

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**DÖNERLERDE HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU ÜZERİNE
FARKLI PIŞIRME YÖNTEMLERİNİN ETKİSİ**

Nesrin ÖZSARAÇ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA

2015

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Nesrin ÖZSARAÇ tarafından hazırlanan “Dönerlerde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Farklı Pişirme Yöntemlerinin Etkisi” adlı tez çalışması .../.../2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Nuray KOLSARICI
Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Jüri Üyeleri:

Başkan: Prof. Dr. Nuray KOLSARICI
Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı




Üye: Prof. Dr. Halil VURAL
Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye: Prof. Dr. Ayla SOYER
Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye: Prof. Dr. Aydın ÖZTAN
Aksaray Üniversitesi Aksaray Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu



Üye: Prof. Dr. Ferruh ERDOĞDU
Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. İbrahim DEMİR
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

16.11/2015

Nesrin ÖZSARAÇ



ÖZET

Doktora Tezi

DÖNERLERDE HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU ÜZERİNE FARKLI PIŞIRME YÖNTEMLERİNİN ETKİSİ

Nesrin ÖZSARAÇ
Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nuray KOLSARICI

Araştırmada, fast-food tüketim alışkanlıkları arasında önemli bir yeri olan et ve tavuk dönerlerde (yaprak ve karışım) sağlık riski oluşturan HAA'lar üzerine farklı pişirme sürelerinin (az, orta, çok pişmiş) ve pişirme yöntemlerinin (gazlı ve elektrikli) etkileri incelenmiştir. Çalışmada tavuk ve et dönerlerde 4,8-DiMeIQx, PhIP, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, IQ, IQx, MeIQx, AαC ve MeAαC bileşikleri aranmıştır. Ayrıca, HAA oluşumunda öncü bileşik olarak rol alan kreatin/kreatinin, toplam serbest amino asit (SAA) ve indirgen şeker analizleri de yapılmıştır.

Toplam HAA içeriği tavuk dönerlerde 0,407 ng/g ile 4,962 ng/g arasında; et dönerlerde, 0,089 ng/g ile 4,456 ng/g arasında değişim göstermiştir. Miktar olarak en fazla oluşan bileşik hem et hem de tavuk dönerlerde 4,8-DiMeIQx bileşiği olmuştur. Bu bileşik et dönerlerde toplam HAA'nın % 9,13-71,92 sini oluşturmakla birlikte tavuk dönerlerde %11,30-72,69' unu oluşturmuştur. Pişirme yöntemleri açısından incelendiğinde; gazlı ocakta pişmiş tavuk dönerlerde (2,611 ng/g) et dönerlerden (0,788 ng/g) 3.3 kat daha fazla HAA oluşumu tespit edilmişken döner tipine göre değerlendirildiğinde tavuk dönerlerde et dönerlerden 2 kat daha fazla HAA oluşumu gözlenmiştir. Pişirme süresini etkisine bakıldığında ise hem et hem de tavuk dönerlerde HAA miktarının pişirme süresine bağlı olarak arttığı görülmüştür. Pişirmeye bağlı olarak et dönerlerin HAA miktarında yaklaşık 16 kat artış görülmüş iken tavuk dönerlerde bu artış yaklaşık 4.6 kat olarak belirlenmiştir.

Öncü bileşikler açısından bakıldığında, pişirme süresine bağlı olarak kreatin miktarında azalma gözlenirken, kreatinin miktarında ise artış belirlenmiştir ($p<0,05$). Ayrıca, toplam SAA ve glukoz içeriğinde de ısının etkisiyle parçalanma ya da HAA oluşum reaksiyonlarına katılma sonucu azalış tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Ekim 2015, 181 sayfa

Anahtar Kelimeler: Heterosiklik aromatik amin, kanser, fast-food, tavuk döner, et döner, pişirme yöntemleri, pişirme süresi, döner tipi

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

EFFECTS OF DIFFERENT COOKING METHODS ON THE FORMATION OF HETEROCYCLIC AMINES IN DONER

Nesrin ÖZSARAÇ

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

Supervisor: Prof. Dr. Nuray KOLSARICI

Heterocyclic aromatic amines, potent mutagens and/or carcinogens, form during cooking of meat and meat products at high temperatures. The study was carried out to determine the effects of varying degrees of doneness (rare, medium, well done), different cooking methods (gas and electric oven) and different döner types (yaprak and karışım) on Heterocyclic Aromatic Amines (HAAs) formation in meat and chicken döner which has an important place in fast-food sector. Within this scope, nine common HAAs (IQ, IQx, MeIQ, MeIQx, PhIP, 4,8-DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx, AαC and MeAαC) were investigated in meat and chicken döner produced according to the Turkish Food Codex Regulations. In addition, creatine, creatinine, total free amino acids, and glucose were analysed as HAAs precursors. Also, chemical composition analysis, TBARS value, L^* , a^* , b^* color measurement and sensory analysis were done.

