kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde Harman’ı takiben sırasıyla 10.47 ng/g Trp-P-2, 4.86 ng/g PhIP, 3.69 ng/g MeIQ, 2.52 ng/g 4.8-DiMeIQx, 1.57 ng/g IQx, 1.40 ng/g MeIQx, 0.64 ng/g IQ, 0.04 ng/g 7.8-DiMeIQx tespit edilmiştir. Enginar ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde IQx, IQ, MeIQ, 7.8-DiMeIQx, 4.8-DiMeIQx, Harman, Trp-P-2 seviyelerinde sırasıyla %30.57, %46.88, %3.79, %25.00, %26.98, %6.21, %11.08, %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise sırasıyla %27.39, %23.44, %24.93, %50.00, %41.67, %21.21, %41.36 azalma sağlayarak toplam HAA seviyelerindeki azalma %5.49’dan %14.02’ye çıkmıştır. Enginar ekstraktı (%0.5 ve %1) eklendiğinde MeIQx ve PhIP seviyelerinde ise artış olmuştur. Kontrol grubu örneklerde tespit edilemeyen AaC, enginar ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde 1.11 ng/g, %1 konsantrasyonunda eklendiğinde 2.45 ng/g olarak belirlenmiştir.

Fırında 150°C’de pişirilen kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde HAA türlerinden sırasıyla 0.41 ng/g AaC, 0.35 ng/g PhIP, 0.08 ng/g IQx, 0.08 ng/g 4.8-DiMeIQx bulunmuştur. Enginar ekstraktı (%0.5 ve %1 konsantrasyonlarında) eklendiğinde IQx, 4.8-DiMeIQx, PhIP, AaC bileşikler tespit edilememiştir. Enginar ekstraktı eklenmesi ile sadece 7.8-DiMeIQx oluşumunda artış gözlenmiştir. Fırında 200°C’de pişirilen kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde sırasıyla 0.33 ng/g MeIQ, 0.1 ng/g MeIQx, 0.09 ng/g IQx tespit edilmiştir. Enginar ekstraktı (%0.5 ve %1 konsantrasyonlarında) eklendiğinde IQx tespit edilememiştir. MeIQx ve MeIQ seviyelerinde enginar ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde azalma gözlenirken %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise bu HAA bileşiklerinin seviyelerinde artış olduğu gözlenmiştir. Kontrol grubunda tespit edilemeyen 7.8-DiMeIQx, %0.5 enginar ekstraktı eklendiğinde 0.02 ng/g, %1 konsantrasyonunda enginar ekstraktı eklendiğinde 0.05 ng/g olarak belirlenmiştir. Fırında 250°C’de pişirilen kontrol grubu tavuk göğüs eti örneklerinde sırasıyla 37.8 ng/g Trp-P-2, 26.65 ng/g Harman, 12.05 ng/g MeIQ, 3.01 ng/g 4.8-DiMeIQx, 1.66 ng/g MeIQx, 1.07 ng/g IQ, 0.75 ng/g IQx, 0.07 ng/g 7.8-DiMeIQx tespit edilmiştir. Pişirme sıcaklığının 250°C’ye çıkması ile kontrol grubu örneklerde 150 ve 200°C’lerde tespit edilemeyen

aminokarbonil grubu HAA'lerden olan Trp-P-2 ve Harman bileşiklerinin oluştuğu saptanmıştır. Enginar ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde IQx, IQ, MeIQx, MeIQ, 7.8-DiMeIQx, 4.8-DiMeIQx, Harman, Trp-P-2 seviyelerinde sırasıyla %69.33, %72.90, %42.77, %73.43, %71.43, %77.08, %50.92, %76.16 azalma gözlenirken %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise sırasıyla %65.33, %64.49, %42.77, %66.89, %42.86, %65.45, %48.71, %68.28 azalma sağladığı saptanmıştır. Enginar ekstraktı eklenmesi ile kontrol grubunda tespit edilen tüm HAA türlerinin seviyelerinde azalma olduğu saptanmıştır. Toplam HAA seviyelerinde %0.5 enginar ekstraktı eklendiğinde %68.88, %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise %61.09 azalma olduğu saptanmıştır.

Her iki pişirme yönteminde de örneklerin hiçbirinde Norharman, MeAαC tespit edilmemiştir.

Tablo 4.19. Farklı konsantrasyonlarda enginar ekstraktı eklenen tavuk göğüs eti örneklerinin heterosiklik aromatik amin içerikleri (ng/g).

Piştirme Yöntemleri	Piştirme Sıcaklıkları	Uygulama	IQx	IQ	MeIQx	MeIQ	7,8 DiMeIQx	4,8 DiMeIQx	Norharman	Harman	Trp-P-2	PhIP	AαC	MeAαC	Toplam HAA	Artma/Azalma (%)
Yağsız tavada piştirme	150°C	Kontrol	0,07	0,18	0,29	0,85	0,01	0,09	nd	5,72	2,92	nd	nd	nd	10,13	
		%0.5	0,15	0,21	0,6	1,71	0,03	0,36	nd	9,27	0,50	nd	nd	nd	12,83	+26,65
		%1	0,16	0,13	0,6	1,58	0,04	0,36	nd	8,35	4,41	nd	nd	nd	15,63	+54,29
	200°C	Kontrol	0,18	0,65	1,3	4,79	0,32	1,57	nd	18,04	13,42	nd	nd	nd	40,27	
		%0.5	0,49	0,28	1,16	3,36	0,03	1,3	nd	12,90	8,13	nd	nd	nd	27,65	-31,34
		%1	0,56	0,47	1,91	5,2	0,04	2,07	nd	20,54	0,20	nd	nd	nd	30,99	-23,04
	250°C	Kontrol	1,57	0,64	1,40	3,69	0,04	2,52	nd	14,33	10,47	4,86	nd	nd	39,52	
		%0.5	1,19	0,34	1,50	3,55	0,03	1,84	nd	13,44	9,31	5,14	1,11	nd	37,45	-5,24
		%1	1,14	0,49	1,21	2,77	0,02	1,47	nd	11,29	6,14	7,0	2,45	nd	33,98	-14,02
Fırında piştirme	150°C	Kontrol	0,08	nd	nd	nd	nd	0,08	nd	nd	nd	0,35	0,41	nd	0,92	
		%0.5	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	-96,74
		%1	nd	nd	nd	nd	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	-94,57
	200°C	Kontrol	0,09	nd	0,1	0,33	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,52	
		%0.5	nd	nd	0,08	0,22	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,32	-38,46
		%1	nd	nd	0,14	0,37	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,56	+7,69
	250°C	Kontrol	0,75	1,07	1,66	12,05	0,07	3,01	nd	26,65	37,8	nd	nd	nd	83,06	
		%0.5	0,23	0,29	0,95	3,24	0,02	0,69	nd	13,08	9,01	nd	nd	nd	27,51	-66,88
		%1	0,26	0,38	0,95	3,99	0,04	1,04	nd	13,67	11,99	nd	nd	nd	32,32	-61,09

nd: tespit edilmemiştir.

+:artma. -:azalma

Enginar Ekstraktının Dana Etinde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna Etkisi

Enginar ekstraktı içeren ve içermeyen (kontrol) farklı sıcaklık derecelerinde yağsız tavada ve fırında pişirilen dana etinin HAA miktarları Tablo 4.20’de verilmiştir.

Toplam HAA miktarı, yağsız tavada 150, 200 ve 250°C’de pişirilen kontrol grubu dana etinde örneklerinde sırasıyla 22.76, 23.62, 40.04 ng/g olarak tespit edilmiştir. Fırında 150, 200 ve 250°C’de pişirilen kontrol grubu dana etinde örneklerinde ise sırasıyla 17.98, 2.24, 48.00 ng/g toplam HAA tespit edilmiştir. Her iki pişirme yönteminde de pişirme sıcaklığının 250°C’ye çıkması ile oluşan toplam HAA seviyelerinde ciddi bir artış olduğu gözlenmiştir.

Yağsız tavada 150°C’de pişirilen kontrol grubu dana eti örneklerinde sırasıyla 10.28 ng/g Harman, 6.02 ng/g Trp-P-2, 3.48 ng/g IQx, 2.02 ng/g MeIQ, 0.68 ng/g MeIQx, 0.19 ng/g IQ, 0.08 ng/g 4.8-DiMeIQx, 0.01 ng/g 7.8-DiMeIQx olarak bulunmuştur. Enginar ekstraktı eklendiğinde (%0.5 ve %1 konsantrasyonlarında), IQx hariç kontrol grubunda tespit edilen diğer HAA’ların seviyelerinde artış olduğu saptanmıştır. IQx oluşumunda %0.5 konsantrasyonunda enginar ekstraktı eklendiğinde %29.02, %1 konsantrasyonunda enginar ekstraktı eklendiğinde ise %54.31 azalma olduğu gözlenmiştir. Yağsız tavada 200°C ve 250°C’de pişirilen kontrol grubu dana eti örneklerinde HAA türlerinden en yüksek oranda sırasıyla 11.98 ve 12.63 ng/g olarak Trp-P-2 bulunmuştur. Yağsız tavada 200°C’de pişirilen kontrol grubu dana eti örneklerinde Trp-P-2’yi takiben sırasıyla 4.39 ng/g MeIQ, 2.65 ng/g Norharman, 2.13 ng/g IQx, 1.44 ng/g MeIQx, 0.73 ng/g 4.8-DiMeIQx, 0.29 ng/g IQ, 0.01 ng/g 7.8-DiMeIQx tespit edilmiştir. Enginar ekstraktı (%0.5 ve %1 konsantrasyonlarında) eklenmesi ile IQx, Norharman, Trp-P-2 seviyelerinde azalma gözlenirken kontrol grubunda tespit edilen diğer HAA türlerinin (MeIQ, MeIQx, 4.8-DiMeIQx, IQ, 7.8-DiMeIQx) seviyelerinde ise artış gözlenmiştir. Kontrol grubu örneklerde tespit edilemeyen Harman, %0.5 konsantrasyonunda enginar ekstraktı eklendiğinde 9.43 ng/g, %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise 10.66 ng/g olarak belirlenmiştir. Yağsız tavada 250°C’de pişirilen kontrol grubu dana eti örneklerinde Trp-P-2’yi takiben sırasıyla 9.58 ng/g Harman, 6.17 ng/g MeIQ, 3.19 ng/g PhIP, 2.52 ng/g Norharman, 1.76 ng/g MeIQx, 1.54 ng/g IQx, 0.82 ng/g AαC, 0.63 ng/g IQ, 0.18

ng/g 4.8-DiMeIQx, 0.02 ng/g 7.8-DiMeIQx tespit edilmiştir. Enginar ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde IQx, IQ, MeIQ, 4.8-DiMeIQx, Harman, Trp-P-2, AαC seviyelerinde azalma gözlenirken %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise bu HAA türlerinin seviyelerinde artış gözlenmiştir. Uygulanan her iki enginar konsantrasyonunun da MeIQx, Norharman, PhIP seviyelerinde artışa neden olmuştur.

Fırında 150°C ve 200°C’de pişirilen kontrol grubu dana eti örneklerinde HAA türlerinden en yüksek oranda sırasıyla 8.48, 1.05 ng/g AαC olarak bulunmuştur. Fırında 150°C’de pişirilen kontrol grubu dana eti örneklerinde AαC’yi takiben sırasıyla 4.52 ng/g PhIP, 3.13 ng/g IQx, 1.59 ng/g Trp-P-2, 0.14 ng/g MeIQ, 0.12 ng/g IQ olarak bulunmuştur. IQ hariç kontrol grubunda tespit edilen diğer HAA’ların seviyelerinde enginar ekstraktı (%0.5 ve %1 konsantrasyonlarında) eklendiğinde azalma saptanmıştır. Uygulanan enginar ekstraktı konsantrasyonu %0.5’ten %1’e çıktığında bu HAA türlerinin seviyeleri daha çok azalarak toplam HAA seviyelerindeki azalma %45.83’ten %62.12’ye çıkmıştır. Enginar ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde IQx, MeIQ, Trp-P-2, PhIP, AαC seviyelerinde sırasıyla %38.66, %42.86, %49.06, %48.23, %49.23, %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise sırasıyla %44.41, %64.29, %67.92, %67.26, %67.33 azalma sağlamıştır. Fırında 200°C’de pişirilen kontrol grubu dana eti örneklerinde AαC’yi takiben sırasıyla 0.50 ng/g PhIP, 0.37 ng/g IQx, 0.19 ng/g MeIQ, 0.07 ng/g IQ, 0.06 ng/g MeIQx olarak bulunmuştur. Enginar ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde kontrol grubunda tespit edilen HAA türlerinden IQx hariç diğer HAA’lar tespit edilememiştir. Enginar ekstraktı %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise IQ, MeIQx, PhIP, AαC seviyelerinde azalma gözlenmiştir. Kontrol grubunda tespit edilemeyen Trp-P-2, %1 konsantrasyonunda enginar ekstraktı eklendiğinde 0.08 ng/g olarak belirlenmiştir. Fırında 250°C’de pişirilen kontrol grubu dana eti örneklerinde sırasıyla 21.56 ng/g Trp-P-2, 12.41 ng/g Harman, 7.25 ng/g MeIQ, 2.73 ng/g IQx, 1.25 ng/g MeIQx, 1.02 ng/g 4.8-DiMeIQx, 0.89 ng/g AαC, 0.53 ng/g PhIP, 0.34 ng/g IQ, 0.02 ng/g 7.8-DiMeIQx ng/g olarak bulunmuştur. Enginar ekstraktı eklenmesi (%0.5 ve %1 konsantrasyonlarında) ile IQx, IQ, MeIQ, 4.8-DiMeIQx, Trp-P-2, PhIP, AαC seviyelerinde azalma saptanmıştır. Enginar ekstraktı %1 konsantrasyonunda eklendiğinde kontrol grubunda tespit edilen HAA türlerinden 7.8-DiMeIQx, 4.8-

DiMeIQx, Harman, Trp-P-2, PhIP, A α C tespit edilememiştir ve toplam HAA seviyelerinde %97.96 azalma saptanmıştır.

Her iki pişirme yönteminde de örneklerin hiçbirinde MeA α C tespit edilememiştir.

Tablo 4.20. Farklı konsantrasyonlarda enginar ekstraktı eklenen dana eti örneklerinin heterosiklik aromatik amin içerikleri (ng/g).

Piştirme Yöntemleri	Piştirme Sıcaklıkları	Uygulama	IQx	IQ	MeIQx	MeIQ	7,8 DiMeIQx	4,8 DiMeIQx	Norharman	Harman	Trp-P-2	PhIP	AαC	MeAαC	Toplam HAA	Artma/Azalma(%)
Yağsız tavada piştirme	150°C	Kontrol	3,48	0,19	0,68	2,02	0,01	0,08	nd	10,28	6,02	nd	nd	nd	22,76	
		%0.5	2,47	0,25	1,19	3,20	0,03	0,25	nd	14,84	8,37	nd	nd	nd	30,60	+34,45
		%1	1,59	0,18	0,88	2,38	0,04	0,16	nd	12,28	6,61	nd	nd	nd	24,12	+5,98
	200°C	Kontrol	2,13	0,29	1,44	4,39	0,01	0,73	2,65	nd	11,98	nd	nd	nd	23,62	
		%0.5	0,71	0,48	1,71	4,71	0,02	0,75	2,40	9,43	10,80	nd	nd	nd	31,01	+31,29
		%1	0,45	0,25	1,80	4,98	0,04	0,76	2,56	10,66	11,44	nd	nd	nd	32,94	+39,46
	250°C	Kontrol	1,54	0,63	1,76	6,17	0,02	0,18	2,52	9,58	12,63	3,19	0,82	nd	40,04	
		%0.5	1,31	0,56	1,90	5,51	0,02	1,09	3,02	8,85	11,05	3,57	0,80	nd	37,68	-5,89
		%1	1,95	0,66	2,20	6,35	0,02	1,19	4,36	11,72	10,47	7,59	2,75	nd	49,26	+23,03
Fırında piştirme	150°C	Kontrol	3,13	0,12	nd	0,14	nd	nd	nd	nd	1,59	4,52	8,48	nd	17,98	
		%0.5	1,92	0,29	nd	0,08	0,02	nd	nd	nd	0,81	2,34	4,28	nd	9,74	-45,83
		%1	1,74	0,23	nd	0,05	0,03	nd	nd	nd	0,51	1,48	2,77	nd	6,81	-62,12
	200°C	Kontrol	0,37	0,07	0,06	0,19	nd	nd	nd	nd	nd	0,50	1,05	nd	2,24	
		%0.5	1,59	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,59	-29,02
		%1	1,08	nd	0,05	0,19	nd	nd	nd	nd	0,08	nd	0,29	nd	1,69	-24,55
	250°C	Kontrol	2,73	0,34	1,25	7,25	0,02	1,02	nd	12,41	21,56	0,53	0,89	nd	48,0	
		%0.5	0,91	0,32	1,29	5,93	0,03	0,87	2,94	13,57	9,16	nd	0,63	nd	35,65	-25,73
		%1	0,87	0,03	0,03	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,98	-97,96

nd: tespit edilmemiştir.

+:artma. -:azalma

Enginar Ekstraktının Dana Etinden Yapılmış Köftelerde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna Etkisi

Enginar ekstraktı içeren ve içermeyen (kontrol) farklı sıcaklıklarda yağsız tavada ve fırında pişirilen köftenin HAA miktarları Tablo 4.21’de verilmiştir.

Toplam HAA miktarı, yağsız tavada 150, 200 ve 250°C’de pişirilen kontrol grubu dana etinde örneklerinde sırasıyla 2.21, 0.89, 0.36 ng/g olarak tespit edilmiştir. Fırında 150, 200 ve 250°C’de pişirilen kontrol grubu dana etinde örneklerinde ise sırasıyla toplam 0.7, 1.1, 1.65 ng/g HAA tespit edilmiştir.

Yağsız tavada 150°C’de pişirilen kontrol grubu köftelerde sırasıyla 0.85 ng/g AαC, 0.62 ng/g IQx, 0.42 ng/g PhIP, 0.20 ng/g Harman, 0.12 ng/g Trp-P-2 tespit edilmiştir. Enginar ekstraktı %1 konsantrasyonunda eklendiğinde toplam HAA seviyelerinde %82.81 azalma olduğu gözlenmiştir. Yağsız tavada 200°C’de pişirilen kontrol grubu köftelerde sadece 0.89 ng/g IQx tespit edilmiştir. Enginar ekstraktı (%0.5 ve %1 konsantrasyonlarında) eklenmesi ile bu bileşiğin seviyelerinde azalma olduğu saptanmıştır. Yağsız tavada 250°C’de pişirilen kontrol grubu köftelerde 0.34 g/g IQx ve 0.02 ng/g MeIQx tespit edilmiştir. Enginar ekstraktı (%0.5 ve %1 konsantrasyonlarında) eklenmesi ile MeIQx seviyelerinde azalma olduğu gözlenmiştir.

Fırında 150°C’de pişirilen kontrol grubu köftelerde 0.56 ng/g IQx ve 0.14 ng/g MeIQ tespit edilmiştir. Enginar ekstraktı (%0.5 ve %1 konsantrasyonlarında) eklenmesi ile IQx seviyelerinde artış, MeIQ seviyelerinde ise azalma olduğu gözlenmiştir. Fırında 200°C’de pişirilen kontrol grubu köftelerde sadece IQx (0.20-0.89 ng/g) bileşiği tespit edilmiş ve enginar ekstraktı eklendiğinde bu bileşiğin seviyelerinde % azalma olduğu saptanmıştır. Fırında 250°C’de pişirilen kontrol grubu köftelerde ise sadece IQx ve MeIQ bileşikleri tespit edilmiştir. Enginar ekstraktı eklendiğinde bu HAA türlerinin seviyelerinde azalma olduğu saptanmıştır.

Her iki pişirme yönteminde de kontrol grubu örneklerin hiçbirinde IQ, 4.8-DiMeIQx, Norharman, MeAαC tespit edilememiştir.

Tablo 4.21. Farklı konsantrasyonlarda enginar ekstraktı eklenen dana etinden yapılmış köfte örneklerinin heterosiklik aromatik amin içerikleri (ng/g).

Piştirme Yöntemleri	Piştirme Sıcaklıkları	Uygulama	IQx	IQ	MeIQx	MeIQ	7,8 DiMeIQx	4,8 DiMeIQx	Norharman	Harman	Trp-P-2	PhIP	AaC	MeAaC	Toplam HAA	Artma/Azalma(%)
Yağsız tavada piştirme	150°C	Kontrol	0,62	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,20	0,12	0,42	0,85	nd	2,21	
		%0.5	0,92	nd	0,02	0,04	0,02	nd	nd	0,28	nd	0,39	0,81	nd	2,48	+12,22
		%1	0,13	nd	nd	nd	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	0,24	nd	0,38	-82,81
	200°C	Kontrol	0,89	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,89	
		%0.5	0,87	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,87	-2,25
		%1	0,20	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,2	-77,53
	250°C	Kontrol	0,34	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,36	
		%0.5	0,78	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,78	+116,67
		%1	0,24	nd	nd	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,30	-16,67
Fırında piştirme	150°C	Kontrol	0,56	nd	nd	0,14	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,70	
		%0.5	0,86	nd	0,03	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,95	+35,71
		%1	0,71	nd	nd	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,76	+8,57
	200°C	Kontrol	0,85	nd	nd	0,25	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,10	
		%0.5	0,65	nd	nd	0,20	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,85	-22,72
		%1	0,52	nd	0,06	0,18	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,76	-30,91
	250°C	Kontrol	1,20	nd	nd	0,45	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,65	
		%0.5	0,95	nd	nd	0,37	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,32	-20,0
		%1	0,62	nd	0,10	0,23	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,95	-42,42

nd: tespit edilmemiştir.

+:artma. -:azalma

Tablo 4.22. Farklı konsantrasyonlarda alıç ekstraktı eklenen tavuk göğüs eti, dana eti, köfte örneklerinin toplam heterosiklik aromatik amin içeriklerine genel bakış.

Pişirme Yöntemleri	Pişirme Sıcaklıkları	Uygulama	Tavuk Göğüs Eti		Dana Eti		Köfte	
			Toplam HAA	Artma/Azalma (%)	Toplam HAA	Artma/Azalma (%)	Toplam HAA	Artma/Azalma (%)
Yağsız tavada pişirme	150°C	Kontrol	5,66		nd		nd	
		%0.5	9,04	+59,72	nd		nd	
		1%	6,42	+13,43	nd		0,04	+4,0
	200°C	Kontrol	8,27		4,33		3,28	
		%0.5	6,87	-16,93	4,84	+11,78	2,84	-13,41
		1%	5,01	-39,42	4,88	+12,7	17,18	+423,78
	250°C	Kontrol	10,96		11,38		8,9	
		%0.5	3,47	-68,33	6,54	-42,53	6,14	-31,01
		1%	5,27	-51,92	7,56	-35,57	4,19	-52,92
Fırında pişirme	150°C	Kontrol	1,32		nd		4,22	
		%0.5	nd	-100,0	nd		4,53	+7,35
		1%	0,03	-97,73	nd		4,44	+5,21
	200°C	Kontrol	2,79		nd		6,49	
		%0.5	0,61	-78,14	nd		5,97	-8,01
		1%	0,64	-77,06	nd		1,66	-74,42
	250°C	Kontrol	17,6		0,1		3,87	
		%0.5	15,35	-12,78	nd	-100,0	3,85	-0,52
		1%	14,24	-19,09	0,08	-20,0	4,19	+8,27

Tablo 4.23. Farklı konsantrasyonlarda enginar ekstraktı eklenen tavuk göğüs eti, dana eti, köfte örneklerinin toplam heterosiklik aromatik amin içeriklerine genel bakış.

Pişirme Yöntemleri	Pişirme Sıcaklıkları	Uygulama	Tavuk Göğüs Eti		Dana Eti		Köfte	
			Toplam HAA	Artma/Azalma (%)	Toplam HAA	Artma/Azalma (%)	Toplam HAA	Artma/Azalma (%)
Yağsız tavada pişirme	150°C	Kontrol	10,13		22,76		2,21	
		%0.5	12,83	+26,65	30,6	34,45	2,48	+12,22
		1%	15,63	+54,29	24,12	5,98	0,38	-82,81
	200°C	Kontrol	40,27		23,62		0,89	
		%0.5	27,65	-31,34	31,01	31,29	0,87	-2,25
		1%	30,99	-23,04	32,94	39,46	0,20	-77,53
	250°C	Kontrol	39,52		40,04		0,36	
		%0.5	37,45	-5,24	37,68	-5,89	0,78	+116,67
		1%	33,98	-14,02	49,26	23,03	0,30	-16,67
Fırında pişirme	150°C	Kontrol	0,92		17,98		0,70	
		%0.5	0,03	-96,74	9,74	-45,83	0,95	+35,71
		1%	0,05	-94,57	6,81	-62,12	0,76	+8,57
	200°C	Kontrol	0,52		2,24		1,10	
		%0.5	0,32	-38,46	1,59	-29,02	0,85	-22,72
		1%	0,56	+7,69	1,69	-24,55	0,76	-30,91
	250°C	Kontrol	83,06		48,0		1,65	
		%0.5	27,51	-66,88	35,65	-25,73	1,32	-20,0
		1%	32,32	-61,09	0,98	-97,96	0,95	-42,42

4.7. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Pişirme ile Ağırlık Kaybı, Proksimet İçerikleri, pH Değerleri, Öncü Madde Düzeyleri ve TBARS Değerleri ile HAA Düzeyleri Arasındaki İlişki

Bu çalışmada, HAA oluşumunu etkileyen parametreler olan ağırlık kaybı, proksimet içeriği ve pH değerleri ile HAA düzeyleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Pişirme kaybı ve toplam HAA seviyeleri arasında orta düzeyde ($r=0.419$) pozitif anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Yani pişirme kaybı arttıkça oluşan toplam HAA miktarının da arttığı saptanmıştır ($p<0.01$). Örneklerin nem içeriği ile IQx, MeIQx, 7,8-DiMeIQx, Harman seviyeleri arasında bir ilişki ($p<0.01$) saptanmıştır. Toplam HAA seviyeleri ile örneklerin nem ve kül içerikleri arasında bir ilişki saptanmamıştır. Örneklerin toplam HAA seviyeleri ile lipid yüzdesi ($r=-0.256$ $p<0.01$) arasında negatif ilişki, protein yüzdesi ile toplam HAA seviyeleri ($r=0.235$ $p<0.01$) arasında pozitif ilişki bulunmuştur. pH değerleri ile HAA içerikleri arasında ($r=0.324$ $p<0.01$) pozitif ilişki saptanmıştır. Tablo 4.24'de örneklerin pişirme kaybı, nem, kül, protein, lipid içeriği, pH değeri ile HAA düzeyleri arasındaki ilişki tablosu verilmiştir.

Bu çalışmada, HAA oluşumunun öncü maddeleri olan kreatin, kreatinin, glukoz, fruktoz ile HAA düzeyleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Toplam HAA seviyeleri ile örneklerin kreatin içerikleri arasında bir ilişki saptanmamıştır. Toplam HAA seviyeleri ile örneklerin kreatinin içerikleri arasında pozitif bir ilişki ($r=0.392$ $p<0.01$) saptanmıştır. Bu ilişki, HAA'lardan IQ, MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, Harman, Trp-P-2, MeAαC için saptanmıştır. Toplam HAA seviyeleri ile örneklerin glukoz ve fruktoz içerikleri arasında bir ilişki saptanmamıştır. Örneklerin IQx, 7,8-DiMeIQx, Norharman, PhIP, AαC seviyeleri ile glukoz içerikleri arasında bir ilişki ($p<0.01$) saptanırken örneklerin IQx, IQ, 7,8-DiMeIQx, MeAαC seviyeleri ile fruktoz içerikleri arasında bir ilişki ($p<0.01$) saptanmıştır. Toplam HAA seviyeleri ile örneklerin TBARS değerleri arasında bir ilişki saptanamazken HAA'lardan sadece Trp-P-2 seviyeleri ile TBARS değerleri arasında pozitif bir ilişki saptanmıştır. Tablo 4.25'de örneklerin kreatin, kreatinin, glukoz, fruktoz, TBARS değerleri ile HAA düzeyleri arasındaki ilişki tablosu verilmiştir.

Tablo 4.24. Tavuk eti, dana eti, köfte örneklerinin pişirme kaybı, poksimet içerikleri ve pH değerleri ile HAA düzeyleri arasındaki ilişki.

Hetrosiklik Aromatik Aminler													
Değişkenler	IQx	IQ	MeIQx	MeIQ	7.8 DiMeIQx	4.8 DiMeIQx	Norharman	Harman	Trp-P-2	PhIP	AαC	MeAαC	Toplam HAA
Piştirme kaybı (%)	-0,18**	0,31**	0,45**	0,40**	0,18**	0,29**	0,32**	0,34**	0,47**	0,15*	0,04	0,18**	0,41**
Nem (%)	-0,20**	0,11	0,27**	0,10	0,26**	0,15*	0,09	0,22**	0,19**	0,09	0,13	-0,01	0,19**
Kül (%)	-0,09	0,24**	0,23**	0,13*	0,05	0,04	0,20**	0,09	0,20**	0,07	0,12	0,14*	0,16*
Protein (%)	-0,21**	0,16*	0,19**	0,20**	0,15*	0,17*	0,07	0,23**	0,32**	-0,02	0,02	0,10	0,23**
Lipid (%)	0,35**	-0,16*	-0,28**	-0,16*	-0,36**	-0,28**	-0,03	-0,30**	-0,33**	-0,05	0,02	-0,00	-0,25**
pH	-0,13*	0,29**	0,32**	0,22**	0,35**	0,33**	0,06	0,29**	0,39**	0,12	-0,06	0,04	0,32**

*p<0.05. **p<0.01.

Tablo 4.25. Tavuk eti, dana eti, köfte örneklerinin öncü madde düzeyleri ve TBARS değerleri ile HAA düzeyleri arasındaki ilişki.

Değişkenler	Heterosiklik Aromatik Aminler											Toplam HAA	
	IQx	IQ	MeIQx	MeIQ	7.8 DiMeIQx	4.8 DiMeIQx	Norharman	Harman	Trp-P-2	PhIP	AαC		MeAαC
Kreatin	-0,20**	0,07	0,07	-0,10	0,37**	0,08	-0,09	0,08	0,05	0,01	-0,02	-0,01	0,01
Kreatinin	-0,07	0,33**	0,36**	0,39**	0,23**	0,30**	0,18**	0,31**	0,48**	0,00	-0,14*	0,26**	0,39**
Glukoz	0,31**	-0,15*	0,14*	0,19**	-0,22**	0,01	0,31**	0,10	0,01	0,21**	0,27**	-0,19**	0,16*
Fruktoz	0,20**	-0,20**	-0,03	0,05	-0,22**	-0,05	0,12	-0,03	-0,09	0,06	0,07	-0,20**	-0,00
TBARS	-0,09	0,10	0,10	0,15*	0,19**	0,13	0,01	0,08	0,25**	0,01	0,02	-0,131	0,15*

*p<0.05, **p<0.01

5. TARTIŞMA

5.1. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Proksimet İçerikleri, pH Değerleri ve Pişirme Kayıpları

Çiğ tavuk göğüs eti, dana eti ve dana etinden yapılmış köfte örneklerinin sırasıyla nem yüzdesi 71.26 ± 2.72 , 65.79 ± 1.54 , 45.71 ± 1.59 ; toplam protein yüzdesi 19.28 ± 0.82 , 15.60 ± 0.96 , 15.10 ± 0.01 ; lipid yüzdesi 1.46 ± 0.86 , 9.25 ± 1.47 , 20.09 ± 0.6 ; kül yüzdesi 0.96 ± 0.02 , 1.03 ± 0.04 , 1.01 ± 0.07 ; pH değerleri 6.03 ± 0.02 , 5.73 ± 0.04 , 5.41 ± 0.02 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, literatürle benzerlik göstermektedir (26, 42, 127, 218, 252). Pişirme işleminin çiğ et örneklerinin nem içeriklerinde azalmaya neden olduğu, pişirme sıcaklıklarındaki artışın bu kaybı daha da artırdığı gösterilmiştir. Isıl işlemlerin etlerin nem içeriğini azalttığı bilinmektedir (252-254). Bu çalışmada pişirme yöntemlerine göre nem kayıpları da farklılık göstermiştir. Roldan ve ark. (255), kuzu etinin nem içeriğinin pişirme yöntemlerine göre farklılık gösterdiğini, buna göre fırında rosto pişirme yönteminin vakumlu pişirme (sous-vide) pişirme yöntemine göre daha fazla nem kaybına neden olduğunu göstermiştir. Raza ve ark. (127), farklı çeşit etlerde nem kaybının derin yağda kızartma yönteminde tavada kızartma yöntemine göre daha fazla olduğunu belirtmiştir. Farklı çeşit etlerde pişirme yöntemlerinin etlerin protein içeriklerini anlamlı şekilde etkilediği Essary ve ark. (256) tarafından rapor edilmiştir. Benzer olarak, bu çalışmada etlerin protein içeriklerinin pişirme ile artış gösterdiği ve pişirme yöntemlerine göre etlerin protein içeriklerinde de farklılık olduğu gösterilmiştir. Pişirme sonrası protein içeriklerindeki bu artışın su kaybı ile ilişkili olduğu bilinmektedir (127). Ayrıca bu çalışmada pişirme işlemi ile etlerin lipid içerikleri, farklı et çeşitlerine ve farklı pişirme yöntemlerine göre değişiklik göstermiştir. Benzer olarak, Gerber ve ark. (257), ızgara, üstten ısıtmalı ızgara (broiling) veya yağsız tavada kızartma yöntemi ile pişirilen etlerde önemli yağ kayıpları olduğunu göstermiştir. Pişmiş etlerde protein, lipid ve kül içeriklerindeki bu artış, nem içeriklerindeki azalmaya bağlı olarak daha konsantre olmaları ve çiğ etlere göre protein, lipid ve kül miktarlarının artışı ile açıklanmaktadır (258). Bu çalışmada literatürdeki sonuçlara benzer olarak, pişirme işlemi ile etlerin pH değerlerinde artış olduğu ve pişirme yöntemleri ve pişirme sıcaklıklarının pH değerleri üzerine anlamlı

etkisinin olduğu gösterilmiştir. Pişirme işlemi ile imidazol, sülfidril ve hidroksil gruplarını içeren bağların kopmasının pH değerlerindeki artışa katkıda bulunduğu düşünülmektedir (259). Ekstrakt eklenmesinin etlerin proksimet kompozisyonu ve pH değerleri üzerine anlamlı etkisinin olmadığı bu çalışmada gösterilmiştir ($p>0.05$). Birçok araştırmacı tarafından benzer sonuçlar bulunmuştur (259-261).

Etlere eklenmesi, lezzet ve besin güvenliğinin sağlanması açısından çok önemlidir. Pişirme kaybı, pişirme sırasında etlerde oluşan fiziksel değişikliklerin belirlenmesinde en önemli parametredir ve genellikle proteinlerin su ve lipitleri bağlama yeteneği ile ilgilidir (253). Bu çalışmada, tavuk göğüs etinde, dana eti ve dana etinden yapılan köftelerde pişirme kayıpları sırasıyla %17-64, %27-59, %10-36 olarak bulunmuştur. Ayrıca pişirme kayıpları, pişirme yöntemlerine göre farklılık göstermiştir. Köftelerde yapılan bir çalışmada, fırında roto pişirme yönteminde pişirme kaybı %49, yağsız tavada kızartılan köftelerde ise %32 olarak bulunan sonuçlarla benzer olarak bu çalışmada da pişirme yöntemlerine göre pişirme kayıpları kıyaslandığında, fırında pişirme yöntemi ile pişirme kaybının yağsız tavada pişirme yöntemine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir (27). Bu çalışmada, ekstrakt eklenmesinin pişirme ile ağırlık kaybı üzerine anlamlı etkisi bulunamamıştır. Tavuk göğüs eti, dana eti ve köfte örneklerinde her iki pişirme yöntemi için hem kontrol grubunda hem de farklı seviyelerde alıç veya enginar ekstraktı eklenen gruplarda pişirme sıcaklığı arttıkça pişirme kaybının arttığı görülmüştür. Smith ve ark. (262) tarafından yapılan çalışmada, marinasyonun etlerin pişirme kaybı üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı bulunmuştur. Etlere eklenen çeşitli ekstraktların pişirme kaybı üzerine anlamlı etkisinin olmadığına dair literatürde benzer bulgular mevcuttur (27, 222). Pişirme sıcaklığındaki artışın pişirme kaybını artırdığı çalışmalarda gösterilmiştir (168, 252). Rodriguez-Estrada ve ark. (263), etlerin pişirme sırasındaki su kaybına bağlı olarak etlerde ağırlık kaybına neden olduğunu bildirmiştir. Ancak, Sanchez del Pulgar ve ark. (264) pişirme işlemi sırasında kaybolan tek bileşiğin su olmadığını ileri sürmüştür. Gerber ve ark. (257), miyofibriller ve sarkoplazmik proteinler, kolajen, lipidler, tuz, polifosfatlar ve lezzet verici bileşikler gibi çeşitli bileşenlerin de su ile birlikte kaybolduğunu göstermiştir. Pişirme kaybı ile toplam HAA oluşumu arasındaki ilişki çalışmalarda gösterilmiştir (257). Bu çalışmada da

benzer olarak pişirme kaybı ile toplam HAA oluşumu arasında orta düzeyde pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu gösterilmiştir.

5.2. Tavuk Eti, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Öncü Madde Düzeyleri ve TBARS Değerleri

Çiğ tavuk, dana eti ve dana etinden yapılmış köfte örneklerinin kreatin içerikleri sırasıyla 4.04, 1.11, 0.86 mg/g olarak, kreatinin içerikleri ise sırasıyla 0.09, 0.08, 0.07 mg/g olarak bulunmuştur. Ahn ve Grün (158), çiğ sığır eti örneklerinde kreatin miktarını 4.26 mg/g olarak bulmuştur. Polak ve ark. (265) ise çiğ dana eti örneklerinin kreatin içeriğini 6 mg/g, kreatinin içeriğini ise 0.19 mg/g olarak bulmuştur. Haskaraca ve ark. (26), çiğ tavuk eti örneklerinin kreatin içeriğini 13.11 mg/g, kreatinin içeriğini ise 0.13 mg/g olarak bulmuştur. Çiğ örneklerde bulunan bu farklı sonuçlar, kreatin/kreatinin analizinin Haskaraca ve ark. tarafından kuru ağırlık üzerinden bu çalışmada ise yaş ağırlık üzerinden yapılmasından kaynaklanmaktadır. Literatürde çeşitlilik gösteren etlerin kreatin ve kreatinin konsantrasyonu, çalışmalarda kullanılan çiğ etlerde orijinin farklılık göstermesinden kaynaklanıyor olabilir. Çalışmalarda ısıl işlem ile kreatin miktarı artarken kreatinin miktarının azaldığı gösterilmiştir (157, 158, 246). Bu çalışmada, pişirme ile kreatin seviyelerindeki benzer düşüş ve kreatinin seviyelerindeki benzer artış gösterilmiştir. Kreatin/kreatinin seviyelerindeki bu değişiklik, kreatin içeriğinin kreatinine dönüşümü ile açıklanmaktadır. Bu çalışmada, HAA oluşumu için öncü bileşiklerden olan indirgen şekerlerin (glukoz, fruktoz) pişirme ile anlamlı bir değişiklik göstermediği gözlenmiştir. Pişirme ile glukoz seviyelerinde azalma olduğunu gösteren çalışmalar da literatürde mevcuttur. Gibis ve Weiss (157) ve Liao ve ark. (166) yaptıkları çalışmada, çiğ etlerde glukoz seviyelerinin kızartma ile azaldığını göstermiştir. Glukoz seviyelerindeki bu azalma, glukozun HAA oluşumu için öncü olduğunu kanıtlamaktadır. Bu çalışmada, ekstrakt eklenmesinin öncü bileşiklerin seviyeleri (kreatin, kreatinin, glukoz, fruktoz) üzerine bir etkisinin olmadığı gösterilmiştir. Çeşitli çalışmalarda araştırmacılar tarafından benzer sonuçlar elde edilmiştir (26). Diğer yandan, Ahn ve Grün (158)'ün yaptıkları çalışmada, ekstrakt eklenmesinin glukoz ve kreatin seviyelerinde azalma sağladığı gösterilmiştir.

Bu çalışmada, pişirme ile artan oksidasyona bağlı olarak TBARS değerlerinde artış olduğu gözlenmiş ve çiğ et örneklerinin TBARS değeri 0.22-0.45 mg/kg olarak bulunurken pişmiş örneklerde 0.42-2.97 mg/kg arasında bulunmuştur. Diğer çalışmalarda da benzer olarak TBARS değerinin pişirme işlemi ile arttığı ve pişirme yöntemine göre TBARS değerlerinin değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (266-268). Pişirme sıcaklık ve süresi arttıkça lipid oksidasyonunun artması beklenen bir durumdur. Diğer yandan, TBARS analizinde kullanılan bileşikler oldukça reaktiftir ve etlerde bulunan protein ve aminoasitlerle reaksiyona girebilmektedir. Böylece, farklı bileşikler ortaya çıkmakta ve TBARS değerinin daha az değerde ölçülmesine neden olabilmektedir (264, 269). Ayrıca bu çalışmada, alıç ve enginar ekstraktı eklenen gruplarda kontrol grubuna göre TBARS değerlerinin azaldığı gösterilmiştir. Lipid oksidasyonunun azaltılmasında et ve et ürünlerine antioksidan bileşiklerin eklenmesi etkili bir yöntemdir. Literatürde bu etkiyi gösteren çok sayıda çalışma mevcuttur (182, 197, 270). Pişirme öncesi sesamol, ellagik asit ve zeytin yaprağı ekstraktı eklenen domuz etinden yapılan sosislerde hem çiğ hem de pişmiş sosis eti örneklerinde TBARS değerlerinde azalma olduğu gösterilmiştir (260)

5.3. Tavuk Eti, Dana Eti ve Köfte Örneklerinin Heterosiklik Aromatik Amin İçerikleri

Literatürde alıç ve enginar ekstraktlarının tavuk göğüs eti, dana eti ve dana etinden yapılmış köftelerde HAA oluşumu üzerine etkisini inceleyen başka bir çalışmaya rastlanmamıştır. Her bir HAA türü için HAA seviyeleri ve toplam HAA seviyeleri hem ekstrakt eklenmeyen (kontrol) hem de farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen gruplarda farklı düzeylerde bulunmuştur. Norharman ve MeAαC hiçbir köfte örneğinde tespit edilmezken köftelerde 16.17 ng/g ile IQx en fazla bulunan HAA olarak belirlenmiştir. Dana eti ve tavuk göğüs eti örneklerinde ise sırasıyla 4.38 ng/g ve 37.8 ng/g ile Trp-P-2 en fazla bulunan HAA olarak belirlenmiştir. Toplam HAA miktarları ise tavuk göğüs etinde nd-83.6 ng/g, dana etinde nd-49.26 ng/g, dana etinden yapılmış köftelerde ise nd-17.18 ng/g arasında bulunmuştur. Toplam HAA miktarına özellikle yüksek sıcaklıklarda pişirme işlemi uygulandığında yüksek seviyelerde belirlenen Trp-P-2 ve Harman katkı sağlamıştır. Bu çalışmayı destekler nitelikte, Skog ve ark. (271), çeşitli et örneklerinde toplam

HAA seviyelerinin pişirme sıcaklığının artması ile arttığını göstermişlerdir. Ayrıca 225°C’de aminokarbonillerden Trp-P-1 ve Trp-P-2’nin oluştuğunu belirtmişlerdir. Yine bu çalışmaya benzer olarak MeAαC bileşiğinin tespit edilemediği birçok çalışma literatürde mevcuttur (272, 273).

5.3.1. Tavuk, Dana Eti, Köfte Örneklerinin IQx İçerikleri

IQx, bu çalışmada farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen ve farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen örneklerde, tavuk göğüs etinde nd-0.75 ng/g, dana etinde nd-3.84 ng/g ve köftede nd-16.17 ng/g düzeyleri aralığında tespit edilmiştir. Köftelerde en yüksek miktarda saptanan HAA türü IQx olarak belirlenmiştir. IQx’in tüm pişirme sıcaklıklarında oluşabildiği gözlenmiştir. Benzer olarak Oz ve ark. (252), üç farklı sıcaklıkta (150°C,200°C,250°C) ızgarada pişirilen dana pirzolalarda IQx’in tüm sıcaklıklarda oluştuğunu ve düzeylerinin 0.02-0.53 ng/g arasında değiştiğini belirlemiştir. Bu sonuçların aksine, Oz ve Cakmak (274), farklı sıcaklıklarda (150°C,200°C,250°C) pişirilen köfte örneklerinin hiçbirinde IQx belirleyememiştir. Yine Oz ve ark. (252) tarafından yapılan bir çalışmada, ızgarada pişirilen dana pirzolalarda IQx’in sadece 250°C’de pişirilen örneklerde oluştuğu saptanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların aksine, Hasnol ve ark. (168), ızgara tavuk göğüs etinde daha yüksek seviyelerde 10.1 ng/g olarak IQx belirlemiştir. Bu çalışmada, alıç ekstraktı örneklerin IQx seviyelerinde %6.67-%100 arasında bir azalma sağlarken enginar ekstaktı %2.25-%100 arasında bir azalma sağlamıştır. Izgara tavuk göğüs eti örneklerinde farklı tür şeker (sofra şekeri, kahverengi şeker ve bal) ile marinyasyonun HAA oluşumu üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, IQx içerikleri sırasıyla kontrol grubu örneklerde 10.1 ng/g, sofr şeker ile marine edilen örneklerde 7.60 ng/g, kahverengi şeker ile marine edilen örneklerde 6.99 ng/g, bal ile marine edilen örneklerde ise 5.48 ng/g olarak saptanmıştır. Bal ile marinyasyonun IQx içeriklerinde %46 azalma sağladığı gösterilmiştir (168). Oz ve ark. (252), dana bifteklerde kitosanın IQx içeriklerinde azalma sağladığını göstermiştir.

5.3.2. Tavuk, Dana Eti, Köfte Örneklerinin IQ İçerikleri

IQ, bu çalışmada farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen ve farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen örneklerde, tavuk göğüs etinde nd-4.47 ng/g, dana etinde nd-1.85 ng/g ve köftede nd-0.15 ng/g

düzeyleri aralığında tespit edilmiştir. Bu çalışmada, en düşük düzeyde IQ seviyeleri köftelerde belirlenmiştir. Benzer olarak, Oz ve Cakmak (274), 150, 200 ve 250°C’de pişirilen köftelerde IQ belirleyememiştir. Ayrıca, bu çalışmada 150°C ve 200°C’de fırında pişirilen tavuk göğüs etlerinde IQ tespit edilememiştir. Dong ve ark. (275)’nin yaptıkları çalışmada, 230°C’de toplam 8 dk kızartılan hamburger köftelerde ve tavuk göğüs etinde IQ saptanmamıştır. Bu çalışmaların aksine, Keşkekoğlu ve Üren (27)’in yaptıkları çalışmada IQ içeriği, yağsız tavada pişirilen köftelerde 139.21 ng/g, fırında rosto pişirme yönteminde ise 44.65 ng/g olarak yüksek seviyelerde saptanmıştır. Haskaraca ve ark. (26) ve Awney ve Sindi (223) tarafından yapılan çalışmalarda tavuk etinde IQ içeriği tespit edilemezken Hasnol ve ark. (168), ızgara tavuk göğüs etinde 18.6 ng/g olarak yüksek seviyelerde IQ belirlemişlerdir. Oz ve ark. (252) ise ızgarada pişirilen dana pizolalarda IQ belirleyememiştir. Bu çalışmada, pişirme sıcaklık derecesi arttıkça IQ içeriğinin de arttığı gösterilmiştir. Benzer olarak, Balong ve ark. (16) tarafından yapılan çalışmada, farklı sıcaklıklarda (175°C,200°C,225°C) ve farklı sürelerde (6 ve 10 dk) kızartılan hamburger köftelerde pişirme sıcaklık ve pişirme süreleri arttıkça IQ içeriklerinin de arttığı gösterilmiştir. Oz ve ark. (252) üç farklı sıcaklıkta (150°C,200°C,250°C) ızgarada pişirilen dana pizolalarda pişirme sıcaklıklarındaki artış ile IQ içeriklerinin arttığını belirlenmiştir. Bu çalışmada, alıç ekstraktı etlerde IQ seviyelerinde %8.82-%100 arasında bir azalma sağlarken enginar ekstaktı %5.26-%100 arasında bir azalma sağlamıştır. Literatürde çeşitli çalışmalarda farklı antioksidanların IQ içeriklerinde azalma sağladığı gösterilmiştir (17, 218, 220). Bu çalışmada, en yüksek IQ düzeyi, %1 konsantrasyonunda alıç ekstraktı eklenen ve 250°C’de fırında pişirilen tavuk göğüs eti örneğinde saptanmıştır. Bu sonuç, antioksidanların HAA oluşumu üzerine azaltıcı etkisinin yerine HAA oluşumunu artırıcı etki gösterebileceğini ve bu durumun antioksidanların prooksidatif etki göstermesinden kaynaklanabileceği görüşünü desteklemektedir (28).