Total HAA content varied between 0,089 ng/g and 2,335 ng/g for meat yaprak döner and 0,135 ng/g and 4,456 ng/g for meat karışım döner. In addition, Total HAA content of chicken döner was in the range of 0,407 ng/g and 3,825 ng/g for yaprak döner and 0,720 ng/g and 4,962 ng/g for karışım döner. The most abundant compound detected in meat and chicken döners was 4,8-DiMeIQx. This compound constituted in the range of 9.13% and 71.92% of the total HAA in meat döner, while it constituted in the range of 11,30% and 72,69% of the total HAA for chicken döner. When analyzed cooking methods, 3.3 times more HAA formation have been identified in chicken doner (2,611 ng/g) cooked on a gas oven in the returns meat doner (0,788 ng/g). The fact remains that chicken doner has 2 times more HAA formation to meat döner. When comparing cooking time, HAA content showed increase in chicken and meat doner. With the cooking time, HAA content of meat doner increased 16 times 4.6 times for chicken doner.

When comparing creatine, creatinine, total free amino acid, and glucose contents of raw meat with those of cooked meats, creatine content decreased while creatinine content increased due to cooking ($p<0,05$). In addition, total free amino acid and glucose contents also decreased as a result of degradation or reaction with other components to form HAAs ($p<0,05$).

October 2015, 181 pages

Keywords: Heterocyclic aromatic amine, cancer, fast-food, chicken döner, meat döner, cooking methods, cooking time, döner type

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim süresince her aşamada desteğini aldığım, danışman hocam Prof. Dr. Nuray KOLSARICI'ya (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Öğretim Üyesi), Araş. Gör. Dr. Eda DEMİROK SONCU'ya (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Öğretim Üyesi), Araş. Gör. Güliz HASKARACA'ya (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Öğretim Üyesi) ve üzerimde emeği bulunan tüm hocalarıma, çalışmada hammadde, alet-ekipman ve personel desteğini esirgemeyen Haz Besicilik Et ve Gıda İşletmeleri Paz. San. Tic. A.Ş. (HOSTA DÖNER)'e,

Bütün eğitim hayatım boyunca bana sürekli destek olup; cesaret veren ve üzerimdeki hak ve emeklerini asla ödeyemeyeceğim, Şerife ve Müjgan annelerim ile Mustafa ve Abdurrahman babalarıma; bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan ablam hatice KAYA'ya, en büyük destekçim olan kıymetlilerim Dursun-Zeynep Naz ÖZSARAÇ'a, desteğini hep yanımda hissettiğim tüm iş arkadaşlarıma, amirlerime ve bütün sevdiklerime teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bu doktora tezi, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi (BAP) tarafından desteklenen 12B4343014 nolu ve “*Et ve Tavuk Dönerlerinde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Farklı Pişirme Yöntem ve Sürelerinin Etkisi*” konulu proje kapsamında desteklenmiştir.

Nesrin ÖZSARAÇ

Ankara, Ekim 2015

İÇİNDEKİLER

ETİK.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1 GİRİŞ	1
2 KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1 Döner.....	4
2.2 Heterosiklik Aromatik Aminler (HAA).....	6
2.2.1 Heterosiklik aromatik amin ve kanser ilişkisi.....	8
2.2.2 Heterosiklik aromatik aminlerin toksikolojik sınıflandırması	9
2.2.3 Heterosiklik aromatik aminlerin kimyasal yapısı ve oluşum mekanizmaları... 11	
2.2.3.1 Aminoimidazoazorenler (imidazo-kinolinler, -kinokzalinler, -piridinler)	14
2.2.3.2 Aminokarbolinler (pirido-indoller, pirido-imidazoller).....	20
2.2.4 Heterosiklik aromatik aminlerin ısı stabilitesi	22
2.3 Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna Etki Eden Faktörler	23
2.3.1 Heterosiklik aromatik amin oluşumuna pişirmenin etkisi	25
2.3.2 Heterosiklik aromatik amin oluşumuna öncü bileşiklerin etkisi.....	30
2.3.3 Heterosiklik aromatik amin oluşumuna yağın etkisi	34
2.3.4 Heterosiklik aromatik amin oluşumuna suyun etkisi.....	35
2.3.5 Heterosiklik aromatik amin oluşumuna metal iyonlarının etkisi.....	35
2.3.6 Heterosiklik aromatik amin oluşumuna diğer faktörlerin etkisi	36