5.3.3. Tavuk, Dana Eti, Köfte Örneklerinin MeIQx İçerikleri

MeIQx, bu çalışmada farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen ve farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen örneklerde, tavuk göğüs etinde nd-1.91 ng/g, dana etinde nd-2.20 ng/g ve köftede nd-0.38 ng/g düzeyleri aralığında tespit edilmiştir. Literatürde MeIQx, pişmiş etlerde

PhIP'den sonra en fazla miktarda bulunan HAA olarak değerlendirilmektedir (212, 220, 276). Bu çalışmada, MeIQx'in en düşük düzeyde köftelerde oluştuğu belirlenmiştir. MeIQx oluşumunun pişirme yöntemlerine ve pişirme sıcaklıklarına göre farklılık gösterdiği ve buna göre daha yüksek sıcaklıklarda ve tavada pişirilen etlerde, düşük sıcaklıklarda ve fırında pişirilenlere göre daha yüksek miktarlarda oluştuğu gözlenmiştir. Benzer olarak, Keşkekoğlu ve Üren (27)'in yaptıkları çalışmada, yağsız tavada pişirilen köftelerde MeIQx içeriğini 29.55 ng/g, fırında rosto pişirme yönteminde ise MeIQx tespit edilebilir düzeyin altında olarak belirlenmiştir. Oz ve Cakmak (274)'in yaptıkları çalışmada, 150°C ve 200°C'de ızgarada pişirilen köftelerde MeIQx belirlenemezken 250°C'de 0.09-0.21 ng/g aralığında MeIQx saptanmıştır. Oz ve ark. (252), yağsız tavada kızartılan dana bifteklerde 150 ve 200°C'de MeIQx belirleyememiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar literatür ile benzerlik göstermektedir. Knize ve ark. (277), hamburgerlerde 0.89 ng/g seviyelerinde MeIQx tespit ederken Sinha ve ark. (8), 185-240°C'de 9-38 dk barbekü pişirilmiş bifteklerde nd-1.61 ng/g seviyelerinde MeIQx tespit etmişlerdir. Buna karşın, Oz ve Kaya (278) yağsız olarak kızartılan yüksek yağlı köftelerde, Abdulkarim ve Smith (144) kızartılmış pirzolalarda MeIQx belirleyememiştir. Diğer yandan, bazı çalışmalarda MeIOx içeriği daha yüksek seviyelerde bulunmuştur. Sabally ve ark. (279), tavada kızartılan hamburger köftelerde MeIQx içeriğini 16.02 ng/g olarak yüksek seviyelerde belirlemiştir. Knize ve ark. (145) ise 150-230°C'de 4-20 dk kızartılmış bifteklerde nd-7.3 ng/g MeIQx belirlemiştir. Bu çalışmada, alıç ekstraktı etlerde MeIQx seviyelerinde %22.22-%100 arasında bir azalma sağlarken enginar ekstraktı %10.77-%100 arasında bir azalma sağlamıştır. Hamburger köftelerde asya baharatlarının (kulunç otu, biberiye, çin zencefili, zerdeçal, kimyon ve kişniş tohumları) HAA seviyeleri üzerine inhibitör etkisinin araştırıldığı çalışmada, kontrol grubunda 7 ng/g, biberiye, çin zencefili, zerdeçal, kulunç otu kullanıldığında sırasıyla 3.50, 4.14, 4.86, 5.73 ng/g MeIQx tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada HAA inhibisyonu ile baharatların toplam fenolik içeriği ve süpürücü faaliyeti arasında anlamlı korelasyon gösterdiği bulunmuştur (280). Benzer olarak, yağsız olarak tavada pişirilen bifteklerde bira, şarap ve baharatlar ile marinasyonun MeIQx oluşumunu inhibe edici etkileri gösterilmiştir (220). Bu çalışmada, 150°C ve 200°C'de yağsız tavada pişirilen tavuk göğüs etine %0.5 konsantrasyonunda alıç ekstraktı eklendiğinde,

200°C’de yağsız tavada pişirilen dana etine alıç veya enginar ekstraktı eklendiğinde, 200°C’de fırında pişirilen köftelere %0.5 konsantrasyonunda enginar ekstraktı eklendiğinde örneklerin MeIQx içeriklerinin arttığı gösterilmiştir. Benzer olarak, %0.05 ve %0.1 oranlarında ferulik asit eklenen hamburger köftelerin MeIQx seviyelerinde artış olduğu gösterilmiştir (281). Bu çalışmada, enginar ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde 200°C’de fırında pişirilen tavuk göğüs etlerinin MeIQx seviyelerinde azalma gözlenirken %1 konsantrasyonunda eklendiğinde artış gözlenmiştir. Bu sonuçlara benzer olarak, ızgara dana etlerine pişirme öncesi eklenen %2, %5, %10 oranlarında biberiyenin MeIQx oluşumunu artırırken %15 konsantrasyonunda eklendiğinde ise MeIQx oluşumunu önleyici etki gösterdiği saptanmıştır (223). Benzer olarak, 2-8 g arasında soğan eklenerek hazırlanan hamburger köftelerde MeIQx oluşumunda azalma gözlenirken 12-16 g arasında soğan eklendiğinde MeIQx oluşumunda bir artış olduğu gözlenmiştir (275). Dana bifteklerde sızma zeytinyağının HAA oluşumu üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, 2-4 g zeytinyağı kullanımı MeIQx oluşumunu azaltırken daha fazla zeytin yağı kullanımı MeIQx oluşumunu artırıcı etki göstermiştir (282). Bu sonuçlar, antioksidan bileşiklerin pro-oksidan veya antioksidan etkilerinin konsantrasyona bağlı olarak değişiklik gösterebileceği fikrini desteklemektedir.

5.3.4. Tavuk, Dana Eti, Köfte Örneklerinin MeIQ İçerikleri

MeIQ, bu çalışmada farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen ve farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen örneklerde, tavuk göğüs etinde nd-12.05 ng/g, dana etinde nd-7.25 ng/g ve köftede nd-2.36 ng/g düzeyleri aralığında tespit edilmiştir. En yüksek MeIQ düzeyi, 250°C’de fırında pişirilen tavuk göğüs etinde tespit edilmiştir. Pişirme sıcaklığı ve süresinin HAA oluşumu üzerinde öncü maddelerin varlığı veya besinin su içeriği gibi faktörlere göre daha büyük etkiye sahip olduğu gösterilmiş ve özellikle pişirme sıcaklığının HAA oluşumunda en önemli parametre olduğu rapor edilmiştir (6). Bu çalışmada benzer olarak pişirme sıcaklığı arttıkça MeIQ oluşumunun arttığı saptanmıştır. Murkovic ve ark. (15)’nin yaptığı çalışmada, MeIQ oluşumunda pişirme sıcaklığının benzer etkisi gösterilmiştir. Bu çalışmada yağsız tavada pişirme yöntemi ile karşılaştırıldığında fırında pişirme yönteminde daha düşük MeIQ seviyeleri tespit edilmiştir. Literatürde

diğer çalışmalarda, Abdulkarim ve Smith (144), 170°C’de 16 dk tavada kızartılmış biftekte 0.3–0.6 ng/g, Britt ve ark (17), tavada kızartılmış %15 yağlı hamburgerlerde 0.6 ng/g, Balogh ve ark. (16), 175–225°C’de 12-20 dk tavada kızartılmış biftekte 0.1-3.5 ng/g MeIQ tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, yağsız tavada ve fırında 200°C ve 250°C’de pişirilen dana eti örneklerinde alıç ekstraktı veya enginar ekstraktı eklenmesi ile azalma olduğu gözlenmiştir. Benzer olarak, Dong ve ark. (275) tarafından 230°C’de 8 dk kızartılan köftelerde böğürtlen eklendiğinde MeIQ içeriğinin azaldığı gösterilmiştir. Britt ve ark. (17), berry meyvelerinin MeIQ oluşumunda azalma sağladığını göstermiştir.

5.3.5. Tavuk, Dana Eti, Köfte Örneklerinin 7,8-DiMeIQx ve 4,8-DiMeIQx İçerikleri

7,8-DiMeIQx, bu çalışmada pişmiş etlerde daha düşük düzeylerde tespit edilmiştir. Farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen ve farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen örneklerde, tavuk göğüs etinde nd-0.32 ng/g, dana etinde nd-0.14 ng/g ve köftede nd-0.02 ng/g düzeyleri aralığında 7,8-DiMeIQx tespit edilmiştir. En yüksek 7,8-DiMeIQx düzeyi (0.32 ng/g), 200°C’de yağsız tavada pişirilen tavuk etinde belirlenmiştir. Benzer olarak, Turesky ve ark. (283), 275°C’de 5-15 dk kızartılmış biftekte nd-0.7 ng/g düzeylerinde 7,8-DiMeIQx belirlemiştir. Ayrıca, Fay ve ark. (272), ızgara dana etinde 0.2 ng/g, Klassen ve ark. (138), 160-220°C’de 14 dk kızartılan dana etinde 0.1-1.75 ng/g, Busquets ve ark. (284), 175-200°C’de 14 dk kızartılan dana etinde 0.04 ng/g 7,8-DiMeIQx tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, pişirme sıcaklığının 150°C’den 250°C’ye artması ile 7,8-DiMeIQx seviyelerinde artış olduğu saptanmıştır. Bu sonuç, Oz ve ark. (252) tarafından yapılan çalışmada, 150°C’de 7,8-DiMeIQx bileşiği belirlenemezken pişirme sıcaklığının 250°C’ye artışı ile 0.19 ng/g düzeyinde 7,8-DiMeIQx tespit edildiği çalışma ile benzerlik göstermektedir. Bu çalışmada, alıç ekstraktı et örneklerinin 7,8-DiMeIQx seviyelerinde %16.67-%100 arasında bir azalma sağlarken enginar ekstraktı %25-%90.63 arasında bir azalma sağlamıştır. Jamali ve ark. (285)’nin yaptığı çalışmada, 220°C’de kızartılan köftelerde kontrol grubunda 7,8-DiMeIQx içeriği 0.52 ng/g olarak belirlenirken çay ekstraktı eklenen grupta ise 7,8-DiMeIQx bileşiği tespit edilememiştir.

4,8-DiMeIQx, literatürde pişmiş etlerde PhIP ve MeIQx'den sonra sıklıkla analiz edilen HAA'lardan biridir. Bu çalışmada ise diğer HAA türleri ile karşılaştırıldığında daha düşük sıklıkla tespit edilen HAA'lardan biri olarak belirlenmiştir. 4,8-DiMeIQx, bu çalışmada farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen ve farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen örneklerde, tavuk göğüs etinde nd-3.01 ng/g, dana etinde nd-1.19 ng/g ve köftede nd-0.46 ng/g düzeyleri aralığında tespit edilmiştir. Benzer olarak, Murray ve ark. (286), 200°C'de iyi pişmiş hamburgerlerde 0.5-1.2 ng/g, Turesky ve ark. (283), 275°C'de 15 dk tavada kızartılmış biftekte 3.9 ng/g, 190°C'de 13 dk tavada kızartılmış biftekte ise 2 ng/g (287), barbekü pişirilmiş etlerde 2.7 ng/g 4,8-DiMeIQx belirlemişlerdir (288). Bu çalışmaların aksine 4,8-DiMeIQx tespit edilemeyen çalışmalar da literatürde mevcuttur (27, 223, 275). Bu çalışmada, 4,8-DiMeIQx'in sıklıkla 250°C'de oluştuğu gözlenmiştir. Benzer olarak, Oz ve ark. (252), dana bifteklerde 150°C'de 4,8-DiMeIQx belirleyemezken 200 ve 250°C'de ise çok düşük düzeylerde belirlemiştir. Bu çalışmada, alıç ekstraktı etlerde 4,8-DiMeIQx seviyelerinde %20-%100 arasında bir azalma sağlarken enginar ekstraktı %7.63-%100 arasında bir azalma sağlamıştır. Oz ve ark. (278), yağsız tavada kızartılan dana bifteklerde 225°C'de 1.77 ng/g olarak tespit edilen 4,8-DiMeIQx seviyelerinin kırmızı biber kullanıldığında 0.54 ng/g olarak belirlemiştir. Olga ve ark. (220) tarafından tavada kızartılan bifteklerde kontrol grubu örneklerde 3.60 ng/g 4,8-DiMeIQx tespit edilirken şarap, bira ve/veya baharat karışımları ile marinasyon sonrası pişirilen bifteklerde nd-1.30 ng/g aralığında 4,8-DiMeIQx belirlenmiştir. Sabally ve ark. (279), 223°C'de tavada kızartılan köftelerin yüzeyine %0.1, %0.15 ve %0.3 oranlarında eklenen kuru elma kabuğu polifenol ekstraktının 4,8-DiMeIQx içeriğinde sırasıyla %79.83, %65.58, %73.87 oranlarında azalma sağladığını göstermiştir (279). Bu çalışmaların aksine Oulhas ve ark. (289)'nın yaptığı çalışmada tavada kızartılan dana bifteklerde yeşil çay marinasyonunun 4,8-DiMeIQx seviyelerinde azaltıcı bir etkisinin olmadığı gösterilmiştir.

5.3.6. Tavuk, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Norharman ve Harman İçerikleri

Norharman ve Harman literatürde daha az sıklıkla çalışılan HAA'lardır. Norharman, bu çalışmada farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarında

pişirilen ve farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen örneklerde, tavuk göğüs etinde nd-1.08 ng/g, dana etinde nd-4.36 düzeyleri aralığında tespit edilmiştir. Köfte örneklerinde Norharman bileşiği belirlenemezken Harman ise çok düşük düzeylerde tespit edilmiştir. Harman, tavuk göğüs etinde nd-26.65, dana etinde nd-14.84 ng/g, köftede nd-2.58 ng/g düzeyleri aralığında saptanmıştır. Harman, bu çalışmada en yüksek düzeylerde tespit edilen HAA türlerinden biri olmuştur. Norharman dana etinde daha yüksek düzeylerde, Harman ise tavuk göğüs etinde daha yüksek seviyelerde tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada Norharman daha düşük sıcaklıklarda ve fırında pişirme yönteminde, yağsız tavada pişirme yöntemine ve daha yüksek sıcaklıklara göre daha düşük seviyelerde tespit edilmiştir. Benzer olarak, Harman yağsız tavada pişirilen örneklerde daha yüksek düzeylerde tespit edilmiştir. Aminokarbonil HAA türlerinden olan Harman ve Norharman'ın daha yüksek sıcaklıklarda oluştuğu literatürde bilinmektedir. Raza ve ark. (127), bu çalışmadaki sonuçlarla benzer olarak fırında rosto pişirme yöntemi ile pişirilen etlerde daha düşük seviyelerde Harman ve Norharman seviyeleri belirlemiştir. Keşkekoğlu ve Üren (27), fırında pişirilen köftelerde 2.65 ng/g Norharman ve 1.29 ng/g Harman, yağsız tavada pişirilen köftelerde 3.14 ng/g Norharman ve 1.38 ng/g Harman düzeyleri belirlemiştir. Szterk ve ark. (165), rostolanmış dana etlerinde Norharman 5.07 ng/g ve Harman 19.53 ng/g belirlemiştir. Viegas ve ark (284) tarafından yapılan çalışmada, ızgara tavuk göğüs etlerinde 3.1 ng/g Norharman ve 1.1 ng/g Harman belirlenmiştir. Bir diğer çalışmada ise tavada kızartma ile pişirilen tavuk etlerinde Harman 12.47 ng/g, sığır etlerinde ise 6.29 ng/g, ızgara pişirme yönteminde ise tavuk etlerinde ise 31.80 ng/g sığır etlerinde Norharman 27.51 ng/g olarak tespit edilmiştir (127). Skog ve ark. (262)'nin yaptığı çalışmada, dana bifteklerde Norharman 2.2 ng/g ve Harman 2.26 ng/g saptanmıştır.

Bu çalışmada, alıç ekstraktı etlerin Harman seviyelerinde %11.76-%53.10 arasında bir azalma sağlarken enginar ekstraktı %6.21-%100 arasında bir azalma sağlamıştır. Alıç ekstraktı etlerin Norharman içeriklerinde %3.40-%100 arasında bir azalma sağlarken, enginar ekstraktı %9.84-%100 arasında azalma sağlamıştır. Farklı çalışmalarda farklı antioksidan bileşiklerin Harman ve Norharman seviyeleri üzerine azaltıcı etkileri gösterilmiştir. Bu antioksidan bileşikler, çeşitli flavonoidler, çeşitli

baharatlar, üzüm çekirdeği ekstraktı, biberiye ekstraktı, böğürtlen, soğan, sızma zeytinyağıdır (213, 275, 282, 285, 290, 291).

5.3.7. Tavuk, Dana Eti, Köfte Örneklerinin Trp-P-2 İçerikleri

Bu çalışmada, Trp-P-2 dana eti (nd-21.56 ng/g) ve tavuk göğüs eti (nd-37.8 ng/g) örneklerinde en yüksek düzeyde bulunan HAA olarak belirlenmiştir. Literatürde Trp-P-2 daha az sıklıkla çalışılan HAA türü olmakla beraber bu çalışmanın aksine daha düşük seviyelerde Trp-P-2 tespit edilmiştir. Melo ve ark. (212) tarafından yapılan çalışmada, tavada kızartılan bifteklerde Trp-P-2 tespit edilmiş, fakat miktarı belirlenememiştir. Bu çalışmada pişirme sıcaklığının 250°C'ye çıkması ile Trp-P-2 seviyelerinin hızlı bir şekilde arttığı gözlenmiştir. Benzer olarak, Jamali ve ark. (285) 160°C'de kızartılan köftelerde Trp-P-2 belirleyemezken 200°C'de kızartılan köftelerde 1.09 ng/g Trp-P-2 belirlemişlerdir. Bu çalışmada, alıç ekstraktı etlerin Trp-P-2 seviyelerinde %0.88-%100 arasında bir azalma sağlarken enginar ekstaktı %4.51-%100 arasında bir azalma sağlamıştır. Baharatların bifteklerde HAA oluşumu üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, Trp-P-2 düzeylerinde düşüş (fesleğen ile %39 ve kekik ile %13) gözlenmiştir (292). Fenolik bileşiklerden zengin olan çay ekstraktının HAA oluşumu üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, 200°C'de kızartılan bifteklerde Trp-P-2 seviyelerinde anlamlı azalma gözlenmiştir (285).

5.3.8. Tavuk, Dana Eti, Köfte Örneklerinin PhIP İçerikleri

PhIP, bu çalışmada farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen ve farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen örneklerde, tavuk göğüs etinde nd-7.00 ng/g, dana etinde nd-7.59 ng/g ve köftede nd-1.69 ng/g düzeyleri aralığında tespit edilmiştir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda pişmiş etlerde çeşitli miktarlarda PhIP tespit edilmiştir. Felton ve ark. (293), 300°C'de 11 dk kızartılmış köftelerde 15 ng/g, Gross ve ark. (294), 250-270°C'de 19 dk ızgara edilmiş köftelerde 3.1 ng/g, Wakabayashi ve ark. (295), 190°C'de 6-13 dk tavada kızartılmış dana etinde 0.56 ng/g, Oz ve ark. (252), dana pirzolalarda 0.06-2.61 ng/g PhIP belirlemişlerdir. Bu çalışmada PhIP, farklı sıcaklıklarda pişirilen et örneklerinde daha düşük seviyelerde bulunan HAA'lardan biri olarak tespit edilmiştir. Ancak, literatürde PhIP pişmiş etlerde en fazla miktarda bulunan HAA olarak değerlendirilmektedir (91, 168, 296-299). Yağsız tavada pişirme yöntemi ile pişirilen örneklerde fırında pişirme

yöntemine göre daha yüksek düzeylerde PhIP belirlenmiştir. En yüksek PhIP düzeyleri (7.59 ng/g), %1 konsantrasyonunda enginar ekstraktı eklenen 250°C’de yağsız tavada pişirilen dana eti ve tavuk göğüs etinde tespit edilmiştir. PhIP düzeyindeki bu artış pişirme sıcaklığının yüksekliği ile açıklanabileceği gibi HAA oluşumunda antioksidanların prooksidan etki gösterebilmeleri ile de açıklanabilmektedir. Pişirme öncesi farklı konsantrasyonlarda alıç ekstraktı eklenen tavuk, dana eti ve köftelerin PhIP seviyelerinde azalma gözlenmiştir ve alıç ekstraktı hiçbir örnekte PhIP seviyelerinde artışa neden olmamıştır. Enginar ekstraktı benzer olarak azaltıcı etki göstermesinin yanı sıra, pişirme öncesi enginar ekstraktı eklenerek fırında 150°C’de pişirilen tavuk göğüs etinin ve fırında 250°C’de pişirilen dana etinin PhIP seviyelerinde artışa neden olmuştur. Benzer olarak, fesleğen, güvey otu ekstraktının HAA oluşumu üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, %0.5 konsantrasyonlarda eklenen fesleğen ve güvey otu ekstraktının PhIP oluşumunu artırdığı gösterilmiştir (292). Awney ve ark. (223), dana bifteklere daha düşük konsantrasyonlarda (%5 ve %10) eklenen biberiyenin PhIP oluşumu azalttığını, %15 konsantrasyonunda eklendiğinde ise PhIP oluşumunu artırdığını göstermiştir. Son zamanlarda, baharat içeren marine yağlarının etlerin pişirilmesi sırasında HAA oluşumunda etkili inhibitörler olabileceği bildirilmiştir (262). Bununla birlikte, kekik, güvey otu ve biberiye’den ekstrakte edilen aroma maddelerinin, özelliklerinden bağımsız olarak (pro-veya anti-oksidatif) model sistemde PhIP oluşumunu artırdığı gösterilmiştir (300). Chen ve ark. (215), model sistemde rosmarinik asitin PhIP seviyelerinde artışa neden olduğunu göstermiştir. Bu çalışmaların aksine, bira ve şarap ile marinasyonun PhIP seviyelerinde azalma sağladığı gösterilmiştir (212). Kızartılan tavuk göğüs etlerinde marinasyonun HAA oluşumu üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, karabuğday, limon suyu, yoncanın kontrole göre PhIP oluşumunu azaltırken soya sosunun PhIP seviyeleri üzerine azaltıcı etkisi bulunamamıştır (296).

5.3.9. Tavuk, Dana Eti, Köfte Örneklerinin AaC ve MeAaC İçerikleri

AaC, literatürde az çalışılmış HAA türlerinden biridir. Bu çalışmada, farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen ve farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen örneklerde tavuk göğüs etinde nd-2.45 ng/g, dana etinde nd-8.48 ng/g ve köftede nd-1.60 ng/g düzeyleri aralığında

tespit edilmiştir. En yüksek AαC düzeyi, 150°C’de pişirilen dana etinde saptanmıştır. Benzer olarak, Quelhas ve ark. (289) tarafından tavuk etine kıyasla tavada yağsız olarak pişirilen dana etlerinde daha yüksek AαC seviyeleri tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, Busquets ve ark. (284), 175-200°C’de 11.2 dk tavada pişirilen dana etinde 0.04 ng/g, Turesky ve ark. (297), 150-300°C’de 12–24 dk tavada kızartılan dana etinde 0.03-3.32 ng/g, Toribio ve ark. (301), 180-210°C’de 4 dk ızgara edilmiş dana etinde 0.33 ng/g, tavuk etlerinde ise 8.87 ng/g düzeylerinde AαC belirlemiştirlerdir. Bu çalışmaların aksine, AαC bileşiğinin tespit edilemediği birçok çalışma literatürde mevcuttur (145, 212, 272, 273).

MeAαC, literatürde göreceli olarak diğer HAA türlerine kıyasla daha az çalışılan bir HAA türüdür. Bu çalışmada, MeAαC hiçbir tavuk göğüs eti ve köfte örneklerinde belirlenememiş, sadece 200 ve 250°C’de pişirilen birkaç dana eti örneğinde tespit edilmiştir. Benzer olarak, MeAαC bileşiğinin tespit edilemediği birçok çalışma literatürde mevcuttur (252, 292). Buna karşın, Busquets ve ark. (284), 80-210°C’de 4 dk ızgara edilmiş dana etinde 0.4 ng/g MeAαC, Turesky ve ark. (297), 150-300°C’de 12–24 dk kızartılmış dana etinde 0.03-0.14 ng/g MeAαC belirlemiştirlerdir.

Bu çalışmada, özellikle 200°C ve 250°C’lerde AαC ve MeαAC bileşikleri tespit edilmiştir. Alıç ekstraktı etlerde AαC seviyelerinde %18.18-%100 arasında bir azalma sağlarken enginar ekstraktı %2.44-%100 arasında bir azalma sağlamıştır. Pişirme öncesi farklı konsantrasyonlarda alıç veya enginar ekstraktı eklenmesi ile tavuk, dana eti ve köftelerde oluşan AαC seviyelerinde azalma olmuştur. MeαAC, bu çalışmada çok az sıklıkla tespit edildiği için MeαAC seviyeleri üzerine azaltıcı etki, 250°C’de tavada pişirilen dana eti örneklerinde %1 konsantrasyonunda alıç ekstraktı eklendiğinde ve 150°C’de fırında pişirilen dana eti örneklerinde enginar ekstraktı eklendiğinde gözlenmiştir. Benzer olarak, Dong ve ark. (275) yaptığı çalışmada, böğürtlen eklenerek pişirilen köftelerin AαC ve MeαAC seviyelerinde azalma olduğunu bildirmiştir. Sızma zeytinyağı kullanımının bifteklerde kontrole göre AαC ve MeαAC seviyelerinde azalma sağladığı gösterilmiştir (282). Bir başka çalışmada, köftelere eklenen çay ekstraktının AαC ve MeαAC oluşumunu azaltıcı etkisi gösterilmiştir (285).

5.4. Alıç ve Enginar Ekstraktlarının Toplam HAA Oluşumuna Etkisi

Tavuk göğüs eti, dana eti ve köfte örneklerinin toplam HAA içerikleri farklılık göstermektedir ve toplam HAA miktarları sırasıyla nd-83.6 ng/g, nd-49.26 ng/g ve nd-17.18 ng/g arasında bulunmuştur. Pişmiş etlerde HAA varlığı ve miktarı, pişirme koşulları, pişirme yöntemleri, pişirme sıcaklığı, öncü madde düzeyleri, lipidler, antioksidanlar ve su içeriği gibi birçok faktöre bağlıdır (50, 302). HAA oluşumunu etkileyen faktörler arasında en önemlisi sıcaklıktır. Pişirme sıcaklığındaki artış, genel olarak HAA oluşumunu hızlandırır. Bu çalışma da benzer olarak pişirme yöntemleri ve pişirme sıcaklığının HAA içerikleri üzerine güçlü bir etkisinin olduğunu göstermiştir. Özellikle MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, Norharman, Harman, Trp-P-2 ve PhIP düzeylerinin pişirme yöntemlerine göre farklılık gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca IQ, MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, Trp-P-2 düzeyleri pişirme sıcaklık derecesi arttıkça artış göstermiştir. HAA oluşumunu en aza indirebilmek için pişirme sıcaklığının kontrol edilmesi dikkat edilecek en önemli faktördür. Alıç ekstraktının toplam HAA üzerine azaltıcı etkisi incelendiğinde, tavuk göğüs etinde %12-100, dana etinde %20-100, köftelerde ise %8-74 arasında bir azalma sağladığı gösterilmiştir. Enginar ekstraktının toplam HAA üzerine azaltıcı etkisi incelendiğinde, tavuk göğüs etinde %5-97, dana etinde %6-98, köftelerde ise %20-%42 arasında bir azalma sağladığı gösterilmiştir. Literatürde yeşil çay kateşinlerinin (kateşin ve EGCG) HAA oluşumunun en umut verici inhibitörleri arasında olduğu gösterilmiştir. Weisburger ve ark. (19), model sistemlerde polifenollerden TFG (siyah çay) ve EGCG (yeşil çay)'ın PhIP seviyelerinde %62-85 azalma sağladığını göstermiştir. Quelhas ve ark. (289) tarafından yapılan çalışmada, 180-200°C'de tavada pişirilen etlerde yeşil çay ile marinasyonun HAA'lardan PhIP ve AαC seviyelerinde azalma sağladığı gözlenirken 4,8-DiMeIQx ve MeIQx için bir azalma gözlenmemiştir. Cheng ve ark. (215), çay fenolik bileşiklerinin (TFG, EGCG ve ECG) PhIP seviyeleri üzerine önemli ölçüde inhibe edici etkilerini hem model sistemlerde hem de 200°C'de tavada pişirilmiş köftelerde göstermiştir. Aynı çalışmada, naringenin ve quersetinin model sistemlerde PhIP oluşumu üzerine önleyici etkisi olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, serbest radikal süpürücü kapasiteleri (TEAC) ve fenolik bileşiklerinin HAA oluşumunu önleyici etkileri arasında bir ilişki gösterilememiştir. Fenolik bileşiklerden zengin olan çay ekstraktının 160 ve 200°C'de kızartılan bifteklerde HAA oluşumu

üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, toplam HAA oluşumunda 160°C'de %75 azalma, 220°C'de %46 azalma sağladığı rapor edilmiştir (285). Bu çalışmaların aksine, tavuk etlerinde yeşil çay ekstraktının HAA oluşumu üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, HAA oluşumuna belirgin bir azaltıcı etkisinin olmadığı vurgulanmıştır (26).

Tavuk göğüs etinde %0.5 konsantrasyonunda alıç ekstraktının toplam HAA seviyelerini %12.78-100, %1 konsantrasyonunda alıç ekstraktının ise %19.09-97.7 azalttığı saptanmıştır. Buna karşın, enginar ekstraktı %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde toplam HAA seviyelerini %5.24-96.74 azaltırken %1 konsantrasyonunda eklendiğinde %14.02-94.57 azalma sağlamıştır. Literatürde yapılan diğer çalışmalarda, nar çekirdeği ekstraktının %0.5 konsantrasyonunda eklendiği dana ve tavuk köftelerinde toplam HAA seviyelerini %39-49 azalttığı bildirilmiştir (27). Izgara tavuk göğüs eti örneklerinde farklı tür şeker (sofra şekeri, kahverengi şeker ve bal) ile marinasyonun HAA oluşumu üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, tüm HAA (IQ hariç) seviyelerinin sofru şekeri ile marine edilen örneklerde kahverengi şeker ile marine edilenlere göre daha yüksek olduğu, bal ile marine edilen örneklerde ise bu seviyelerin en düşük olduğu belirlenmiştir. Çalışmada bal ile marinasyonunun çoğu HAA (MeIQ, DiMeIQx, IQ, IQx, Norharman ve Harman) türünün oluşumunu yavaşlatırken sofru şekerinin ise HAA oluşumunu (Norharman, Harman, AαC hariç) artırdığı gösterilmiştir (168).

Bu çalışmada, dana etine eklenen alıç ekstraktının toplam HAA seviyelerini %20-100 azalttığı gösterilmiştir. Bunun yanı sıra, %0.5 konsantrasyonunda enginar ekstraktı eklendiğinde toplam HAA seviyelerinde %6-29 azalma, %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise toplam HAA seviyelerinde %25-98 azalma sağladığı saptanmıştır. Benzer olarak, ızgara sığır etinde antioksidan öğelerden zengin baharat kullanılmasının HAA oluşumunu anlamlı derecede azalttığı bildirilmiştir (262). Başka bir çalışmada ise sığır etine %1 ve %10 konsantrasyonunda E vitamini eklenmesiyle PhIP oluşumunun sırasıyla %59 ve %72 azaldığı, MeIQx seviyelerindeki azalmanın küçük ve oldukça değişken olduğu bildirilmiş, oleoresin biberiyenin ise PhIP oluşumunu %44 azalttığı belirtilmiştir (16). Ayrıca, kiraz dokusu (17), çaydaki fenolik bileşikler (19), sarımsaktaki sülfür bileşikleri (22), karabiber (218), kırmızıbiber (218) ve oligosakkaritler, inulin (23) gibi bileşenlerin besinlerdeki HAA

düzeylerini azalttığı tespit edilmiştir. Marine edilmemiş biftekler ile teriyaki sos, zerdeçal-sarımsak soslu veya ticari bal barbekü sosu ile marine edilmiş bifteklerin HAA içeriklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, teriyaki sos ile 10 dk ve 15 dk marine edilen bifteklerde PhIP seviyelerinde sırasıyla %45 ve %67 azalma, MeIQx seviyelerinde ise sırasıyla %44 ve %60 azalma olduğu gösterilirken barbekü sos ile yapılan marinasyonun HAA içeriklerinde artışa neden olduğu gösterilmiştir (303). İyi pişmiş ve orta pişmiş ızgara sığır etlerinde (satay) bazı baharatlar ile marinasyonun (zerdeçal, meşale zencefil, limon ve köri yaprakları) HAA düzeylerini (IQx, MeIQ, MeIQx, DiMeIQx, IQ, Norharman, Harman ve A α C) azalttığı gösterilmiştir (224).

Alıç ekstraktının %0.5 ve %1 oranlarında dana etinden yapılmış köftelere eklenmesi ile toplam HAA seviyelerinde sırasıyla %8-31 ve %53-74 azalma olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada, yağsız tavada 250°C'de pişirilen köfte örneklerine alıç ekstraktı %1 konsantrasyonunda eklendiğinde IQx, MeIQx, MeIQ, 4,8-DiMeIQx, Harman, Trp-P-2, A α C içeriklerindeki azalmanın %0.5 konsantrasyonunda eklenmesine göre daha fazla olduğu saptanmıştır. Benzer olarak enginar ekstraktının toplam HAA oluşumunu azaltıcı etkisi, %0.5 konsantrasyonunda eklendiğinde %2.25-22.72, %1 konsantrasyonunda eklendiğinde ise %16.67-82.81 arasında olduğu bulunmuştur. Bu çalışma, eklenen ekstrakt konsantrasyonunun HAA oluşumu üzerine etkisinin önemli olduğunu göstermiştir. 250°C'de pişirilen yağsız tava ve fırında pişirilen örneklerde IQx ve MeIQx içeriklerinde azalma sağladığı görülmüştür. Benzer olarak, biberiye, kekik, adaçayı, sarımsak gibi çeşitli baharat türlerinin sığır etinden yapılmış köftelerin yüzeyine eklenmesi ile HAA oluşumu arasındaki ilişki incelendiğinde; kekiğin IQ, MeIQ, 4,8-DiMeIQx, MeIQx ve PhIP seviyelerinde %61-100, sarımsağın %32-78, biberiye ve adaçayının ise sırasıyla %38-75 ve %40-100 azalma sağladığı bildirilmiştir (15). Kızartılmış köftelerde %0.02 konsantrasyonunda rozmarinik asit ve %0.02 konsantrasyonunda biberiye tozu eklemenin MeIQx seviyelerini sırasıyla %65.3 ve %70.5, PhIP seviyelerini sırasıyla %50 ve %51.6 azalttığı rapor edilmiştir. %0.3 konsantrasyonunda biberiye tozu eklemenin MeIQx miktarını %45, PhIP miktarını %66.7 azalttığı rapor edilmiştir. Aynı çalışmada, %0.02 rozmarinik asit ile %0.02 biberiye tozunun Harman seviyelerini sırasıyla %27 ile %29 azalttığı gösterilirken Norharman üzerine anlamlı etkisi bulunamamıştır (290). Karabiberin farklı sıcaklıklarda (175°C, 200°C, 225°C) kızartılan yüksek yağlı

köftelerde HAA oluşumu üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, 225°C’de 4,8-DiMeIQ, PhIP ve MeIQ oluşumunda %100, 175°C’de IQ oluşumunda %33.57, 200°C’de ise %11.17 azalma sağladığı gösterilmiştir (278). Farklı sıcaklıklarda (150, 200, 250°C) pişirilen köftelere farklı konsantrasyonlarda (%0.05, %0.1, %0.25 ve %0.5) eklenen konjuge linolenik asit (KLA)’in inhibitör etkisinin araştırıldığı çalışmada, MeIQx miktarında 250°C’de %0.05 ve %0.1 KLA konsantrasyonlarında artış olurken %0.25 ve %0.5 KLA konsantrasyonlarında ise azalma sağladığı gösterilmiştir (274). Kızartma öncesi hamburger köftelere E vitamini ve oleoresin biberiye eklenmesiyle HAA oluşumunun azaldığı rapor edilmiştir. En fazla azalmanın %1 konsantrasyonunda eklenen E vitamini ile IQ, MeIQ, MeIQx, DiMeIQx ve PhIP oluşumunda olduğu, diğer üç önleme yönteminde (%10 E vitamini, %1 oleoresin rosemary, %10 oleoresin rosemary) sadece IQ ve PhIP için anlamlı bir azalmanın olduğu gözlenmiştir (16). 223°C’de tavada kızartılan köftelerin yüzeyine %0.1, %0.15 ve %0.3 oranlarında kuru elma kabuğu polifenol ekstraktı uygulandığında toplam HAA oluşumunun sırasıyla %52, %55 ve %71, ekstrakt köftelerin içerisine eklendiğinde ise sırasıyla %32, %45 ve %45 azaldığı rapor edilmiştir (279). Köftelere kiraz ekstraktı (%11.5) eklenerek yapılan bir çalışmada kontrol grubunda toplam HAA miktarı 25.6 ng/g olarak bulunurken ekstrakt eklenen grupta ise toplam HAA miktarı 5.5-8.0 ng/ng arasında bulunmuştur. Kiraz ekstraktı PhIP oluşumunu %87-93 azaltmıştır (17).

Organoleptik kalitesi ve besin değeri nedeniyle tüketiciler için et tüketimi tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de popülerdir. Ancak, etlerin pişirilmesi ile yüksek düzeyde oluşan kanserojenler toplum için risk haline gelmektedir (123). Mutajenlere olan maruziyet seviyelerini tespit edebilmek için etlerin farklı pişirme yöntemleri ve farklı pişirme sıcaklıklarında oluşan HAA miktarlarının saptanması önemlidir ve bu bileşiklerin besinlerde oluşumunun en aza indirilerek maruziyetin azaltılması önerilmektedir. Pişirme uygulamaları, ülkelere ve hatta bölgelere göre farklılık göstermektedir (45). Bu çalışma ile ülkemizde ev koşullarında sıklıkla kullanılan ve sağlıklı beslenmede en sıklıkla önerilen yağsız tavada pişirme ve fırında pişirme yöntemleri ile pişirilen dana eti, tavuk göğüs eti ve dana etinden yapılmış köftelerin HAA içerikleri belirlenmiştir. Etlerin hazırlama yöntemlerinin de HAA oluşumu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir. Pişirme öncesi etlerin marine

edilmesi, et ürünlerinde sıklıkla kullanılan hazırlama yöntemlerinden biridir. Etlerin marinasyonu için literatürde soğan, sarımsak zeytinyağı, limon suyu gibi besinlerin HAA oluşumu üzerine önleyici etkileri gösterilmiştir (275).

HAA oluşum yolları kısmen izah edilmiş olsa da serbest radikal bileşiklerinin, IQ ve IQx tipi HAA oluşumunda önemli bir rol oynadığı ileri sürülmüştür. HAA'lar genellikle Maillard reaksiyonunun ürünü olarak oluşmaktadır. Serbest aminoasitler ve heksozların reaksiyonu sonucu oluşan pirazinler, piridinler ve aldehitler gibi Maillard ürünlerinin kreatin veya kreatinin ile reaksiyonlarının imidazokinolinleri, kuinoksalinleri (IQ-bileşikleri) ve piridinleri oluşturduğu kabul edilmektedir. Birçok faktör bu karmaşık reaksiyonu etkilemektedir ve insanların bu bileşiklere olan maruziyetinin azaltılması önerilmektedir (28, 219). HAA oluşumu, lipidler, pişirme süresi, pişirme sıcaklığı, besinlerin içerdiği öncü maddelerin düzeyi vb. yanı sıra, pro-ve antioksidanların eklenmesinden etkilenebilir (28). Etlerde oluşan bu mutajenik bileşikler azaltmak için yeni stratejiler geliştirilmelidir. Antioksidan ilavesi, HAA'ların azaltılması için etkili bir yöntem olarak görülmektedir. Antioksidan ilavesiyle HAA oluşumundaki inhibasyonun muhtemelen Maillard reaksiyonunun erken aşamalarında serbest radikallerin inaktivasyonundan kaynaklandığı kabul edilmiştir (278). Vitaglione ve Fogliano (209), antioksidanların mutajen oluşumunu önlemek için serbest radikal süpürücü aktiviteleri yoluyla reaksiyonun farklı yolları boyunca inhibitörler gibi hareket edebileceğini vurgulamıştır. Bir başka olası mekanizmanın HAA oluşumuna neden olan Maillard reaksiyonu aracılarının antioksidan bileşikler ile rekabet etmesi olabileceği düşünülmektedir (19). Ek olarak, Johansson ve Jägerstad (28), pro-oksidan ve antioksidanların HAA inhibasyonu üzerindeki etkilerinin prooksidan veya antioksidanların konsantrasyonuna bağlı olduğunu belirtmiştir. Ancak, çalışmalarda antioksidan aktivite ile HAA oluşumunu inhibe edici etkileri arasında gösterilen zayıf korelasyon nedeniyle antioksidan bileşiklerin serbest radikal süpürücü aktivitelerinin HAA oluşumunu önlemede temel mekanizma olmayabileceğini düşündürmektedir (215). Bununla birlikte, antioksidanların konsantrasyonlarına ve pişirme sırasındaki diğer besin bileşenleri ile etkileşimlerine bağlı olarak hem anti hem de pro-oksidatif etkileri olduğu bilinmektedir (282). Bu nedenle, bu fitokimyasal bileşiklerin başlıca önleme mekanizmasının radikal süpürücü aktiviteleri olamayabileceği, birçok başka faktörün

de bu fenolik bileşiklerinin önleyici aktivitelerine katkıda bulunabileceğine işaret edilmektedir (215).

6. SONUÇLAR

1. Pişirme öncesi farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen tavuk eti, dana eti ve dana etinden yapılmış köfte örneklerinin üç farklı sıcaklıkta yağsız tavada ve fırında pişirme yöntemleri ile oluşan pişirme kayıplarının tavuk göğüs etinde, dana eti ve dana etinden yapılan köftelerde sırasıyla %17-64, %27-59, %10-36 arasında değiştiği saptanmıştır.
2. Pişirme yöntemlerine göre pişirme kayıpları incelendiğinde, fırında pişirme yönteminde pişirme ile ağırlık kaybının yağsız tavada pişirme yöntemine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).
3. Tavuk göğüs eti, dana eti ve dana etinden yapılmış köfte örneklerinde her iki pişirme yöntemi için hem kontrol grubunda hem de farklı seviyelerde alıç veya enginar ekstraktı eklenen gruplarda pişirme sıcaklığı arttıkça pişirme kaybının arttığı gözlenmiştir ($p<0.01$).
4. Tavuk göğüs eti, dana eti ve dana etinden yapılmış köfte örneklerinde alıç veya enginar ekstraktı eklenmesinin pişirme ile ağırlık kaybı üzerine anlamlı etkisi bulunamamıştır ($p>0.05$).
5. Çiğ tavuk göğüs etinin %71.26 olan nem içeriğinin pişirme işlemi ile %38.03-%65.49 arasında değiştiği görülmektedir. Bu azalmada eklenen ekstraktların bir etkisinin olmadığı, temel etkinin pişirme ile ilişkili olduğu görülmektedir.
6. Tavuk göğüs eti örneklerinde pişirme yöntemlerine göre kıyaslandığında, fırında pişirme yönteminde (%54.66) tavada pişirme yöntemine (%60.96) göre nem kaybının daha fazla olduğu ($p<0.01$), ayrıca pişirme sıcaklıklarındaki artış ile bu kaybın daha da arttığı saptanmıştır ($p<0.01$).
7. Tavuk göğüs eti hammaddesinde %0.96 olan kül içeriğinin pişirme işlemi ile arttığı ($p<0.01$), %1.46 olan lipid içeriğinin ise pişirme ile azaldığı ($p<0.01$) görülmektedir.
8. Çiğ tavuk göğüs etinin %19.28 olan protein içeriğinin pişirme işlemi ile %20.92-%49.01 arasında değiştiği ve bu protein içeriğindeki artışın pişirme sıcaklık derecesi arttıkça arttığı ($p<0.01$) saptanmıştır.

9. Tavuk göğüs eti örneklerinde pişirme yöntemlerine göre kıyaslandığında, fırında pişirme yönteminde (%36.95) tavada pişirme yöntemine (%26.39) göre protein içeriğinin daha fazla olduğu saptanmıştır ($p<0.01$).
10. Çiğ tavuk göğüs etinin pH değeri 6.03 olarak belirlenmiş ve pişirme işlemi ile pH değerinde artış olduğu tespit edilmiştir. pH değerlerinin pişirme yöntemlerine ($p<0.01$) ve pişirme sıcaklıklarına ($p<0.01$) göre değiştiği saptanmıştır. Alıç veya enginar ekstraktı eklenmesinin pH değeri üzerine bir etkisinin olmadığı bulunmuştur. ($p>0.05$).
11. Çiğ dana etinin %65.79 olan nem içeriğinin pişirme işlemi ile %39.06-%62.76 arasında değiştiği görülmektedir. Bu azalmada eklenen ekstraktların bir etkisinin olmadığı, temel etkinin pişirme ile ilişkili olduğu gözlenmiştir.
12. Dana etinde pişirme yöntemlerine göre nem kayıpları kıyaslandığında fırında pişirme yönteminde (%49.38) yağsız tavada pişirme yöntemine göre (%54.52) daha fazla nem kaybı olduğu ($p<0.01$) ve pişirme sıcaklıklarındaki artış ile bu kaybın daha da arttığı saptanmıştır ($p<0.01$).
13. Dana eti hammaddesinde %1.03 olan kül içeriğinin pişirme işlemi ile arttığı ($p<0.01$) görülmektedir.
14. Dana eti hammaddesinde %9.25 olan lipid içeriğinin fırında pişirme yönteminde (%7.46) azalmaya ($p<0.01$) neden olurken yağsız tavada pişirme yönteminde (%10.70) ise artışa ($p<0.01$) neden olduğu saptanmıştır.
15. Çiğ dana etinin %15.60 olan protein içeriğinin pişirme işlemi ile %16.69-%49.54 arasında değiştiği ve bu protein içeriğindeki artışın pişirme sıcaklık derecesine göre farklılık göstermediği saptanmıştır ($p>0.05$).
16. Dana eti örneklerinde pişirme yöntemlerine göre kıyaslandığında, fırında pişirme yönteminde (%38.06) tavada pişirme yöntemine (%28.51) göre protein içeriğinin daha fazla olduğu saptanmıştır ($p<0.01$).
17. Dana etinin pH değeri 5.73 olarak belirlenmiş ve pişirme işlemi sonrasında pH değerinde artış olduğu tespit edilmiştir. pH değerlerinin pişirme yöntemlerine ($p<0.01$) ve pişirme sıcaklıklarına ($p<0.01$) göre değiştiği saptanmıştır. Alıç veya enginar ekstraktı eklenmesinin pH değerleri üzerine bir etkisinin olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$).