2.4	Gıdalarda Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Yapılan Çalışmalar	38
2.5	Gıdalarda Heterosiklik Aromatik Amin Düzeyi ve Tüketim Miktarı.....	40
2.6	Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumunu Azaltıcı Yaklaşımlar	41
2.6.1	Pişirme koşullarının modifikasyonu ile azaltma.....	41
2.6.2	Mikrodalga uygulaması ile azaltma	42
2.6.3	Marinasyon veya su tutucu madde ilavesi ile azaltma.....	42
2.6.4	Antioksidan madde ilavesi ile azaltma	44
3	MATERYAL VE YÖNTEM.....	50
3.1	Materyal	50
3.1.1	Dönerlerin hazırlanması.....	50
3.1.2	Deneme planı	51
3.1.3	Pişirme koşulları	51
3.1.4	Örneklerin alınması.....	53
3.2	Analiz Yöntemleri.....	53
3.2.1	Kimyasal bileşim	53
3.2.2	pH değeri.....	54
3.2.3	L^* , a^* , b^* renk değerleri	55
3.2.4	TBARM değeri	55
3.2.5	Kreatin analizi	55
3.2.6	Kreatinin analizi.....	56
3.2.7	Toplam serbest amino asit (SAA) analizi	56
3.2.8	İndirgen şeker (Glukoz) analizi	57
3.2.9	Heterosiklik aromatik amin analizi	58
3.2.9.1	HAA'ların ekstraksiyonu	58
3.2.9.2	HPLC analizi.....	58

3.2.10	Duyusal analiz.....	59
3.2.11	İstatistik analiz	59
4	BULGULAR VE TARTIŞMA	61
4.1	Çiğ Et ve Tavuk Dönerlere İlişkin Sonuçlar	61
4.1.1	Kimyasal bileşim ve pH değeri.....	61
4.1.2	TBARM değeri ve HAA oluşumuna etkili öncü bileşikler	62
4.2	Pişmiş Et ve Tavuk Dönerlerin Analiz Sonuçları	64
4.2.1	Kimyasal bileşim ve pH değeri.....	64
4.2.1.1	Et dönerlerin kimyasal bileşimi ve pH değeri.....	64
4.2.1.2	Tavuk dönerlerin kimyasal bileşimi ve pH değeri.....	69
4.2.2	TBARM değeri	72
4.2.2.1	Et dönerlerin TBARM değerleri	73
4.2.2.1.1	Tavuk dönerlerin TBARM değerleri	76
4.2.3	HAA oluşumuna etkili öncü bileşikler	78
4.2.3.1	Et dönerlerde HAA oluşumuna etkili öncü bileşikler.....	79
4.2.3.2	Tavuk dönerlerde HAA oluşumuna etkili öncü bileşikler	87
4.2.4	Heterosiklik aromatik amin sonuçları	95
4.2.4.1	Geri kazanım.....	95
4.2.4.2	Et dönerlerin HAA analiz sonuçları.....	98
4.2.4.2.1	4,8-DiMeIQx miktarı.....	98
4.2.4.2.2	PhIP miktarı.....	101
4.2.4.2.3	MeIQ miktarı	103
4.2.4.2.4	7,8-DiMeIQx miktarı.....	105
4.2.4.2.5	IQ miktarı	107
4.2.4.2.6	IQx miktarı	110
4.2.4.2.7	MeIQx miktarı	112