18. Dana etinden yapılmış köfte hammaddesinde %45.71 olan nem içeriğinin pişirme işlemi ile %21.50-%47.73 arasında değiştiği görülmektedir. Bu azalmada eklenen ekstraktların bir etkisinin olmadığı, temel etkinin pişirme ile ilişkili olduğu gözlenmiştir.
19. Köfte örneklerinde pişirme yöntemlerine göre nem kayıpları kıyaslandığında fırında pişirme yönteminde (%36.93) yağsız tavada pişirme yöntemine göre (%39.21) daha fazla nem kaybı olduğu ancak bunun istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p>0.05$) saptanmıştır. Pişirme sıcaklıklarındaki artış ile nem içeriğindeki kaybın daha da arttığı saptanmıştır ($p<0.01$).
20. Dana etinden yapılmış köfte hammaddesinde %1.01 olan kül içeriğinin pişirme işlemi ile arttığı ($p<0.01$) görülmektedir.
21. Dana etinden yapılmış köfte hammaddesinde %20.09 olan lipid içeriğinin fırında pişirme yönteminde (%14.56) azalmaya ($p<0.01$) neden olurken yağsız tavada pişirme yönteminde (%15.62) ise artışa ($p<0.01$) neden olduğu ve pişirme sıcaklığı arttıkça bu azalmanın arttığı ($p<0.01$) saptanmıştır.
22. Dana etinden yapılmış köfte hammaddesinde %15.10 olan protein içeriğinin pişirme işlemi ile arttığı ve bu artışın pişirme sıcaklık derecesi arttığında arttığı saptanmıştır ($p<0.01$). Ancak, protein içeriğinin pişirme yöntemlerine göre farklılık göstermediği saptanmıştır ($p>0.05$).
23. Dana etinden yapılmış köfte hammaddesinin pH değeri 5.41 olarak belirlenmiş ve pişirme işlemi sonrasında pH değerinde artış olduğu tespit edilmiştir. pH değerlerinin pişirme yöntemlerine ($p>0.05$) göre farklılık göstermediği, pişirme sıcaklıklarına ($p<0.01$) göre ise farklılık gösterdiği saptanmıştır. Alıç veya enginar ekstraktı eklemesinin pH değerleri üzerine bir etkisinin olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$).
24. Pişirme ile çiğ et örneklerinin kreatin içeriğinde azalma, kreatinin içeriğinde ise artış olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Ayrıca pişirme sıcaklığı arttıkça kreatin miktarı azalırken kreatinin miktarının arttığı saptanmıştır ($p<0.01$).
25. Pişirme ile çiğ et örneklerinin glukoz ve fruktoz içeriklerinde anlamlı bir değişiklik görülmemiştir ($p>0.05$).
26. Çiğ tavuk eti, dana eti ve dana etinden yapılmış köfte örneklerinin TBARS değeri sırasıyla 0.22, 0.33 ve 0.45 olarak bulunmuş ve pişirme işlemi ile

- TBARS değerlerinde artış olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Pişirme sıcaklığındaki artışın (150°C , 200°C , 250°C) lipid oksidasyonunu daha fazla artırdığı gözlenmiştir.
27. Kontrol grubu ile kıyaslandığında alıç veya enginar ekstraktı eklenmesinin TBARS değerlerinde anlamlı bir azalma ($p<0.01$) sağladığı ve bu azalmanın eklenen artan ekstrakt konsantrasyonları ile daha çok azaldığı ($p<0.01$) gözlenmiştir.
 28. Toplam HAA miktarları tavuk göğüs etinde $nd-83.6$ ng/g arasında, dana etinde $nd-49.26$ ng/g arasında, dana köftelerde ise $nd-17.18$ ng/g arasında bulunmuştur.
 29. Norharman ve MeAαC hiçbir köfte örneğinde tespit edilmezken köftelerde 16.17 ng/g ile IQx en fazla bulunan HAA olarak belirlenmiştir.
 30. Dana eti ve tavuk göğüs eti örneklerinde ise sırasıyla 4.38 ng/g ve 37.8 ng/g ile Trp-P-2 en fazla bulunan HAA olarak belirlenmiştir.
 31. IQx, farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen ve farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen örneklerde, tavuk göğüs etinde $nd-0.75$ ng/g, dana etinde $nd-3.84$ ng/g ve köftede $nd-16.17$ ng/g düzeyleri aralığında tespit edilmiştir.
 32. Alıç ekstraktı et örneklerinin IQx seviyelerinde $\%6.67$ - $\%100$ arasında bir azalma sağlarken enginar ekstaktı ise $\%2.25$ - $\%100$ arasında bir azalma sağlamıştır.
 33. IQ, farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen ve farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen örneklerde, tavuk göğüs etinde $nd-4.47$ ng/g, dana etinde $nd-1.85$ ng/g ve köftede $nd-0.15$ ng/g düzeyleri aralığında tespit edilmiştir.
 34. En düşük düzeyde IQ seviyeleri köftelerde belirlenmiştir.
 35. Alıç ekstraktı et örneklerinin IQ seviyelerinde $\%8.82$ - $\%100$ arasında bir azalma sağlarken enginar ekstaktı $\%5.26$ - $\%100$ arasında bir azalma sağlamıştır.
 36. MeIQx, farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen ve farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen örneklerde, tavuk

göğüs etinde nd-1.91 ng/g, dana etinde nd-2.20 ng/g ve köftede nd-0.38 ng/g düzeyleri aralığında tespit edilmiştir.

37. En düşük düzeyde MeIQx seviyeleri köftelerde belirlenmiştir.
38. MeIQx oluşumunun pişirme yöntemlerine ve pişirme sıcaklıklarına göre farklılık gösterdiği ve buna göre daha yüksek sıcaklıklarda ve tavada pişirilen etlerde, düşük sıcaklıklarda ve fırında pişirilenlere göre daha yüksek miktarlarda oluştuğu gözlenmiştir.
39. Alıç ekstraktı et örneklerinin MeIQx seviyelerinde %22.22-%100 arasında bir azalma sağlarken enginar ekstraktı %10.77-%100 arasında bir azalma sağlamıştır.
40. 7,8-DiMeIQx, farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen ve farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen örneklerde, tavuk göğüs etinde nd-0.32 ng/g, dana etinde nd-0.14 ng/g ve köftede nd-0.02 ng/g düzeyleri aralığında 7,8-DiMeIQx tespit edilmiştir.
41. Alıç ekstraktı et örneklerinin 7,8-DiMeIQx seviyelerinde %16.67-%100 arasında bir azalma sağlarken enginar ekstraktı %25-%90.63 arasında bir azalma sağlamıştır.
42. 4,8-DiMeIQx, farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen ve farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen örneklerde, tavuk göğüs etinde nd-3.01 ng/g, dana etinde nd-1.19 ng/g ve köftede nd-0.46 ng/g düzeyleri aralığında tespit edilmiştir.
43. Norharman, farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen ve farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen örneklerde, tavuk göğüs etinde nd-1.08 ng/g, dana etinde nd-4.36 düzeyleri aralığında tespit edilmiştir.
44. Köfte örneklerinde Norharman bileşiği belirlenemezken Harman ise çok düşük düzeylerde tespit edilmiştir.
45. Harman, tavuk göğüs etinde nd-26.65, dana etinde nd-14.84 ng/g, köftede nd-2.58 ng/g düzeyleri aralığında saptanmıştır.
46. Harman, bu çalışmada en yüksek düzeylerde tespit edilen HAA türlerinden biri olmuştur.

47. Norharman dana etinde daha yüksek düzeylerde, Harman ise tavuk göğüs etinde daha yüksek seviyelerde tespit edilmiştir.
48. Norharman daha düşük sıcaklıklarda ve fırında pişirme yönteminde, yağsız tavada pişirme yöntemine ve daha yüksek sıcaklıklara göre daha düşük düzeylerde tespit edilmiştir.
49. Trp-P-2 dana eti (4.38 ng/g) ve tavuk göğüs eti (37.8 ng/g) örneklerinde en yüksek düzeyde bulunan HAA olarak belirlenmiştir.
50. Alıç ekstraktı etlerin Trp-P-2 seviyelerinde %0.88-%100 arasında bir azalma sağlarken enginar ekstaktı %4.51-%100 arasında bir azalma sağlamıştır.
51. Pişirme sıcaklığının 250°C'ye çıkması ile Trp-P-2 seviyelerinin hızlı bir şekilde arttığı gözlenmiştir.
52. PhIP, farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen ve farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen örneklerde, tavuk göğüs etinde nd-7.00 ng/g, dana etinde nd-7.59 ng/g ve köftede nd-1.69 ng/g düzeyleri aralığında tespit edilmiştir.
53. Pişirme öncesi farklı konsantrasyonlarda alıç ekstraktı eklenen tavuk, dana eti ve köftelerin PhIP seviyelerinde azalma gözlenmiştir ve alıç ekstraktı hiçbir örnekte PhIP seviyelerinde artışa neden olmamıştır. Ancak enginar ekstraktı benzer olarak azaltıcı etki göstermesinin yanı sıra, pişirme öncesi enginar ekstraktı eklenen fırında 150°C'de pişirilen tavuk göğüs eti ve fırında 250°C'de pişirilen dana eti örneklerinin PhIP seviyelerinde artış olmuştur.
54. AαC, farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen ve farklı konsantrasyonlarda alıç ve enginar ekstraktı eklenen örneklerde tavuk göğüs etinde nd-2.45 ng/g, dana etinde nd-8.48 ng/g ve köftede nd-1.60 ng/g düzeyleri aralığında tespit edilmiştir.
55. En yüksek AαC düzeyi, 150°C'de pişirilen dana etinde saptanmıştır.
56. MeAαC hiçbir tavuk göğüs eti ve köfte örneklerinde belirlenememiş, sadece 200 ve 250°C'de pişirilen birkaç dana eti örneğinde tespit edilmiştir.
57. Özellikle 200°C ve 250°C'lerde pişirilen örneklerde AαC ve MeαAC bileşikleri tespit edilmiştir.
58. Alıç ekstraktı etlerde AαC seviyelerinde %18.18-%100 arasında bir azalma sağlarken enginar ekstraktı %2.44-%100 arasında bir azalma sağlamıştır.

59. MeaAC, bu çalışmada çok az sıklıkla tespit edildiği için MeaAC seviyeleri üzerine azaltıcı etki, 250°C'de tavada pişirilen dana eti örneklerinde %1 konsantrasyonunda alıç ekstraktı eklendiğinde ve 150°C'de fırında pişirilen dana eti örneklerinde enginar ekstraktı eklendiğinde gözlenmiştir.
60. Pişirme yöntemleri ve pişirme sıcaklığının HAA içerikleri üzerine güçlü etkisinin olduğunu göstermiştir. Özellikle MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, Norharman, Harman, Trp-P-2 ve PhIP düzeylerinin pişirme yöntemlerine göre farklılık gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca IQ, MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, Trp-P-2 düzeylerinin pişirme sıcaklık derecesi arttıkça artış göstermiştir.
61. Alıç ekstraktının toplam HAA üzerine azaltıcı etkisi incelendiğinde, tavuk göğüs etinde %12.78-%100 arasında, dana etinde ise %20-%100 arasında, köftelerde ise %0.26-%74.42 arasında bir azalma sağladığı gösterilmiştir.

7. ÖNERİLER

1. Bu çalışma, alıç ve enginar ekstraktlarının içerdiği antioksidan bileşikler sayesinde HAA oluşumu üzerine önleyici etkisinin olduğu gösterilmiştir.
2. HAA oluşumunun azaltılması ile olası kanser riskinin de azaltılmasının yanı sıra enginar ve alıcın özellikle kalp koruyucu etkilerini de göz önünde bulundurarak fazla et tüketimi ile ilişkilendirilen bu kronik hastalıkların önlenmesine ve sağlık harcamalarının azaltılmasına katkı sağlayabilir.
3. Bu çalışmanın sonuçları, ileri çalışmalarda ülkemizde HAA maruziyeti belirleme çalışmaları için önem taşımaktadır.
4. HAA oluşumunu etkileyen faktörler arasında en önemlisi sıcaklıktır. Pişirme sıcaklığındaki artış, genel olarak HAA oluşumunu hızlandırır. Bu nedenle, HAA oluşumunu en aza indirebilmek için pişirme sıcaklığının kontrol edilmesi dikkat edilecek en önemli faktördür.
5. Diyet ile bu bileşiklere olan maruziyetin azaltılması için bireylerin tükettikleri etlerin pişme düzeyleri tercihleri de önem taşımaktadır. Bu nedenle, bireyler çok iyi pişmiş et tüketimlerinden kaçınılmalıdır.
6. HAA oluşumunu azaltan bir uygulama olarak alıç ve enginar, besin sanayinde tüketime hazır et ürünlerinde veya et ürünleri hazırlama karışımlarında kullanılabilir. Böylelikle, bu çalışmadan elde edilen verilerin, besin sanayinde sağlıklı besin geliştirme (inovasyon) çalışmalarına da katkı sağlayabilir.
7. Etlerin hazırlama yöntemlerinin de HAA oluşumunda önemli bir etkiye sahip olması nedeniyle pişirme öncesi etlerin marinasyonu için soğan, sarımsak, zeytinyağ, limon suyu vb. besinler tercih edilmelidir.
8. Literatürde baharatların HAA oluşumunu inhibe edici etkileri gösterilmiştir. Özellikle köfte karışımlarının hazırlanmasında antioksidan etki gösteren bu baharatların eklenmesi önerilebilir.
9. HAA oluşumunun azaltılması açısından hem toplu beslenme yapılan kurumlarda hem de ev koşullarında pişirme işlemi önerileri olarak yüksek pişirme sıcaklığından ve uzun süre pişirmekten kaçınılmalıdır.

10. Toplu beslenme yapılan kurumlarda, hizmet verdiği hedef kitleye yönelik olarak bu HAA oluşumunu azaltıcı/inhibe edici antioksidan bileşiklerden faydalanarak yeni standart yemek tarife geliştirme çalışmaları yapılmalıdır.
11. Çocukluk çağında protein gereksinmesinin önemli bir kısmı etten karşılandığı için çocukların diyet ile HAA maruziyetinin azaltılması açısından diğer pişirme yöntemlerine göre daha düşük seviyelerde HAA tespit edilen nemli ısıda pişirme yöntemleri (haşlama, kısık ateşte sıvı ile pişirme vb.) hem ev koşullarında hem de toplu beslenme yapılan kurumlarda tercih edilmelidir.
12. Çeşitli besinlere meyve veya bitki ekstraktlarının eklenmesi, HAA'ların azaltılması için yeni ve umut verici bir uygulamadır. Bu çalışmadan elde edilen veriler, pişmiş etlerde HAA oluşumunu en aza indirebilme açısından besin endüstrisi, restoranlar ve tüketicilere rehberlik edebilir.
13. Bu çalışmada antioksidanların, antioksidan türüne, konsantrasyonlarına, pro- ve antioksidanların sinerjik etkilerine bağlı olarak HAA seviyelerinin artmasına veya azalmasına neden olabileceği gösterilmiştir. Bu nedenle, bu antioksidan bileşikleri kullanılırken en etkili konsantrasyonun belirlenerek uygulanmalıdır.
14. Bu çalışmadan elde edilen verilerden yola çıkarak, antioksidan aktivite gösteren bileşiklerin HAA oluşumu üzerindeki önleyici etkisinden sorumlu ana mekanizmanın radikal reaksiyonların önlenmesi olmadığı sonucuna varılabilir. Bu nedenle, HAA oluşumunda yer alan kompleks reaksiyon mekanizmaları açıklığa kavuşturmak için daha fazla çalışma yapılmalıdır.

8. KAYNAKLAR

1. Sugimura T. Food and cancer. *Toxicology*. 2002;181(182):17-21.
2. Nagao M, Honda M, Seino Y, Yahagi T, Sugimura T. Mutagenicities of smoked condensates and the charred surface of fish and meat. *Cancer Letters*. 1977;2(4-5):221-6.
3. Sanz Alaejos M, Ayala JH, González V, Afonso AM. Analytical methods applied to the determination of heterocyclic aromatic amines in foods. *Journal of Chromatography B*. 2008;862(1-2):15-42.
4. Skog K. Problems associated with the determination of heterocyclic amines in cooked foods and human exposure. *Food and Chemical Toxicology*. 2002;40(8):1197-203.
5. Kizil M, Oz F, Besler HT. A review on the formation of carcinogenic/mutagenic heterocyclic aromatic amines. *Journal of Food Processing and Technology*. 2011;2(5).
6. Oz F, Kizil M. Heterocyclic aromatic amines in meat. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2011c;35(6):739-53.
7. Sinha R, Rothman N, Brown ED, Salmon CP, Knize MG, Swanson CA, et al. High concentrations of the carcinogen 2-Amino-1-methyl-6-phenylimidazo-[4,5-b]pyridine (PhIP) occur in chicken but are dependent on the cooking method. *Cancer Research*. 1995;55:4516-451.
8. Sinha R, Rothman N, Salmon CP, Knize MG, Brown ED, Swanson CA, et al. Heterocyclic amine content in beef cooked by different methods to varying degrees of doneness and gravy made from meat drippings. *Food and Chemical Toxicology*. 1998;36:279-87.
9. Chiu CP, Yang DY, Chen BH. Formation of heterocyclic amines in cooked chicken legs. *Journal of Food Protection*. 1998;61(6):712-9.
10. Arnoldi A, Arnoldi C, Baldi O, Griaffini A. Strecker degradation of leucine and valine in a lipidic model system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1987;35:1035-8.
11. Gardner HW. Lipid hydroperoxide reactivity with proteins and aminoacids: A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1979;27:220-9.

12. Barnes WS, Maher JC, Weisburger JH. High-pressure liquid chromatographic method for the analysis of 2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline, a mutagen formed during the cooking of food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1983;31:883-6.
13. Milić BL, Djilas SM, Canadanović-Brunet JM. Synthesis of some heterocyclic aminoimidazoarenes. *Food Chemistry*. 1993;46:273-6.
14. Kikugawa K. Involvement of free radicals in the formation of heterocyclic amines and prevention by antioxidants. *Cancer Letters*. 1999;143:123-6.
15. Murkovic M, Steinberger D, Pfannhauser W. Antioxidant spices reduce the formation of heterocyclic amines in fried meat. *Z Lebensm Unters Forsch A*. 1998 207:477-80.
16. Balogh Z, Gray JI, Gomaa EA, Booren AM. Formation and inhibition of heterocyclic aromatic amines in fried ground beef patties. *Food and Chemical Toxicology*. 2000;38:395-401.
17. Britt C, Gomaa EA, Gray JI, Booren AM. Influence of cherry tissue on lipid oxidation and heterocyclic aromatic amine formation in ground beef patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1998;46(7):4891-7.
18. Oguri A, Suda M, Totsuka Y, Sugimura T, Wakabayashi K. Inhibitory effects of antioxidants on formation of heterocyclic amines. *Mutation Research*. 1998;402 237-45.
19. Weisburger JH, Nagao M, Wakabayashi K, Oguri A. Prevention of heterocyclic amine formation by tea and tea polyphenols. *Cancer Letters*. 1994;83:143-7.
20. Yen GC, Chen HY. Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1995;43:27-32.
21. Xu M, Bailey AC, Hernaez JF, Taoka CR, Schut HA, Dashwood RH. Protection by green tea, black tea, and indole-3-carbinol against 2-amino-3-methylimidazo [4,5-f]quinoline-induced DNA adducts and colonic aberrant crypts in the F344 rat. *Carcinogenesis*. 1996;17(7):1429-34.
22. Shin HS, Strasburg GM, Gray JI. A model system study of the inhibition of heterocyclic aromatic amine formation by organosulfur compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002;50(26):7684-90.
23. Shin HS, Park H, Park D. Influence of different oligosaccharides and inulin on heterocyclic aromatic amine formation and overall mutagenicity in fried ground beef patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2003;51:6726-30.
24. Friedman M. Food browning and its prevention: an overview. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1996;44:631-53.

25. Trompeta V, O'Brien J. Inhibition of mutagen formation by organosulfur compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1998;46:4318-23.
26. Haskaraca G, Demirok E, Kolsarıcı N, Oz F, Ozsarac N. Effect of green tea extract and microwave pre-cooking on the formation of heterocyclic aromatic amines in fried chicken meat products. *Food Research International* 2014;63:373-81.
27. Keşkekoğlu H, Üren A. 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*. 2014;96:1446-51.
28. Johansson MAE, Jägerstad M. Influence of pro- and antioxidants on the formation of mutagenic carcinogenic heterocyclic amines in a model system. *Food Chemistry*. 1996;56:69-75.
29. Zheng W, Gustafson DR, Sinha R, Cerhan JR, Moore D, Hong CP, et al. Well-done meat intake and the risk of breast cancer. *Journal of the National Cancer Institute*. 1998;90:1724-9.
30. Probst-Hensch NM, Sinha R, Longnecker MP, Witte JS, Ingles SA, Frankl HD, et al. Meat preparation and colorectal adenomas in a large sigmoidoscopy-based case-control study in California (US). *Cancer Causes Control*. 1997;8:175-83.
31. Sinha R, Chow WH, Kulldorff M, Denobile J, Butler J, Garcia-Closas M, et al. Well-done, grilled red meat increases the risk of colorectal adenomas. *Cancer Research*. 1999;59:4320-4.
32. Deitz AC, Zheng W, Leff MA, Gross M, Wen WQ, Doll MA, et al. N-acetyl transferase 2 genotypes, meat intake and breast cancer risk. *International Journal of Cancer*. 1999;80:13-7.
33. Delfino RJ, Sinha R, Smith C, West J, White E, Lin HJ, et al. Breast cancer, heterocyclic aromatic amines from meat and N-acetyltransferase 2 genotype. *Carcinogenesis*. 2000;21:607-15.
34. Augustsson K, Skog K, Jägerstad M, Dickman PW, Steineck G. Dietary heterocyclic amines and cancer of the colon, rectum, bladder, and kidney: a population-based study. *Lancet*. 1999;353:703-7.
35. McAfee AJ, McSorley EM, Cuskelly GJ, Moss BW, Wallace JM, Bonham MP, et al. Red meat consumption: an overview of the risks and benefits. *Meat Science*. 2010;84(1):1-13.
36. TC. Sağlık Bakanlığı. Sağlık İstatistikleri Yıllığı. 2013.
37. Gundogdu M, Ozrenk K, Ercisli S, Kan T, Kodad O, Hegedus A. Organic acids, sugars, vitamin C content and some pomological characteristics of eleven hawthorn species (*Crataegus* spp.) from Turkey. *Biological Research*. 2014;47(21).

38. Sokół-Łętowska A, Oszmiański J, Wojdyło A. Antioxidant activity of the phenolic compounds of hawthorn, pine and skullcap. *Food Chemistry*. 2007;103(3):853-9.
39. Pereira C, Calhelha RC, Barros L, Ferreira ICFR. Antioxidant properties, anti-hepatocellular carcinoma activity and hepatotoxicity of artichoke, milk thistle and borututu. *Industrial Crops and Products*. 2013;49:61-5.
40. Garbetta A, Capotorto I, Cardinali A, D'Antuono I, Linsalata V, Pizzi F, et al. Antioxidant activity induced by main polyphenols present in edible artichoke heads: influence of in vitro gastro-intestinal digestion. *Journal of Functional Foods*. 2014;10:456-64.
41. Pittler MH, Thompson CO, Ernst E. Artichoke leaf extract for treating hypercholesterolaemia. *Cochrane Database Syst Rev* 2002.
42. Oz F, Kaban G, Kaya M. Effects of cooking methods and levels on formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and fish with Oasis extraction method. *Food Science and Technology*. 2010;43:13415-350.
43. Sugimura T, Nagao N, Kawachi T, Honda M, Yahagi T, Seino Y, et al. Mutagen-carcinogens in food, with special reference to highly mutagenic pyrolytic products in broiled foods. *Origins of Human Cancer: Cold Spring Harbor*; 1977. p. 1561–77.
44. Cheng KW, Chen F, Wang M. Heterocyclic amines: chemistry and health. *Molecular Nutrition and Food Research*. 2006;50:1150 - 70.
45. Alaejos MS, Afonso AM. Factors that affect the content of heterocyclic aromatic amines in foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2011;10:52-108.
46. Alaejos MS, Ayala JH, González V, Afonso AM. Analytical methods applied to the determination of heterocyclic aromatic amines in foods. *J Chromatogr B*. 2008;862:15-42.
47. Ruan ED, Juárez M, Thacker R, Yang X, Dugan ME, Aalhus JL. Dietary vitamin E effects on the formation of heterocyclic amines in grilled lean beef. *Meat Science*. 2014;96:849-53.
48. Sugimura T, Wakabayashi K, Nakagama H, Nagao M. Heterocyclic amines: mutagens/carcinogens produced during cooking of meat and fish. *Cancer Science*. 2004;95:290-9.
49. Murkovic M. Formation of heterocyclic aromatic amines in model systems. *Journal of Chromatography B*. 2004;802(1):3-10.

50. Jägerstad M, Skog K, Arvidsson P, Solyakov A. Chemistry, formation and occurrence of genotoxic heterocyclic amines identified in model systems and cooked foods. *European Food Research and Technology*. 1998;207:419-27.
51. Murkovic M. Analysis of heterocyclic aromatic amines. *Anal Bioanal Chem*. 2007;389(1):139-46.
52. Knize M, Felton J. Formation and human risk of carcinogenic heterocyclic amines formed from natural precursors in meat. *Nutrition Reviews*. 2005;63(5):158-65.
53. Lynch AM, Murray S, Gooderham NJ, Boobis AR. Exposure to and activation of dietary heterocyclic amines in humans. *Crit Rev Oncol Hemat*. 1995;2:19-31.
54. Reistad R, Rossland OJ, Latva-Kala KJ, Rasmussen T, Vikse R, Becher G, et al. Heterocyclic aromatic amines in human urine following a fried meat meal. *Food and Chemical Toxicology* 1977;35(10-11):945-55
55. Wakabayashi K, Kim IS, Kurosaka R, Yamaizumi Z, Ushiyama H, Takahashi M, et al. Identification of new mutagenic heterocyclic amines and quantification of known heterocyclic amines. *Princess Takamatsu Symp*. 1995;23:39-49.
56. Turesky RJ, Markovic J, Bracco-Hammer I, Fay LB. The effect of dose and cytochrome P450 induction on the metabolism and disposition of food-borne carcinogen 2-amino-3,8-dimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline (MeIQx) in the rat. *Carcinogenesis*. 1991;12:1847-55.
57. Watkins BE, Susuki M, Wallin H, Wakabayashi K, Alexander J, Vanderlaan M, et al. The effect of dose and enzyme inducers on the metabolism of 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine (PhIP) in rats. *Carcinogenesis* 1991;12:2291-5.
58. Gooderham NJ, Murray S, Lynch AM, Yadollahi-Farsani M, Zhao K, Boobis AR, et al. Food-derived heterocyclic amine mutagens: variable metabolism and significance to humans. *Drug Metab Dispos*. 2001;29(4):529-34.
59. Turesky RJ. Formation and biochemistry of carcinogenic heterocyclic aromatic amines in cooked meats. *Toxicology Letters*. 2007;168(3):219-27.
60. King RS, Kadlubar FF, Turesky RJ. In vivo metabolism of heterocyclic amines. *Food Borne Carcinogens: Heterocyclic Amines*. England: John Wiley Sons; 2000. p. 90-111.
61. Borosky GL. Carcinogenic carbocyclic and heterocyclic aromatic amines: a DFT study concerning their mutagenic potency. *Journal of Molecular Graphics and Modelling*. 2008;27(4):459-65.
62. Malfatti MA, Felton JS. Human UDP-glucuronosyltransferase 1A1 is the primary enzyme responsible for the N-glucuronidation of N-hydroxy-PhIP in vitro. *Chemical Research in Toxicology*. 2004;17:1137-44.

63. Schut AHJ, Snyderwine EG. DNA adducts of heterocyclic amine food mutagens: implications for mutagenesis and carcinogenesis. *Carcinogenesis*. 1999;20:353-68.
64. Turesky RJ, Vouros P. Formation and analysis of heterocyclic aromatic amine-DNA adducts in vitro and in vivo. *Journal of Chromatography B*. 2004;802:155-66.
65. Hashimoto Y, Shudo K, Okamoto T. Metabolic activation of a mutagen, 2-amino-6-methyldipyrido[1,2-a:3,2-d]imidazole and its reaction with DNA. *Biochem Biophys Res Commun*. 1980;92:971-6.
66. Gorlewska-Roberts K, Green B, Fares M, Ambrosone CB, Kadlubar FF. Carcinogen-DNA adducts in human breast epithelial cells. *Environmental and Molecular Mutagenesis*. 2002;39:184-92.
67. Zhu J, Chang P, Bondy ML, Sahin AA, Singletary SE, Takahashi S, et al. Detection of 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]-pyridine-DNA adducts in normal breast tissues and risk of breast cancer. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*. 2003;12(9):830-7.
68. Tang D, Liu JJ, Rundle A, Neslund-Dudas C, Savera AT, Bock CH, et al. Grilled meat consumption and PhIP-DNA adducts in prostate carcinogenesis. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*. 2007;16(4):803-8.
69. Iwasaki M, Mukai T, Takachi R, Ishihara J, Totsuka Y, Tsugane S. Validity of a self-administered food frequency questionnaire in the estimation of heterocyclic aromatic amines. *Cancer Causes Control* 2014;25:1015-28.
70. Hashimoto Y, Shudo K, Okamoto T. Modification of nucleic acids with mutacarcinogenic heteroaromatic amines in vivo. Identification of modified bases in DNA extracted from rats injected with 3-amino-1-methyl-5H-pyrido[4,3-b]indole and 2-amino-6-methyldipyrido[1,2-a:3,2-d]imidazole. *Mutat Res* 1982;1-2:9-13.
71. Andersen V, Christensen J, Overvad K, Tjønneland A, Vogel U. Polymorphisms in NFκB, PXR, LXR and risk of colorectal cancer in a prospective study of Danes. *BMC Cancer*. 2010:10484.
72. Metry KJ, Neale JR, Bendaly J, Smith NB, Pierce WMJ, Hein DW. Effect of N-Acetyltransferase 2 polymorphism on tumor target tissue DNA Adduct levels in rapid and slow acetylator congenic rats administered 2-Amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine or 2-Amino-3,8-dimethylimidazo-[4,5-f]quinoxaline. *Drug Metabolism and Disposition*. 2009;37(11):2123-6.
73. Metry KJ, Neale JR, Doll MA, Howarth AL, States JC, McGregor WG, et al. Effect of rapid human N-acetyltransferase 2 haplotype on DNA damage and mutagenesis induced by 2-amino-3-methylimidazo-[4,5-f]quinoline (IQ) and 2-amino-3,8-dimethylimidazo-[4,5-f]quinoxaline (MeIQx). *Mutation Research*. 2010;684(1-2):66-73.

74. Sharma S, Cao X, Wilkens LR, Yamamoto J, Lum-Jones A, Henderson BE, et al. Well-done meat consumption, NAT1 and NAT2 acetylator genotypes and prostate cancer risk: the multiethnic cohort study. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*. 2010;19(7):1866-70.
75. Bendaly J, Metry KJ, Doll MA, Jiang G, States JC, Smith NB, et al. Role of human CYP1A1 and NAT2 in 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine-induced mutagenicity and DNA adducts. *Xenobiotica*. 2009;39(5):399-406.
76. Cotterchio M, Boucher BA, Manno M, Gallinger S, Okey AB, Harper PA. Red meat intake, doneness, polymorphisms in genes that encode carcinogen-metabolizing enzymes, and colorectal cancer risk. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*. 2008;17(11):3098-107.
77. Felton JS, Knize MG, Wu RW, Colvin ME, Hatch FT, Malfatti MA. Mutagenic potency of food-derived heterocyclic amines. *Mutation Research*. 2007;616:90-4.
78. Weisburger JH. Comments on the history and the importance of aromatic and heterocyclic amines in public health. *Mutation Research*. 2002;506(507):9-20.
79. Ohgaki H, Takayama S, Sugimura T. Carcinogenicities of heterocyclic amines in cooked foods. *Mutat Res* 1991;259:399-410.
80. Skog K. Blue cotton, blue rayon and blue chitin in the analysis of heterocyclic aromatic amines- A review. *Journal of Chromatography B*. 2004;802:39-44.
81. Adamson RH, Takayama S, Sugimura T, Thorgeirsson UP. Induction of Hepatocellular Carcinoma in Nonhuman Primates by the Food Mutagen 2-Amino-3-Methylimidazo[4,5-f]quinoline. *Environmental Health Perspectives*. 1994;102(2):190-3.
82. Takahashi M, Toyoda K, Aze Y, Furuta K, Mitsumori K, Hayashi Y. The rat urinary bladder as a new target of heterocyclic amine carcinogenicity: Tumor induction by 3-amino-1-methyl-5H-pyrido[4,3-b]indole acetate. *Cancer Res*. 1993;54:852-8.
83. Shirai T, Tamano S, Sano M, Masui T, Hasegawa R, Ito N. Carcinogenicity of 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine (PhIP) in rats: dose-response studies. *Princess Takamatsu Symp*. 1977;23:232-9.
84. Takayama S, Nakatsuru Y, Ohgaki H, Sato S, Sugimura T. Atrophy of salivary glands and pancreas of rats fed on diet with amino-methyl- α -carboline. *Proceedings of the Japan Academy, Ser B*. 1985;61: 277-80.
85. Adamson RH, Thorgeirsson UP, Snyderwine EG, Thorgeirsson SS, Reeves J, Dalgard DW, et al. Carcinogenicity of 2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]-quinoline in nonhuman primates: Induction of tumors in three Macaques. *Jpn J Cancer Res*. 1990;81:10-4.

86. Terada M, Nagao M, Nakayasu M, Sakamoto H, Nakasato F, Sugimura T. Mutagenic activities of heterocyclic amines in Chinese hamster lung cells in culture. *Environ Health Perspect.* 1986;67:117-9.
87. Maron DM, Ames BN. Revised methods for the Salmonella mutagenicity test. *Mutat Res.* 1983;113:173-215.
88. Hatch FT, Knize MG, Felton JS. Quantitative structure activity relationships of heterocyclic amines mutagens formed during the cooking of food. *Environ Mol Mutagen.* 1991;17:4-19.
89. Kerdar RS, Dehner D, Wild D. Reactivity and genotoxicity of arylnitrenium ions in bacterial and mammalian cells. *Toxicol Lett.* 1993;67:73-85.
90. Felton JS, Knize MG. Occurrence, identification and bacterial mutagenicity of heterocyclic amines in cooked food. *Mutat Res.* 1991;259:205-17.
91. Liao GZ, Wang GY, Xu XL, Zhou GH. Effect of cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and duck breast. *Meat Science.* 2010;85:149-54.
92. Adamson RH, Thorgeirsson UP, Sugimura T. Extrapolation of heterocyclic amine carcinogenesis data from rodents and nonhuman primates to humans. *Archives of Toxicology.* 1996;18:303- 18.
93. Fuscoe JC, Wu R, Shen NH, Healy SK, Felton JS. Base change analysis of revertants of the hisD3052 allele in *Salmonella typhimurium*. *Mutat Res* 1988;201:241-51.
94. Koch WH, Wu RW, Cebula TA, Felton JS. Specificity of base substitution mutations induced by the dietary carcinogens 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine (PhIP) and 2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline (IQ) in *Salmonella*. *Environ Mol Mutagen.* 1998;31:327-32.
95. Wu RW, Wu EM, Thompson LH, Felton JS. Identification of aprt gene mutations induced in repair-deficient and P450-expressing CHO cells by the food-related mutagen/carcinogen, PhIP. *Carcinogenesis.* 1995;16:1207-13.
96. Yadollahi-Farsani M, gooderham NJ, Davies DS, Boobis AR. Mutational spectra of the dietary carcinogen 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine (PhIP) at the Chinese hamster hprt locus. *Carcinogenesis.* 1996;17:617-24.
97. Wu RW, Tucker JD, Sorensen KJ, Thompson LH, Felton JS. Differential effect of acetyltransferase expression on the genotoxicity of heterocyclic amines in CHO cells. *Mutation Research.* 1997;390:93-103.

98. Glatt H, Pabel U, Meinel W, Frederiksen H, Frandsen H, Muckel E. Bioactivation of the heterocyclic aromatic amine 2-amino-3-methyl-9H-pyrido [2,3-b]indole (MeAαC) in recombinant test systems expressing human xenobiotic metabolizing enzymes. *Carcinogenesis* 2004;25:801-7.
99. Oliveira PA, Colaco A, Chaves R, Guesdes PH, De-La-Cruz LF, Lopes C. Chemical carcinogenesis. *An da Acad Bras Cienc* 2007;79:593-616.
100. Layton DW, Bogen KT, Knize MG, Hatch FT, Johnson VM, Felton JS. Cancer risk of heterocyclic amines in cooked foods: an analysis and implications for research. *Carcinogenesis*. 1995;16(1):39-52.
101. Zheng W, Lee SA. Well-done meat intake, heterocyclic amine exposure, and cancer risk. *Nutr Cancer*. 2009;61:437-46.
102. Knize MG, Kulp KS, Salmon CP, Keating GA, Felton JS. Factors affecting human heterocyclic amine intake and the metabolism of PhIP. *Mutat Res*. 2002;506:153-62.
103. Sinha R, Kulldorff M, Chow WH, Denobile J, Rothman N. Dietary intake of heterocyclic amines, Meat-derived mutagenic activity, and risk of colorectal adenomas. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*. 2001;10:559-62.
104. Sinha R, Gustafson DR, Kulldorff M, Wen WQ, Cerhan JR, Zheng W. 2-Amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine, a carcinogen in high temperature-cooked meat, and breast cancer risk. *Journal of the National Cancer Institute*. 2000;92:1352-4.
105. Cross AJ, Sinha R. Meat-related mutagens/carcinogens in the etiology of colorectal cancer. *Environmental and Molecular Mutagenesis* 2004;44:44-55.
106. Aune D, Chan DS, Vieira AR. Red and processed meat intake and risk of colorectal adenomas: a systematic review and meta-analysis of epidemiological studies. *Cancer Causes Control*. 2013;24: 611-27.
107. Kampman E, Slattery ML, Bigler J, Leppert M, Samowitz W. Meat consumption, genetic susceptibility, and colon cancer risk: a United States multicenter case-control study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 1999;8:15-24.
108. Butler LM, Millikan RC, Martin CF, Newman B, Gammom MD. Heterocyclic amines, meat intake and association with colon cancer in a population-based study. *American Journal of Epidemiology*. 2003;157:424-45.
109. Nowell S, Coles B, Sinha R, MacLeod S, Ratnasinghe DL, Stotts C, et al. Analysis of total meat intake and exposure to individual heterocyclic amines in a case-control study of colorectal cancer: Contribution of metabolic variation to risk. *Mutation Research*. 2002;506-507:175-85.

110. Cross AJ, Ferrucci LM, Risch A, Graubard BI, Ward MH, Park Y, et al. A large prospective study of meat consumption and colorectal cancer risk: an investigation of potential mechanisms underlying this association. *Cancer Research*. 2010;70(6):2406-14.
111. Le Marchand, Hankin JH, Pierce LM, Sinha R, Nerurkar PV, Franke AA, et al. Well-done red meat, metabolic phenotypes and colorectal cancer in Hawaii. *Mutat Res*. 2002;506-507:205-14.
112. United States Cancer Statistics: 1999-2012 Incidence and Mortality Web-based Report. [Internet]. 2012. Available from: <http://www.cdc.gov/cancer/breast/statistics/>.
113. Zheng W, Xie D, Cerhan JR, Sellers TA, Wen WQ. Sulfotransferase 1A1 polymorphism, endogenous estrogen exposure, well-done meat intake, and breast cancer risk. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*. 2002;10:89-94.
114. International WCRF. Prostate cancer statistics 2012. Available from: <http://www.wcrf.org/int/cancer-facts-figures/data-specific-cancers/prostate-cancer-statistics>.
115. Koutros S, Cross AJ, Sandler DP, Hoppin JA, Ma X. Meat and meat mutagens and risk of prostate cancer in the Agriculture Health Study. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*. 2008;17:80-7.
116. Norrish AE, Ferguson LR, Knize MG, Felton JS, Sharpe SJ, Jackson RT. Heterocyclic amine content of cooked meat and risk of prostate cancer. *J Natl Cancer Inst*. 1999;91:2038-44.
117. Anderson KE, Sinha R, Kulldorff M, Gross M, Lang NP. Meat intake and cooking techniques: associations with pancreatic cancer. *Mutation Research*. 2002;506(507):225-31.
118. Li D, Day RS, Bondy ML, Sinha R, Nguyen NT. Dietary mutagen exposure and risk of pancreatic cancer. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*. 2007;16:665-1.
119. Stolzenberg-Solomon RZ, Cross AJ, Silverman DT, Schairer C, Thompson FE. Meat and meat-mutagen intake and pancreatic cancer risk in the NIH-AARP cohort. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*. 2007;16:2664-75.
120. Solyakov A, Skog K. Screening for heterocyclic amines in chicken cooked in various ways. *Food Chem Toxicol*. 2002;40:1205-11.
121. Khan MR, Bertus LM, Busquets R, Puignou L. Mutagenic heterocyclic amine content in thermally processed offal product. *Food and Chemical Toxicology*. 2009;112:838-43.

122. Puangsombat K, Gadgil P, Houser TA, Hunt MC, Smith JS. Occurrence of heterocyclic amines in cooked meat products. *Meat Science* 2012;90:739-46.
123. Oz F, Yuzer MO. The effects of cooking on wire and stone barbecue at different cooking levels on the formation of heterocyclic aromatic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in beef steak. *Food Chemistry*. 2016;203:59-66.
124. Skog K, Steineck G, Augustsson K, Jägerstad M. Effect of cooking temperature on the formation of heterocyclic amines in fried meat products and pan residues. *Carcinogenesis*. 1995;16:861-7.
125. Chen BH, Chiu CP. Analysis, formation and inhibition of heterocyclic amines in foods: overview. *J Food Drug Anal* 1998;6:625-36.
126. Skog K, Eneroth A, Svanberg M. Effects of different cooking methods on the formation of food mutagens in meat. *International Journal of Food Science and Technology*. 2003;38:313-23.
127. Raza A, Shabir MA, Khan MI, Suleria HA., Sultan S. Effect of thermal treatments on the formation of heterocyclic aromatic amines in various meats. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2015;39:376-83.
128. Felton JS, Fultz E, Dolbeare FA, Knize MG. Effect of microwave pretreatment on heterocyclic aromatic amine mutagens/carcinogens in fried beef patties. *Food Chem Toxicol*. 1994;32(10):897-903.
129. Sinha R, Peters U, Cross AJ, Kulldorff M, Weissfeld JM, Pinsky PF, et al. Meat, meat cooking methods and preservation, and risk of colorectal adenoma. *Cancer Research*. 2005;17:8034-41.
130. Byrne C, Sinha R, Platz EA, Giovannucci E, Colditz GA, Hunter DJ, et al. Predictors of dietary heterocyclic amine intake in three prospective cohorts. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*. 1998 7:523-9.
131. Keating GA, Bogen KT. Estimates of heterocyclic amine intake in the US population. *J Chromatogr B*. 2004;802:127-33.
132. Augustsson K, Skog K, Jägerstad M, Steineck G. Assessment of the human exposure to heterocyclic amines. *Carcinogenesis* 1997;18:1931-5.
133. Zimmerli B, Rhyn P, Zoller O, Schlatter J. Occurrence of the heterocyclic amines in the Swiss diet: analytical method, exposure estimation and risk assessment. *Food Add Contam*. 2001;18:533-51.
134. U.S. Dept. of Health and Human Services. Report on carcinogens background document for selected heterocyclic amines: PhIP, MeIQ, and MeIQx. 2002.

135. Sinha R, Cross A, Curtin J, Zimmerman T, McNutt S, Risch A, et al. Development of a food frequency questionnaire module and databases for compounds in cooked and processed meats. *Molecular Nutrition and Food Research* 2005;49(7):648-55.
136. Oz F, Kaban G, Kaya M. Effects of cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines of two different species trout. *Food Chemistry* 2007;104:67-72.
137. Oz F, Kaya M. Determination of heterocyclic amines in cooked commercial frozen meat products by ultra fast liquid chromatography. *Food Analytical Methods*. 2013;6:1370-8.
138. Klassen RD, Lewis D, Lau BPY, Sen NP. Heterocyclic aromatic amines in cooked hamburgers and chicken obtained from local fast food outlets in the Ottawa region. *Food Research International*. 2002;35:837-47.
139. Gaebler DM, Jones SJ, Mandigo RW. Adaptation of microplate reader for measuring oxidative rancidity in meat products. *Meat Science*. 2002;62:193-8.
140. Jackson LS, Hargraves WA. 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*. 1995;43:1678-84.
141. Dolara P, Commoner B, Vithayathil A, Cuca G, Tuley E, Madyastha P, et al. The effect of temperature on the formation of mutagens in heated beef stock and cooked ground beef. *Mutation Research*. 1979;60:231-7.
142. Lan CM, Kao TH, Chen BH. Effects of heating time and antioxidants on the formation of heterocyclic amines in marinated foods. *Journal of Chromatography B*. 2004;802:27-37.
143. Persson E, Sjöholm I, Skog K. Effect of high water-holding capacity on the formation of heterocyclic amines in fried beefburgers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2003;51:4472-7.
144. Abdulkarim B, Smith J. Heterocyclic amines in fresh and processed meat products. *JAgricFood Chem*. 1998;46(11):4680-7.
145. Knize MG, Dolbear FA, Carroll KL, Moore DH, Felton JS. Effect of cooking time and temperature on the heterocyclic amine content of fried beef patties. *Food and Chemical Toxicology*. 1994;32:595-603.
146. Persson E, Kovácsné OB, Tornberg E, Sjöholm I, Skog K. Heterocyclic amine formation during frying of frozen beefburgers. *International Journal of Food Science and Technology*. 2008;43:62-8.

147. Skog K, Solyakov A, Jägerstad M. Effects of heating conditions and additives on the formation of heterocyclic amines with reference to amino-carbolines in a meat juice model system. *Food Chem* 2000;68:299-308.
148. Hwang DM NM. Formation of heterocyclic amines in meat emulsion extended with soy protein. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2003;27:373-86.
149. Hwang DM, Ngadi M. Kinetics of heterocyclic amines formation in meat emulsion at different fat contents. *Lebensm Wiss u Technol* 2002;35:600-6.
150. Johansson MAE, Jägerstad M. Occurrence of mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in meat and fish products, including pan residues, prepared under domestic conditions. *Carcinogenesis*. 1994;15:1511-8.
151. reaction. KSSyotM, ACS ITMRiFaN, S. SSEbGRWaM, Feather. pp. 3-18. American Chemical Society W, DC.
152. Johansson MAE, Jägerstad M. Influence of oxidized deep-frying fat and iron on the formation of food mutagens in a model system. *Food Chem Toxicol*. 1993;31:971-9.
153. Pearson AM, Chen C, Gray JI, Aust SD. Mechanism(s) involved in meat mutagen formation and inhibition. *Free Radic Biol Med*. 1992;13:161-7.
154. Skog K, Johansson MAE, Jägerstad M. Carcinogenic heterocyclic amines in a model system and cooked foods, a review of formation occurrence and intake. *Food Chem Toxicol*. 1998;36:879-96.
155. Laser Reuterswärd A, Skog K, Jägerstad M. Mutagenicity of pan-fried bovine tissues in relation to their content of creatine, creatinine, monosaccharides and free amino acids. *Food and Chemical Toxicology*. 1987;25(10):755- 62.
156. Bordas M, Moyano E, Puignou L, Galceran M. Formation and stability of heterocyclic amines in a meat flavour model system - Effect of temperature, time and precursors. *Journal of Chromatography A* 2004;802(1):11.
157. Gibis M, Weiss J. Inhibitory effect of marinades with hibiscus extract on formation of heterocyclic aromatic amines and sensory quality of fried beef patties. *Meat Science* 2010;85:735-42.
158. Ahn J, Grün IU. Heterocyclic amines: 2. inhibitory effects of natural extracts on the formation of polar and nonpolar heterocyclic amines in cooked beef. *Journal of Food Science*. 2005;70(4):263-8.
159. Jägerstad M, Reuterswärd LA, Olsson R, Grivas S, Nyhammar T, Olsson K, et al. Creatin(ine) and Maillard reaction products as precursors of mutagenic compounds: Effects of various amino acids. *Food Chemistry*. 1983;12:255-64.