4.2.4.2.8	A α C miktarı	113
4.2.4.2.9	MeA α C miktarı.....	115
4.2.4.3	Tavuk dönerlerin HAA analiz sonuçları	116
4.2.4.3.1	4,8-DiMeIQ x miktarı.....	116
4.2.4.3.2	PhIP miktarı.....	119
4.2.4.3.3	MeIQ miktarı	122
4.2.4.3.4	7,8-DiMeIQ x miktarı.....	125
4.2.4.3.5	IQ miktarı	127
4.2.4.3.6	IQ x miktarı	130
4.2.4.3.7	MeIQ x miktarı	131
4.2.4.3.8	A α C miktarı	133
4.2.4.3.9	MeA α C miktarı.....	135
4.2.4.4	Et dönerlerin toplam HAA miktarı ve HAA'ların (%) dağılımları.....	137
4.2.4.5	Tavuk dönerlerin toplam HAA miktarı ve HAA'ların (%) dağılımları.....	144
4.2.4.6	Pişirme yöntemi, döner tipi ve pişirme sürelerinin et ve tavuk dönerlerin HAA içeriğine etkisi	152
4.2.5	L*, a*, b* renk değerleri	154
4.2.5.1	Et Dönerlerin L*, a*, b*renk değerleri	154
4.2.5.2	Tavuk Dönerlerin L*, a*, b*renk değerleri	156
4.2.6	Duyusal analiz sonuçları	157
4.2.6.1	Et dönerlerin duysal analiz sonuçları.....	158
4.2.6.2	Tavuk dönerlerin duysal analiz sonuçları	161
5	SONUÇ.....	164
6	KAYNAKÇA.....	168
	ÖZGEÇMİŞ	179

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

°C	santigrat
%	yüzde
‰	binde
cm	santimetre
dk	dakika
g	gram
kg	kilogram
L	litre
M	Molar
mL	mililitre
mm	milimetre
ng	nanogram
Ort±SH	Ortalama ± Standart Hata
ppb	milyarda bir kısım
ppm	milyonda bir kısım
rpm	dakikada devir
sn	saniye
α	alfa
β	beta
μg	mikrogram
μL	mikrolitre
μm	mikrometre

Kısaltmalar

1,5,6-TMIP	2-amino-1,5,6 trimetilimidazo[4,5- <i>b</i>]piridin
3,5,6-TMIP	2-amino-3,5,6 trimetilimidazo[4,5- <i>b</i>]piridin
4,7,8- TriMeIQx	2-amino-3,4,7,8 -tetrametilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinokzalin
4,8-DiMeIQx	2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinokzalin
4-CH ₂ OH-8-MeIQx	2-amino-4-hidroksimetil-3,8-dimetilimidazo [4,5- <i>f</i>] kinokzalin
4-MeIQ	2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinolin
4-MeIQx	2-amino-3,4 -dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinokzalin
4'-OH-PhIP	2-amino-1-metil-6-(4-hidroksifenil)-imidazo[4,5- <i>b</i>]piridin
7,8-DiMeIQx	2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinokzalin
7,9-DiMeIQx	2-amino-1,7,9-trimetilimidazo[4,5- <i>g</i>]kinokzalin
8-MeIQx	2-amino-3,8 -dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinokzalin
AαC	2-amino-9H-pirido[2,3- <i>b</i>]indol
Cre-P-1	4-amino-1,6-dimetil-2-metilamino- 1 <i>H</i> , 6 <i>H</i> pirolo[3,4- /] benzi imidazol-5,7-dion
DMIP	2-amino-1,6-dimetil-imidazo[4,5- <i>b</i>] piridin
Glu-P-1	2-amino-6-metildipirido[1,2- <i>a</i> :3',2'- <i>d</i>]imidazol
Glu-P-2	2-amino-dipirido [1,2- <i>a</i> :3',2'- <i>d</i>] imidazol
Harman	9H-pirido[4,3- <i>b</i>]indol
IQ	2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinolin
IQx	2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinokzalin
Lys-P-1	3,4-siklopentenopirido[3,2- <i>a</i>] karbazol
MeAαC	2-amino-3-metil-9H-pirido[2,3- <i>b</i>]indol
Norharman	1-metil-9H-pirido[4,3- <i>b</i>]indol
Orn-P-1	4-amino-6-metil-1- <i>H</i> -2,5,10,10 <i>b</i> - tetraazafluoranten
Phe-P-1	2-amino-5-fenilpiridin
PhIP	2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5- <i>b</i>] piridin
AIA	Aminoimidazoazoaren
AOAC	Resmi Analitik Kimyagerler Derneği
BHA	Bütillenmiş hidroksianizol
BHT	Bütillenmiş hidroksitoluen
DAD	Diyot dizini dedektör
ECG	Epikateşin gallat
EGC	Epigallokateşin
HAA	Heterosiklik aromatik amin
HCl	Hidroklorik asit
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
LOD/bs	Belirleme sınırı
LOQ/ts	Tayin sınırı
MA	Malonaldehit
max.	maksimum