160. Kikugawa K, Kato T, Hiramoto K, Takada C, Tanaka M, Maeda Y, et al. Participation of the pyrazine cation radical in the formation of mutagens in the reaction of glucose/glycine/creatinine. *Mutation Research, Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 1999;444(1):133-44.
161. Jackson LS, Hargraves WA, Stroup WH, Diachenko GW. Heterocyclic aromatic amine content of selected beef flavors. *Mutat Res*. 1994;320:113-24.
162. Skog K, Jägerstad M. Incorporation of carbon atoms from glucose into the food mutagens MeIQx and 4,8-DiMeIQx using carbon-14-labeled glucose in a model system. *Carcinogenesis*. 1993;14:2027-31.
163. Skog K, Jägerstad M. Effects of monosaccharides and disaccharides on the formation of food mutagens in model systems. *Mutat Res*. 1990;230(2):263-72.
164. Skog K, Jägerstad M. Effects of glucose on the formation of PhIP in a model system. *Carcinogenesis*. 1991;12(12):2297-300.
165. Szterk A. 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* 2015;40:39-46.
166. Liao G, Xu X, Zhou G. Effects of cooked temperatures and addition of antioxidants on formation of heterocyclic aromatic amines in pork floss. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2009;33:159-75.
167. Tai CY, Lee KH, Chen BH. Effects of various additives on the formation of heterocyclic amines in fried fish fiber. *Food Chem*. 2001;75:309-16.
168. Hasnol NDS, Jinap S, Sanny M. Effect of different types of sugars in a marinating formulation on the formation of heterocyclic amines in grilled chicken. *Food Chemistry*. 2014;145:514-21.
169. Arvidsson P, Van Boekel MAJS, Skog K, Jägerstad M. Kinetics of formation of polar heterocyclic amines in a meat model system. *Journal of Food Science*. 1997;62:911-6.
170. Skog K, Jägerstad M. Effects of monosaccharides and disaccharides on the formation mutagens in model system. *Mut Res* 1990;230:263-72.
171. Skog K, Jägerstad M, Reuterswärd AL. Inhibitory effects of carbohydrates on the formation of mutagens in fried beef patties. *Food Chem Toxicol*. 1992;8:681-8.
172. Persson E, Sjöholm I, Nyman M, Skog K. Addition of various carbohydrates to beef burgers affects the formation of heterocyclic amines during frying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004;52(25):7561-6.

173. Borgen E, Solyakov A, Skog K. Effects of precursor composition and water on the formation of heterocyclic amines in meat model systems. *Food Chemistry*. 2001;74:11-9.
174. Johansson MAE, Fay LB, Gross GA, Olsson K, Jagerstad M. Influence of amino acids on the formation of mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in a model system. *Carcinogenesis*. 1995;16(10):2553-60.
175. Robbana-Barnat S, Rabache M, Rialland E, Fradin J. Heterocyclic amines: Occurrence and prevention in cooked food. *Environmental and Health Perspectives*. 1996;104:280-8.
176. Szterk A, Waszkiewicz-Robak B. Influence of selected quality factors of beef on the profile and the quantity of heterocyclic aromatic amines during processing at high temperature. *Meat Science*. 2014;96:1177-84.
177. Gibis M, Weiss J. Impact of precursors creatine, creatinine and glucose on the formation of heterocyclic aromatic amines in grilled patties of various animal species. *Journal of Food Science*. 2015;80:2430-9.
178. Shahidi F. Antioxidants in foods and food antioxidants. *Nahrung*. 2000;44:158-63.
179. Shahidi F, Zhong Y. Lipid oxidation: Measurement methods. Shahidi F, editor. Hoboken: NJ: John Wiley & Sons, Inc; 2005.
180. Shahidi F. Handbook of Antioxidants for Food Preservation: Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition; 2015. 255-89 p.
181. Nuñez de Gonzalez MT, Hafley BS, Boleman RM, Miller RK, Rhee KS, Keeton JT. Antioxidant properties of plum concentrates and powder in precooked roast beef to reduce lipid oxidation. *Meat Science*. 2008;80:997-1004.
182. Selani MM, Contreras-Castillo CR, Shirahigue LD, Gallo CR, Plata-Oviedo M, Montes-Villanueva ND. Wine industry residues extracts as natural antioxidants in raw and cooked chicken meat during frozen storage. *Meat Science* 2011;88:397-403.
183. Jayawardana BC, Hirano T, Han KH, Ishii H, Okada T, Shibayama S, et al. Utilization of adzuki bean extract as a natural antioxidant in cured and uncured cooked pork sausages. *Meat Science* 2011;89:150-3.
184. Biswas AK, Chatli MK, Sahoo J. Antioxidant potential of curry (*Murraya koenigii* L.) and mint (*Mentha spicata*) leaf extracts and their effect on colour and oxidative stability of raw ground pork meat during refrigeration storage. *Food Chemistry* 2012;133:467-72.
185. Kilic B, Richards MP. Lipid oxidation in poultry döner kebab: prooxidative and antioxidative factors. *Journal of Food Science*. 2003;68(2).

186. Zhang Z, Chang Q, Zhu M, Huang Y, Ho W, Chen Z. Characterization of antioxidants present in hawthorn fruits. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 2001;12(3):144-52.
187. Jo C, Ahn DU. Fluorometric Analysis of 2-Thiobarbituric Acid Reactive Substances in Turkey. *Poultry Science*. 1998;77:475-80.
188. Wang B, Pace RD, Dessai AP, Bovell-Benjamin A, Phillips B. Modified extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values in meat with increased specificity and simplicity. *Journal of Food Science*. 2002;67(8).
189. Trindade RA, Mancini-Filho J, Villavicencio ALCH. Natural antioxidants protecting irradiated beef burgers from lipid oxidation. *Food Science and Technology*. 2010;43(1):98-104.
190. Tamil Selvi A, Joseph GS, Jayaprakasha, GK. Inhibition of growth and aflatoxin production in *Aspergillus flavus* by *Garcinia indica* extract and its antioxidant activity. *Food Microbiology*. 2003;20:455-60.
191. Eun-Young J, I.-Ran Y, Gwang-woong G, Gap-Don K, Hyun-Woo S, Seon-Tea J, et al. Effects of radix puerariae extracts on physicochemical and sensory quality of precooked pork sausage during cold storage. *Food Science and Technology* 2012;46:556-62.
192. Khalil AH, Mansour EH. Control of lipid oxidation in cooked and uncooked refrigerated carp fillets by antioxidant and packaging combinations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1998;46(3):1158-62.
193. Garrido MD, Auqui M, Martí N, Linares MB. Effect of two different red grape pomade extracts obtained under different extraction systems on meat quality of pork burgers. *Food Science and Technology*. 2011;44:2238-43.
194. Nuñez de Gonzalez MT, Harley BS, Boleman RM, Miller RM, Rhee KS, Keeton JT. Qualitative effects of fresh and dried plum ingredients on vacuum-packaged, sliced hams. *Meat Science*. 2009;83(1):74-81.
195. Rhee KS, Ziprin YA, Calhoun, MC. Antioxidative effects of cottonseed meals as evaluated in cooked meat. *Meat Science*. 2001;58(2):117-23.
196. Shon MY, Kim TH, Sung NT. Antioxidants and free radical scavenging activity of *Phellinus baumii* (*Phellinus* of *Hymenachactaccae*) extracts. *Food Chemistry*. 2003;82:593-7.
197. Bastida S, Sánchez-Muniz FJ, Olivero R, Pérez-Olleros L, Ruiz-Roso B, Jiménez-Colmenero F. Antioxidant activity of carob fruit extracts in cooked pork meat systems during chilled and frozen storage. *Food Chemistry*. 2009;116:748-54.

198. Devatkal SK, Narsaiah K, Borah A. Anti-oxidant effect of extracts of kinnow rind, pomegranate rind and seed powders in cooked goat meat patties. *Meat Science* 2010;85:155-9.
199. Nieto G, Bañón S, Garrido MD. Effect of supplementing ewes' diet with thyme (*Thymus zygis* ssp. *gracilis*) leaves on the lipid oxidation of cooked lamb meat. *Food Chemistry* 2011;125:1147-52.
200. Devatkal SK, Narsaiah K, Borah A. Effects of chitosan, aqueous extract of ginger, onion and garlic on quality and shelf life of stewed-pork during refrigerated storage. *Meat Science* 2010;85:155-9.
201. Cao Y, Gu W, Zhang J, Chu Y, Ye X, Hu Y, et al. Effects of chitosan, aqueous extract of ginger, onion and garlic on quality and shelf life of stewed-pork during refrigerated storage. *Food Chemistry*. 2013;141:1655-60.
202. Fernández-López J, Sevilla L, Sayas-Barberá E, Navarro C, Marín F, Pérez-Alvarez JA. Evaluation of the antioxidant potential of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extracts in cooked pork meat. *Journal of Food Science*. 2003;68(2).
203. Nissen LR, Byrne DV, Bertelsen G, Skibsted LH. The antioxidative activity of plant extracts in cooked pork patties as evaluated by descriptive sensory profiling and chemical analysis. *Meat Science* 2004;68:485-95.
204. Hayes JE, Stepanyan V, Allen P, O'Grady MN, Kerry JP. Effect of lutein, sesamol, ellagic acid and olive leaf extract on the quality and shelf-life stability of packaged raw minced beef patties. *Meat Science*. 2010;84:613-20.
205. Skog K, Solyakov A.. Heterocyclic amines in poultry products: a literature review. *Food and Chemical Toxicology*. 2002;40(8):1213-21.
206. Jinap S, Mohd-Mokhtar MS, Farhadian A, Hasnol ND, Jaafar SN, Hajeb P. Effects of varying degrees of doneness on the formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and beef satay. *Meat Science*. 2013;94:202-20.
207. Taylor RT, Fultz E, Knize M. Mutagen formation in a model beef supernatant fraction: elucidation of the role of water in fried ground beef mutagenicity. *Environmental and Molecular Mutagenesis*. 1986;8:84-5.
208. Zhu Q, Zhang S, Wang M, Chen J, Zheng ZP. Inhibitory effects of selected dietary flavonoids on the formation of total heterocyclic amines and 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b] pyridine (PhIP) in roast beef patties and in chemical models. *Food Function*. 2016;7:1057.
209. Vitaglione P, Fogliano V. Use of antioxidants to minimize the human health risk associated to mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in food. *Journal of Chromatography B*. 2004;802:189-99.

210. Vitaglione P, Monti SM, Ambrosino P, Skog K, Fogliano V. Carotenoids from tomatoes inhibit heterocyclic amine formation. *European Food Research and Technology*. 2002 215:108-13.
211. Busquets R, Puignou L, Galceran MT, Skog K. Effect of red wine marinades on the formation of heterocyclic amines in fried chicken breast. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006;54:8376-84.
212. Melo A, Viegas O, Petisca C, Pinho O, Ferreira IM. Effect of beer/red wine marinades on the formation of heterocyclic aromatic amines in pan-fried beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008;56:10625-32.
213. Zeng M, He Z, Zheng Z, Qin F, Tao G, Zhang S, et al. Effect of six chinese spices on heterocyclic amine profiles in roast beef patties by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry and principal component analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2014;62:9908–15.
214. Mielnik MB, Olsen E, Vogt G, Adeline D, Skrede G. Grape seed extract as antioxidant in cooked, cold stored turkey meat. *Food Science and Technology* 2006;39:191-8.
215. Cheng KW, Chen F, Wang M. Inhibitory activities of dietary phenolic compounds on heterocyclic amine formation in both chemical model system and beef patties. *Mol Nutr Food Res*. 2007;51:969 - 76.
216. Zhang Y, Luo Z, Shao Z, Yu C, Wang S. Effects of antioxidants of bamboo leaves and flavonoids on 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine (PhIP) formation in chemical model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014;62:4798–802.
217. Monti SM, Ritieni A, Sacchi R, Skog K, Borgen E, Fogliano V. Characterization of phenolic compounds in virgin olive oil and their effect on the formation of carcinogenic/mutagenic heterocyclic amines in a model system. *J Agric Food Chem*. 2001;49:3969-75.
218. Oz F, Kaya M. The inhibitory effect of red pepper on heterocyclic aromatic amines in fried beef longissimus dorsi muscle. *Journal of Food Processing and Preservation* 2011b;35:806-12
219. Gibis M. 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*. 2007;55:10240-7.
220. Viegas O, Amaro LF, Ferreira IM, Pinho O. Inhibitory effect of antioxidant-rich marinades on the formation of heterocyclic aromatic amines in pan-fried beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012;60:6235–40.

221. Salmon CP, Knize MG, Felton JS. Effects of marinating on heterocyclic amine carcinogen formation in grilled chicken. *Food and Chemical Toxicology* 1997;35:433-41.
222. Gibis M, Weiss J. 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*. 2012;134:766-74.
223. Awey HA, Sindi H. The effect of rosemary on the mutagenic activity of heterocyclic amines extracted from common food consumed in Saudi Arabia. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2010;61(2):192-203.
224. Jinap S, Iqbal SZ, Selvam RMP. Effect of selected local spices marinades on the reduction of heterocyclic amines in grilled beef (satay). *Food Science and Technology* 2015;63:919-26.
225. Ozvural E, Vural H. The effects of grape seed extract on quality characteristics of frankfurters. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2012;36:291-7.
226. Han JY, Tan D, Liu GC. Hawthorn-A Health Food. *Applied Mechanics and Materials*. 2012;140:350-4.
227. Tadic VM, Dobric S, Markovic GM, Dordevic SM, Arsic IA, Menkovic NR, et al. Anti-inflammatory, gastroprotective, free-radical-scavenging, and antimicrobial activities of hawthorn berries ethanol extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008;56(17):7700-9.
228. Ma LY, Liu RH, Xu XD, Yu MQ, Zhang Q, Liu HL. The pharmacokinetics of C-glycosyl flavones of Hawthorn leaf flavonoids in rat after single dose oral administration. *Phytomedicine*. 2010;17:640-5.
229. Froehlicher T, Hennebelle T, Martin-Nizard F, Cleenewerck P, Hilbert JL, Rotin F, et al. Phenolic profiles and antioxidative effects of hawthorn cell suspensions, fresh fruits, and medicinal dried parts. *Food Chemistry* 2009;115:897-903.
230. Chang Q, Zuo Z, Chow MSS, Ho WKK. Effect of storage temperature on phenolics stability in hawthorn (*Crataegus pinnatifida* var. *major*) fruits and a hawthorn drink. *Food Chemistry* 2006;98:426-30.
231. Ozcan M, HacIseferogullari H, Marakoglu T, Arslan D. Hawthorn (*Crataegus* spp.) fruit: some physical and chemical properties. *Journal of Food Engineering*. 2005;69:409-13.
232. Pengzhan Liu , Baoru Yang, Heikki Kallio. Characterization of phenolic compounds in Chinese Hawthorn (*Crataegus pinnatifida* Bge. var. *major*) fruit by high performance liquid chromatography–electrospray ionization mass spectrometry. *Food Chemistry*. 2010;121:1188-97.

233. Bianco V. Present situation and future potential of artichoke in the Mediterranean basin. *Acta Horticulturae*. 2005;681:39-55.
234. Lattanzio V, Kroon PA, Linsalata V, Cardinali A. Global artichoke: a functional food and source of nutraceutical ingredients. *Journal of Functional Foods*. 2009;1:131-44.
235. Fratianni F, Tucci M, De Palma M, Pepe R, Nazzaro F. Polyphenolic composition in different parts of some cultivars of globe artichoke (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori). *Food Chemistry*. 2007;104:1282-6.
236. Llorach REJ, Toma's-Barberan F, Ferreres F. Artichoke (*Cynara scolymus* L.) by-products as a potential source of health-promoting antioxidant phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002;50:3458-64.
237. Gaafar AA, Salama ZA. Phenolic compounds from artichoke (*cynara scolymus* l.) byproducts and their antimicrobial activities. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 2013;3(12).
238. Schütz K, Kammerer D, Carle R, Schieber A. Identification and quantification of caffeoylquinic acids and flavonoids from artichoke (*Cynara scolymus*L.) heads juice, and pomace by HPLC-DAD-ESI/MSn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004;52:4090-6.
239. Falleh H, Ksouri R, Chaieb K, Karray-Bouraoni N, Trabelsi N, Boulaaba M, et al. Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies*. 2008;331:372-9.
240. Lutz M, Henríquez C, Escobar M. Chemical composition and antioxidant properties of mature and baby artichokes (*Cynara cardunculus* L.) raw and cooked. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011;24:49-54.
241. Pandino G, Lombardo S, Mauromicale G, Williamson G. Phenolic acids and flavonoids in leaf and floral stem of cultivated and wild *Cynara cardunculus* L. genotypes. *Food Chemistry*. 2011;126:417-22.
242. Gouveia SC, Castilho PC. Phenolic composition and antioxidant capacity of cultivated artichoke, madeira cardoon and artichoke-based dietary supplements. *Food Research International*. 2012;48:712-24.
243. Pandino G, Courts FL, Lombardo S, Mauromicale G, Williamson G. Caffeoylquinic acids and flavonoids in the immature inflorescence of globe artichoke, wild cardoon and cultivated cardoon. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010;58:1026-31.
244. Rababah TM, Ereifej KI, Alhamad MN, Al-Qudah KM, Rousan LM, Al-Mahasneh, et al. Effects of green tea and grape seed and TBHQ on physicochemical properties of Baladi goat meats. *International Journal of Food Properties*. 2011;14:1208-16.

245. Banerjee R, Verma AK, Das AK, Rajkumar V, Shewalkar AA, Narkhede HP. Antioxidant effects of broccoli powder extract in goat meat nuggets. *Meat Science*. 2012;91:179-84.
246. Polak T, Dosler D, Zlender B, Gasperlin L. Heterocyclic amines in aged and thermally treated pork longissimus dorsi muscle of normal and PSE quality. *Food Science and Technol*. 2009;42:504-13.
247. Serpen A, Gökmen V. Evaluation of the Maillard reaction in potato crisps by acrylamide, antioxidant capacity and color. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2009;22:589-95.
248. Kerth CR, Rowe CW. Improved sensitivity for determining thiobarbituric acid reactive substances in ground beef. *Meat Science* 2016;117:85-8.
249. Gross GA, Gruter A. Quantitation of mutagenic/carcinogenic heterocyclic aromatic amines in food products. *Journal of Chromatography A*. 1992;592:271-8.
250. Messner C, Murkovic M. Evaluation of a new model system for studying the formation of heterocyclic amines. *Journal of Chromatography B*. 2004;802:19-26.
251. Kizil M, Oz F, Dikmen D, Uyar MF, Besler HT. Determination of heterocyclic aromatic amine content in Turkish meatball dishes. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2013;12(6):705-11.
252. Oz F, Kizil M, Zaman M, Turhan S. The effects of direct addition of low and medium molecular weight chitosan on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chop. *Food Science and Technology* 2016;65:861-7.
253. Sayas-Barberá E, Quesada J, Sánchez-Zapata E, Viuda-Martos M, Fernández-López F, Pérez-Alvarez JA, et al. Effect of the molecular weight and concentration of chitosan in pork model burgers. *Meat Science*. 2011;88:740-9.
254. Oz F, Zikirov E. The effects of sous-vide cooking method on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chops. *LWT - Food Science and Technology* 2015;64:120-5.
255. Roldan M, Loebner J, Degen J, Henle T, Antequera T, Ruiz-Carrascal J. Advanced glycation end products, physico-chemical and sensory characteristics of cooked lamb loins affected by cooking method and addition of flavour precursors. *Food Chemistry*. 2015 168:487-95.
256. Essary EO. Moisture, fat, protein and mineral content of mechanically deboned poultry meat. *Journal of Food Science*. 1999;44:1070-3.
257. Gerber N, Scheeder MR, Wenk C. The influence of cooking and fat trimming on the actual nutrient intake from meat. *Meat Science*. 2009;81(1):148-54.

258. Jones M, Hoffman LC, Muller M. Effect of rooibos extract (*Aspalathus linearis*) on lipid oxidation over time and the sensory analysis of blesbok (*Damaliscus pygargus phillipsi*) and springbok (*Antidorcas marsupialis*) droëwors. *Meat Science*. 2015;103:54-60.
259. Oz F, Celik T. Proximate composition, color and nutritional profile of raw and cooked goose meat with different methods. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2015;39:2442-54.
260. Hayes JE, Stepanyan V, Allen P, O'Grady MN, Kerry JP. Evaluation of the effects of selected plant-derived nutraceuticals on the quality and shelf-life stability of raw and cooked pork sausages. *Food Science and Technology*. 2011;44:164-72.
261. Modi VK, Yashoda KP, Naveen SK. Effect of carrageenan and oat flour on quality characteristics of meat kofta. *International Journal of Food Properties*. 2009;12:228-42.
262. Smith JS, Ameri F, Gadgil P. Effect of marinades on the formation of heterocyclic amines in grilled beef steaks. *Journal of Food Science*. 2008;73:100-5.
263. Rodriguez-Estrada MT, Penazzi G, Caboni MF, Bertacco G, Lercker G. Effect of different cooking methods on some lipid and protein components of hamburgers. *Meat Science*. 1997;45:365-75.
264. Sánchez Del Pulgar J, Gázquez A, Ruiz-Carrascal J. Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *Meat Science*. 2012;90:828-35.
265. Polak T, Dosler D, Zlender B, Gasperlin L. Effects of ageing and low internal temperature of grilling on the formation of heterocyclic amines in beef *Longissimus dorsi* muscle. *Food Science and Technology* 2009;42:256-64.
266. Rao VK, Kowale BN, Babu NP, Bisht GS. Effect of cooking and storage on lipid oxidation and development of cholesterol oxidation products in water buffalo meat. *Meat Science*. 1996;43:179-85.
267. Hernández P, Navarro JL, Toldrá F. Lipids of pork meat as affected by various cooking techniques. *Food Science Technology*. 1999;5:501-8.
268. Roldán M, Antequera T, Armenteros M, Ruiz J. Effect of different temperature-time combinations on lipid and protein oxidation of sous-vide cooked lamb loins. *Food Chemistry*. 2014;149:129-36.
269. Meinert L, Andersen LT, Bredie WLP, Bjergegaard C, Aaslyng MD. Chemical and sensory characterisation of pan-fried pork flavour: Interactions between raw meat quality, ageing and frying temperature. *Meat Science*. 2007;75:229-42.

270. Jongberg S, Skov SH, Tørngren MA, Skibsted LH, Lund MN. Effect of white grape extract and modified atmosphere packaging on lipid and protein oxidation in chill stored beef patties. *Food Chemistry*. 2011;128:276-83.
271. Skog K, Augustsson K, Steineck G, Stenberg M, Jägerstad M. Polar and non-polar heterocyclic amines in cooked fish and meat products and their corresponding pan residue. *Food and Chemical Toxicology*. 1997b;35:555-65.
272. Fay LB, Ali S, Gross GA. Determination of heterocyclic aromatic amines in food products: automation of the sample preparation method prior to HPLC and HPLC-MS Quantification. *Mutation Research*. 1997;376:29-35.
273. Pais P, Salmon CP, Knize MG., Felton JS. Formation of mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in dry-heated model systems, meats and meat drippings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1999;47:1098-108.
274. Oz F, Cakmak IS. The effects of conjugated linoleic acid usage in meatball production on the formation of heterocyclic aromatic amines. *Food Science and Technology*. 2016;65:1031-7.
275. Dong A, Lee J, Shin HS. Influence of natural food ingredients on the formation of heterocyclic amines in fried beef patties and chicken breasts. *Food Science and Biotechnology*. 2011;20(2):359-65.
276. Jautz U, Gibis M, Morlock GE. Quantification of heterocyclic aromatic amines in fried meat by HPTLC/UV-FLD and HPLC/UV-FLD: A comparison of two methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008;569:4311-9.
277. Knize MG, Salmon CP, Hopmans EC, Felton JS. Analysis of foods for heterocyclic aromatic amine carcinogens by solid-phase extraction and high- performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*. 1997a;763:179-85.
278. Oz F, Kaya M. The inhibitory effect of black pepper on formation of heterocyclic aromatic amines in high-fat meatball. *Food Control* 2011a;22:596-600.
279. Sabally K, Sleno L, Jauffrit JA, Iskandar MM, Kubow S. Inhibitory effects of apple peel polyphenol extract on the formation of heterocyclic amines in pan fried beef patties. *Meat Science*. 2016;117:57-62.
280. Puangsombat K, Jirapakkul W, Smith JS. Inhibitory activity of Asian spices on heterocyclic amines formation in cooked beef patties. *Journal of Food Science*. 2011;76(8):174-80.
281. Zeng M, Li Y, He Z, Qin F, Chen J. Effect of phenolic compounds from spices consumed in China on heterocyclic amine profiles in roast beef patties by UPLC–MS/MS and multivariate analysis. *Meat Science*. 2016;116:50-7.

282. Lee J, Dong A, Jung K, Shin HS. Influence of extra virgin olive oil on the formation of heterocyclic amines in roasted beef steak. *Food Science and Biotechnology*. 2011;20(1):159-65.
283. Turesky RJ, Bur H, Huynh-Ba T, Aeschbacher HU, Milon H. Analysis of mutagenic heterocyclic amines in cooked beef products by high- performance liquid chromatography in combination with mass spectrometry. *Food and Chemical Toxicology*. 1988;26:501-9.
284. Busquets R, Bordas M, Toribio F, Puigno L, Galceran MT. Occurrence of heterocyclic amines in several home-cooked meat dishes of the Spanish diet. *Journal of Chromatography B* 2004;802:79-86.
285. Jamali MA, Zhang Y, Teng H, Li S, Wang F, Peng Z. Inhibitory effect of Rosa Rugosa tea extract on the formation of heterocyclic amines in meat patties at different temperatures. *Molecules*. 2016;21:173.
286. Murray S, Gooderham NJ, Boobis AR, Davies DS. Measurement of MeIQx and DiMeIQx in fried beef by capillary column gas chromatography electron capture negative ion chemical ionization mass spectrometry. *Journal of Carcinogenesis*. 1988;9:321-5.
287. Gross GA. Simple methods for quantifying mutagenic heterocyclic aromatic amines in food products. *Journal of Carcinogenesis*. 1990;11:1597-603.
288. Knize MG, Sinha R, Rothman N, Brown ED, Salmon CP, Levander OA, et al. Heterocyclic amine content in fast-food meat products. *Food and Chemical Toxicology*. 1995;33:545-51.
289. Quelhas I, Petisca C, Viegas O, Melo A, Pinho O, Ferreira IMPLVO. Effect of green tea marinades on the formation of heterocyclic aromatic amines and sensory quality of pan-fried beef. *Food Chemistry*. 2010;122 98-104.
290. Tsen SY, Ameri F, Smith JS. Effects of rosemary extracts on the reduction of heterocyclic amines in beef patties. *Journal of Food Science*. 2006;71(8).
291. Natale D, Gibis M, Rodriguez-Estrada MT, Weiss J. Inhibitory effect of liposomal solutions of grape seed extract on the formation of heterocyclic aromatic amines. *J Agric Food Chem* 2014;62:279–87.
292. Damašius J, Venskutonis PR, Ferracane R, Fogliano V. Assessment of the influence of some spice extracts on the formation of heterocyclic amines in meat. *Food Chemistry*. 2011;126:149-56.
293. Felton JS, Knize MG, Shen NH, Andresen BD, Bjeldanes LF, Hatch FT. Identification of the mutagens in cooked beef. *Environmental Health Perspectives*. 1986;67:17-24.

294. Gross GA, Turesky RJ, Fay LB, Stillwell WG, Skipper PL, Tannenbaum SR. Heterocyclic aromatic amine formation in grilled bacon, beef and fish and in grill scrapings. *Journal of Carcinogenesis*. 1993;14(11):2313-8.
295. Wakabayashi K, Ushiyama H, Takahashi M, Nukaya H, Kim SB, Hirose M, et al. Exposure to heterocyclic amines. *Environmental Health Perspectives*. 1993;99:129-34.
296. Shin HS, Ustunol Z. Influence of honey containing marinades on heterocyclic aromatic amine formation and overall mutagenicity in fried beef steak and chicken breast. *Journal of Food Science*. 2004;69(3).
297. Turesky RJ, Taylor J, Schnackenberg L, Freeman JP, Holland RD. Quantitation of carcinogenic heterocyclic aromatic amines and detection of novel heterocyclic aromatic amines in cooked meats and grill scrapings by HPLC/ESI-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005;53:3248-58.
298. Warzecha L, Janoszka B, Błaszczyc U, Stróżyk M, Bodzek D, Dobosz, C. Determination of heterocyclic aromatic amines (HAs) content in samples of household-prepared meat dishes. *Journal of Chromatography B*. 2004;802:95-106.
299. Viegas O, Novo P, Pinto E, Pinho O, Ferreira IMPLVO. Effect of charcoal types and grilling conditions on formation of heterocyclic aromatic amines (HAs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in grilled muscle foods. *Food and Chemical Toxicology*. 2012;50:2128-34.
300. Zöchling S, Murkovic M. Formation of the heterocyclic aromatic amine PhIP: Identification of precursors and intermediates. *Food Chemistry*. 2002;79:125-34.
301. Toribio F, Busquets R, Puignou L, Galceran MT. Heterocyclic amines in griddled beef steak analysed using a single extract clean-up procedure. *Food and Chemical Toxicology*. 2007;45:667-75.
302. Louis ED, Zheng W, Jiang W, Bogen KT, Keating GA. Quantification of the neurotoxic b-carboline harman in barbecued/grilled meat samples and correlation with level of doneness. *Journal of Toxicology and Environmental Health*. 2007;70:1014-9.
303. Nerurkar PV, Le Marchand L, Cooney RV. Effects of marinating with Asian marinades or western barbecue sauce on PhIP and MeIQx formation in barbecued beef. *Nutrition and Cancer*. 1999;34(2):147-52.

9. EKLER

EK 1. Analizler

Kreatin Analizi

1. 0.25 g (± 0.0001 g) homojenize örnek, 100 mL trikloroasetik asit (Merck 100807) (30 g/L distile su) ile 9500 rpm'de 5 dakika süre ile homojenize edilmiştir (Ultra-Turrax T 25).
2. Çökelmiş proteinin ayrılması için filtre kağıdı (Sartorius 391 FT-3-104-150) ile filtre edilmiştir.
3. Yağın arındırılması için toplam ekstaktın 20 mL'si 10 mL dietileter (Merck 100921) ile karıştırılarak 10 dk bekletilmiştir.
4. Fazlar ayrıldıktan sonra, 4 mL yağı alınmış ekstrakt (altta kalan kısım), 2 mL diasetil (0.2 g/L distile su) (Merck 803528) ve 2 mL 1-naftol (25 g 1-naftol 20 g/L sodyum hidroksit çözeltisi) (Merck 822289) ile karıştırılmıştır.
5. Karışım 40°C'de 5 dakika boyunca ısıtılmış ve kreatin içeriği 520 nm'de spektrofotometrik olarak belirlenmiştir.

Kreatinin Analizi

1. 1 g homojenize örnek (± 0.0001 g), 20 mL trikloroasetik asit (30 g/L distile su) ile 9500 rpm'de 5 dk süre ile homojenize edilmiş ve çökelmiş proteinin ayrılması için filtre kağıdı ile filtre edilmiştir.
2. 8 mL ekstrakt, 4 mL dietil eter ile yağdan arındırılmıştır.
3. Fazların ayrılmasından sonra (10 dakika), 4 mL yağı alınmış ekstrakt, 2.5 mL pikrik asit (2 g pikrik asit 20 g/L sodyum hidroksit çözeltisi) (Sigma 197378) ile karıştırılmıştır.
4. Karışım, 40°C'de 10 dakika boyunca ısıtılmış ve kreatinin içeriği 500 nm'de spektrofotometrik olarak belirlenmiştir.

İndirgen Şeker (glukoz ve fruktoz) Analizi

1. 1 g homojenize liyofilize edilmiş örnek, 0.5 mL Carrez 1 ve 0.5 mL Carrez 2 ve 4 mL sıcak distile su ile ekstre edilmiştir.
2. Karışım çalkalanmış ve 8000 g'de 4 dk satrifüj edilmiştir.

3. Supernatant bir başka santrifüj tüpünün içerisine boşaltılmıştır.
4. Pelet içerisine 2.4 mL sıcak distile su eklenmiştir.
5. Karışım çalkalanmış ve sonra aynı koşullar altında tekrar santrifüj edilmiştir.
6. Önceki supernatantın üzerine yeni supernatant eklenmiştir.
7. 4. ve 5. basamak tekrar edilmiştir.
8. Önceki iki supernatant, yeni supernatant ile birleştirilmiştir.
9. Birleştirilmiş supernatantlar 9200 g'de 3 dk santrifüj edilmiştir.
10. Ekstrakt, Oasis C18 (Waters Corporation, Massachusetts, USA) klasik kartuş kullanılarak aşırı yağ ve proteinden arındırılmıştır.
11. Ekstraktın İlk 2 mL'si atılmış ve geri kalan kısım vial içerisine toplanıp HPLC cihazına verilmiştir.

TBARS Analizi

1. Mikroplakadaki kuyucuklara tüm örneklerden 125 µL eklenmiştir.
2. Her bir örneğin üzerine 125 µL TBA çözeltisi eklenmiştir.
3. Çalkalayıcılı (hızı 100) mikroplaka inkübatöründe 40°C'de 130 dk bekletilmiştir.
4. İnkübasyon sonrası TBARS değerleri 540 nm'de belirlenmiştir

10. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Mercan Merve TENGİLİMOĞLU METİN

Doğum Yeri ve Tarihi: Ankara/21.11.1986

E-Posta Adresi: tengilimoglu@hacettepe.edu.tr

Öğrenim Durumu:

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Beslenme ve Diyetetik (3.82/4.00)	Hacettepe Üniversitesi	2010
Y. Lisans	Beslenme ve Diyetetik/Toplu Beslenme Sistemleri	Hacettepe Üniversitesi	2013
Doktora	Beslenme ve Diyetetik/Beslenme ve Diyetetik	Hacettepe Üniversitesi	2017

Yüksek Lisans Tez Başlığı ve Tez Danışmanı:

Toplu Beslenme Sistemlerinde Kullanılan Dezenfektanların Çiğ Olarak Servis Edilen Bazı Sebzelerin Toplam Antioksidan Kapasitesi Üzerine Etkisi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gülgün ERSOY

Doktora Tez Başlığı ve Tez Danışmanı

Alıç ve Enginar Ekstraktının Heterosiklik Aromatik Aminlerin Oluşumu Üzerine Etkisi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mevlüde KIZIL

Görevler:

Görev Unvanı	11. Görev Yeri	Yıl
Araş. Gör.	Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü/ Hacettepe Üniversitesi	2010-Devam ediyor

PROJELER

1. TUBİTAK 1002 Hızlı Destek Projesi-Alıç ve Enginar Ekstraktının Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Etkisi-214S646 (01.04.15-12.16) (Araştırmacı)
2. BAB Hızlı Destek Projesi-Yoğurтта ve İnvitro Modelde Probiyotik Bakteriler ve İnülinin Aflatoksin M1 Seviyesini Azaltıcı Etkisinin İncelenmesi-7608 (04.08.2015-14.10.16) (Yardımcı Araştırmacı)
3. TUBİTAK BİDEB 2211-A Genel Yurt İçi Doktora Eğitim Burs Programı-Burslu (2013 yılı 2.Dönem Bursiyeri)-1649B031304207

ESERLER

A. Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. Kizil M, **Tengilimoğlu-Metin M.M**, Gumus D, Sevim S, Turkoglu I, Mandiroglu F. “Dietary inflammatory index is associated with serum C-reactive protein and protein energy wasting in hemodialysis patients:A cross-sectional study” Nutrition Research and Practice 2016;10(4):404-410
2. Uyar MF, Dikmen D, Kızıl M, **Tengilimoğlu M**, Bilici S, Tavaslı A, Sağlam F, “Patients satisfaction level before and after HACCP/ISO 22000 implementations to food and food service in university hospital, Ankara, Turkey” HealthMED 2012;6(2):p348-351.
3. Uyar MF, Dikmen D, Kızıl M, **Tengilimoğlu M.M**, Uyar B, Bilici S, Ayaz A, Beyhan Y, “E.coli assessment of “Kasar Cheese” via compact dry method at primary school canteens” Journal of Pure and Applied Microbiology 2011;5(2):p629-632

B. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceedings) basılan bildiriler:

1. **Tengilimoğlu Metin M.M**, Metin ZE, Kizil M, Uyar MF, Ersoy G. “Effect of natural disinfectants on the total antioxidant capacity of the some raw served vegetables used in food service systems (O-046)” Rev Esp Nutr Hum Diet. 2016;20(Suppl.1):366-370. 17th International Congress of Dietetics, 7-10 September, Granada, Spain (Sözel bildiri)

2. Metin ZE, **Tengilimoğlu-Metin M.M**, Dikmen D. “Determination of hydroxymethylfurfural levels of pomegranate sour, pomegranate sour sauce and grape molasses sold in supermarkets in Ankara, Turkey (P-514).” Rev Esp Nutr Hum Diet. 2016;20(Suppl.1):562. 17th International Congress of Dietetics, 7-10 September, Granada, Spain (Poster bildiri)
3. İnan E, **Metin-Tengilimoğlu M.M**, Gümüş D, Dikmen D, Kızıl M, Uyar MF, “Toplu beslenme hizmetlerinde çalışan personele verilen hijyen eğitiminin etkinliğinin değerlendirilmesi” IX. Uluslararası Beslenme ve Diyetetik Kongresi, Ankara, 2-5 Nisan 2014, s174. (Sözel Sunum).
4. **Metin-Tengilimoğlu M.M**, Uyar MF, Kızıl M, Dikmen D, “Beden eğitimi spor yüksekokulu öğrencilerinde besin tüketim durumunun değerlendirilmesi” IX. Uluslararası Beslenme ve Diyetetik Kongresi, Ankara, 2-5 Nisan 2014, s307. (Poster Sunum).
5. Gümüş D, **Metin-Tengilimoğlu M.M**, İnan E, Kızıl M, Dikmen D, Uyar MF, “Gelir düzeyin ilköğretim öğrencilerinin besin tercihlerine etkisinin değerlendirilmesi” IX. Uluslararası Beslenme ve Diyetetik Kongresi, Ankara, 2-5 Nisan 2014, s334-335. (Poster Sunum).
6. **Metin-Tengilimoğlu M.M**, İnan E, Gümüş D, Kızıl M, Dikmen D, Uyar MF, “12-15 yaş grubu öğrencilerde beslenme alışkanlıkları ve beslenme inanışları ile antropometrik ölçümleri arasındaki İlişki” IX. Uluslararası Beslenme ve Diyetetik Kongresi, Ankara, 2-5 Nisan 2014, s340. (Poster Sunum).
7. İnan E, **Metin-Tengilimoğlu M.M**, Gümüş D, Kızıl M, Dikmen D, Uyar MF. “İlköğretim öğrencilerinin beslenme durumlarının türkiye’ye özgü beslenme rehberi’ne göre değerlendirilmesi” IX. Uluslararası Beslenme ve Diyetetik Kongresi, Ankara, 2-5 Nisan 2014, s343-344. (Poster Sunum).
8. Gümüş D, Ekinci Z, Erdem NB, Dumankaya FB, Arslan D, Aydoğan M, İnan E, **Metin-Tengilimoğlu M**, Kızıl M, Uyar MF, Dikmen D. “Beslenme eğitimi alma durumuna göre 19-25 yaş arası üniversite öğrencilerinin atıştırmalık besin tüketim durumunun saptanması” IX. Uluslararası Beslenme ve Diyetetik Kongresi, Ankara, 2-5 Nisan 2014, s316-317. (Poster Sunum).

9. **Tengilimoğlu Metin M.M**, “Toplu beslenme sistemlerinde özel gruplarda menü planlama kursu, işçilere yönelik menü planlama ilkeleri” IX. Uluslararası Beslenme ve Diyetetik Kongresi, Ankara, 2 Nisan 2014. (Konuşmacı).
10. Uyar MF, Kızıl M, Dikmen D, **Tengilimoğlu M.M**, “Otomotiv yedek parça üretimi yapan özel bir fabrikada çalışan işçilerin beslenme durumlarının saptanması” VIII. Uluslararası Beslenme ve Diyetetik Kongresi, Antalya, 4-8 Nisan 2012, s291-292. (Sözel Sunum).

C. Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. **Tengilimoğlu Metin M.M**, Kızıl M. “Deterjanlar ve dezenfektanlar: Etki mekanizmaları, kullanım alanları ve sağlık etkileri” Türkiye Klinikleri Beslenme ve Diyetetik Özel Dergisi 2016;2(3):s47-51 (Derleme).
2. Uyar MF, Dikmen D, Kızıl M, **Tengilimoğlu M.M**, Aydın M, Hamurcu E, Beyhan Y. “Bir üniversite hastanesinin ortopedi servisinde yatan hastaların toplu beslenme hizmetlerinden memnuniyet durumlarının belirlenmesi” Beslenme ve Diyet Dergisi, 2011;39(1-2):59-65 (Araştırma).
3. **Tengilimoğlu M.M**, Büyüktuncer Z. “Çay ve sağlıkla ilişkisi” Beslenme ve Diyet Dergisi, 2011;39(1-2):59-65 (Derleme).
4. Uyar MF, **Tengilimoğlu M**. “Besin zehirlenmelerinde *Staphylococcus aureus*” Beslenme ve Diyet Dergisi, 2012;40(1):96-103 (Derleme).
5. Uyar MF, Bilici S, Beyhan Y, Sağlam F, Kızıl M, Dikmen D, **Tengilimoğlu M**. “İlköğretim kantinlerinde satılan sucuklarda E.coli varlığının compact dry yöntemi ile araştırılması” Beslenme ve Diyet Dergisi, 2009;37(1-2):11-15 (Araştırma).

D. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan bildiri kitabında basılan bildiriler:

1. Wassouf N, **Tengilimoğlu Metin MM**, Gümüş D, Dikmen D, Uyar MF, Kızıl M. “Açıkta Satılan baharatların gerçek zamanlı polimeraz zincir reaksiyonu ile mikrobiyolojik yönden incelenmesi” I. Ulusal Sağlık Bilimleri Kongresi, Ankara, 20-21 Kasım 2014. (Poster Sunum).
2. İnan E, **Tengilimoğlu Metin MM**, Gümüş D, Karabulut OF, Demir A, Madalı B, Sevim S, Kızıl M, Uyar MF, Dikmen D. “Beslenme eğitiminin atıştırmalık besin tüketim alışkanlıklarında etkisinin değerlendirilmesi” Hacettepe

Beslenme ve Diyetetik Günleri V. Mezuniyet Sonrası Eğitim Kursu, Ankara, 25-27 Haziran 2015.

3. **Tengilimoğlu Metin M.M.** “Satın alma sürecine yönelik pratik uygulamalar: sorunlar ve çözüm önerileri-üniversite hastane yaklaşımı” Hacettepe Beslenme ve Diyetetik Günleri V. Mezuniyet Sonrası Eğitim Kursu, Ankara, 25-27 Haziran 2015. (Konuşmacı).

KURSLAR/SERTİFİKALAR

1. Bilgisayar İşletmenlik Kurs Sertifikası; Windows XP, Microsoft Excel, Winword, PowerPoint, Access, Internet Explorer, 2008; Belge No: 67300
2. ISO 22000:2005 Gıda Güvenliği Temel, Dökümantasyon, İç Tetkik Sertifikası, 25-27 Mart 2011; Sertifika No: B-1543
3. MEB Onaylı İnsan Kaynakları Yönetimi Uzmanlık Sertifikası, Sun Akademi, 2013
4. Eğitimcilerin Eğitimi Programı Katılım Belgesi, H.Ü. Yaşam Boyu Öğrenme Merkezi, 14-15 Mart 2015, Belge No:2015-179
5. Deney Hayvanı Kullanım Sertifikası, Hacettepe Üniversitesi Hayvan Deneyleri Etik Kurulu, Kurs Kategorisi: B, Belge No: 2016/393 (23.08.16).

SEMPOZYUM/KONGRE

1. VII. Uluslararası Beslenme ve Diyet Kongresi, İstanbul, 14-18 Nisan 2010 (Katılımcı)
2. Hacettepe Beslenme ve Diyetetik Günleri III. Mezuniyet Sonrası Eğitim Kursu, Ankara, 22-25 Haziran 2011 (Katılımcı)
3. Hacettepe Beslenme ve Diyetetik Günleri III. Mezuniyet Sonrası Eğitim Kursu, Beslenme Durumunun Saptanması Kursu, Ankara, 25 Haziran 2011 (Katılımcı)
4. Hacettepe Beslenme ve Diyetetik Günleri III. Mezuniyet Sonrası Eğitim Kursu, Besin Güvenliği Kursu, Ankara, 25 Haziran 2011 (Katılımcı)
5. VIII. Uluslararası Beslenme ve Diyet Kongresi, Antalya, 4-8 Nisan 2012 (Katılımcı)
6. 3.Gıda Güvenliği Kongresi, İstanbul, 3-4 Mayıs 2012 (Katılımcı)

7. 16th International Congress of Dietetics, Sydney, Australia, 5-8 September 2012 (Katılımcı)
8. Hacettepe Beslenme ve Diyetetik Günleri IV. Mezuniyet Sonrası Eğitim Kursu, Ankara, 27-28 Haziran 2013 (Katılımcı)
9. Hacettepe Beslenme ve Diyetetik Günleri IV. Mezuniyet Sonrası Eğitim Kursu, Diyabet Diyetisyenliği Kursu, Ankara, 29 Haziran 2013 (Katılımcı)
10. Yapmak, İçinde Olmak, Başarmak-II. Aile Eğitim Semineri, “Otizmde Beslenme” 18-19 Nisan 2014 (Konuşmacı)
11. IX. Uluslararası Beslenme ve Diyet Kongresi, Ankara, 2-5 Nisan 2014 (Katılımcı)
12. IX. Uluslararası Beslenme ve Diyet Kongresi, Toplu Beslenme Sistemlerinde Özel Gruplarda Menü Planlama Kursu, Ankara, 2 Nisan 2014 (Konuşmacı)
13. Sağlık Bilimlerinde Beslenme ve Gıda Zirvesi, Ankara, 15-17 Ekim 2014 (Katılımcı)
14. Ulusal Sağlık Bilimleri Kongresi, Ankara, 20-21 Kasım 2014 (Katılımcı)
15. Hacettepe Sağlık Zirvesi Öğrenci Kongresi, 10-11 Nisan 2015 (Katılımcı)
16. Hacettepe Beslenme ve Diyetetik Günleri V. Mezuniyet Sonrası Eğitim Kursu, Ankara, 25-27 Haziran 2015 (Katılımcı)
17. Hacettepe Beslenme ve Diyetetik Günleri V. Mezuniyet Sonrası Eğitim Kursu, “Toplu Beslenme Sistemlerinde Satın Alma Yönetimi: Teknik ve İdari Şartnameler Mercek Altında Kursu” Ankara, 27 Haziran 2015 (Konuşmacı)
18. 17th International Congress of Dietetics, 7-10 September, Granada, Spain.