min.	minimum
NaCl	Sodyum klorür
NaOH	Sodyum hidroksit
NH ₂	Amin
NH ₃	Amonyak
NSRL	Önemli bir risk olmayan seviye
OPA	orto-fitaldialdehid
PAH	Polisiklik aromatik hidrokarbon
PG	Propil gallat
Phe	Fenilalanin
r	Korelasyon sabiti
rcf	Rolatif santrifüj gücü
RID	Refraktif indeks dedektör
SAA	Serbest amino asit
SH	Standart hata
TBARM	Tiyobarbutirik asit reaktif madde
TBHQ	Tert bütillenmiş hidroksikinin
TCA	Triklor asetik asit
TEP	1,1,3,3,Tetra etoksi propan
TGK	Türk Gıda Kodeksi
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
USA	Amerika Birleşik Devletleri
UV	Ultraviyole
UV/VIS	Ultraviyole ve görünür ışık
Vit B1	Tiamin
Vit B3	Nikotinik asit
Vit B6	Piridoksamin, piridoksin
Vit B7	Biotin
Vit C	L-askorbik asit
YÇE	Yeşil çay ekstraktı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Aminoimidazoazoaren (AIA) grubu HAA'ların kimyasal yapıları	15
Şekil 2.2	IQ bileşiklerinin oluşum mekanizması	17
Şekil 2.3	PhIP bileşiğinin oluşum mekanizması	19
Şekil 2.4	Aminokarbolin grubu HAA'ların kimyasal yapıları.....	21
Şekil 2.5	Kreatin, şeker ve aminoasitlerden HAA piroantezi	31
Şekil 3.1	Araştırma Deneme Planı	52
Şekil 4.1	Farklı yöntemlerle pişirilmiş et dönerlerin TBARM değerlerinde pişirme süresine bağlı değişim.....	74
Şekil 4.2	Farklı yöntemlerle pişirilmiş tavuk dönerlerin TBARM değerlerinde pişirme süresine bağlı değişim.....	78
Şekil 4.3	Farklı yöntemlerle pişirilmiş et dönerlerde kreatin ve kreatinin değerlerinde pişirme süresine bağlı değişim.....	84
Şekil 4.4	Farklı yöntemlerle pişirilmiş tavuk dönerlerde kreatin ve kreatinin değerlerinde pişirme süresine bağlı değişim.....	91
Şekil 4.5	HAA bileşenlerini içeren standart mikse ait kromatogram	97
Şekil 4.6	Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin 4,8-DiMeIQx miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri	100
Şekil 4.7	Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin IQ miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri.....	109
Şekil 4.8	Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin 4,8-DiMeIQx miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri	118
Şekil 4.9	Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerde PhIP miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri.....	120
Şekil 4.10	Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin MeIQ miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri.....	124
Şekil 4.11	Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin 7,8-DiMeIQx miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri	126
Şekil 4.12	Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin toplam HAA miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri.....	139
Şekil 4.13	Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerde oluşan HAA'ların bileşik bazında dağılımı.....	144

Şekil 4.14	Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin toplam HAA miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri.....	146
Şekil 4.15	Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerde oluşan HAA'ların bileşik bazında dağılımı.....	152
Şekil 4.16	Piştirme yöntemi, döner tipi ve piştirme süresinin et ve tavuk dönerlerin HAA içeriğine etkisi	153
Şekil 4.17	Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin L^* , a^* ve b^* renk değerleri	155
Şekil 4.18	Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin L^* , a^* ve b^* renk değerleri	156

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1	Piştirilmiş gıdalarda ve/veya model sistemlerde tanımlanmış heterosiklik aromatik aminlerin kimyasal isimleri, kısaltmaları, formülleri, moleköl ağırlıkları ve keşfedilme yılları	12
Çizelge 3.1	Et ve tavuk dönerlere ilişkin piştirme koşulları	52
Çizelge 4.1	Çiğ et ve tavuk dönerlerin kimyasal bileşimi (nem, yağ, kül, protein, tuz) ile pH değerleri	61
Çizelge 4.2	Çiğ dönerlerin kreatin, kreatinin, glukoz, serbest aminoasit ve TBARM içerikleri	63
Çizelge 4.3	Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde piştirilmiş et dönerlerin nem, protein, yağ, kül ve tuz içerikleri ile pH değerleri	65
Çizelge 4.4	Et dönerlerin yağ içeriğine farklı piştirme yöntemi ve döner tipinin etkisi	68
Çizelge 4.5	Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde piştirilmiş tavuk dönerlerin nem, protein, yağ, kül ve tuz içerikleri ile pH değerleri	70
Çizelge 4.6	Tavuk dönerlerin protein içeriğine farklı piştirme yöntemi ve döner tipinin etkisi	71
Çizelge 4.7	Tavuk dönerlerde farklı piştirme süresi ve piştirme yönteminin tuz miktarı üzerine etkisi	72
Çizelge 4.8	Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde piştirilmiş et dönerlerin TBARM değerleri	73
Çizelge 4.9	Et dönerlerde farklı döner tipi ve piştirme süresinin TBARM oluşumuna etkisi	75
Çizelge 4.10	Et dönerlerde farklı döner tipi ve piştirme yönteminin TBARM oluşumuna etkisi	76
Çizelge 4.11	Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde piştirilmiş tavuk dönerlerin TBARM değerleri	76
Çizelge 4.12	Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde piştirilmiş et dönerlerin kreatin, kreatinin, toplam serbest aminoasit ve glukoz içerikleri	81
Çizelge 4.13	Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde piştirilmiş tavuk dönerlerin kreatin, kreatinin, toplam serbest aminoasit ve glukoz içerikleri	88

Çizelge 4.14 Analizi yapılan HAA'ların geri kazanımları ile belirleme sınırı (bs) ve tayin sınırı (ts) değerleri.....	96
Çizelge 4.15 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin 4,8-DiMeIQx miktarları	99
Çizelge 4.16 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin PhIP miktarları.....	102
Çizelge 4.17 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin MeIQ miktarları.....	104
Çizelge 4.18 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin 7,8-DiMeIQx miktarları	106
Çizelge 4.19 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin IQ miktarları.....	107
Çizelge 4.20 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin IQx miktarları.....	110
Çizelge 4.21 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin MeIQx miktarları.....	112
Çizelge 4.22 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin AαC miktarları.....	114
Çizelge 4.23 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin MeAαC miktarları.....	115
Çizelge 4.24 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin 4,8-DiMeIQx miktarları	116
Çizelge 4.25 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin PhIP miktarları.....	119
Çizelge 4.26 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin MeIQ miktarları.....	123
Çizelge 4.27 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin 7,8-DiMeIQx miktarları	125
Çizelge 4.28 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin IQ miktarları.....	128
Çizelge 4.29 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin IQx miktarları.....	130

Çizelge 4.30 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin MeIQx miktarları.....	132
Çizelge 4.31 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin AαC miktarları.....	134
Çizelge 4.32 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin MeAαC miktarları.....	136
Çizelge 4.33 Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin toplam HAA miktarları	137
Çizelge 4.34 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerde oluşan toplam HAA'ların bileşik bazında dağılımı.....	140
Çizelge 4.35 Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin toplam HAA miktarları	145
Çizelge 4.36 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerde oluşan toplam HAA'ların bileşik bazında dağılımı.....	148
Çizelge 4.37 Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin duyuşal analiz sonuçları	159
Çizelge 4.38 Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin duyuşal analiz sonuçları	162

1 GİRİŞ

Dünya sürekli bir değişim içerisindedir ve bu değişim büyük oranda insan yaşamına da yansır. Özellikle kentleşmenin bir sonucu olarak insanların eğitim ve gelir düzeylerinin artması, iş hayatındaki zorluklar, gelişen özel sektörün değişik alanlarda çok sayıda kişiye uzun çalışma süreleri ile istihdam sağlaması insanların yaşam şekillerinin değişmesine neden olmuş ve bu noktada zaman yönetimi önem kazanmıştır. Bu durumun bir dezavantajı olarak insanlar evde yemek hazırlama alışkanlıklarından vazgeçerek servisi kolay, ayaküstü, kısa sürede tüketilebilen hazır fast food ürünlere yönelmişlerdir. Son yirmi yılda Türkiye’de fast food sektörü büyük bir gelişme göstermiş ve bu sektöre tüketiciler tarafından yapılan masraf insanların toplam gıda tüketim masrafının % 10’una yaklaşmıştır (Akbay vd. 2007).

Hamburger, döner, pizza, sandviç, patates kızartması gibi ürünleri kapsayan fast food sektöründeki en önemli problem ise gıda güvenliğidir. Gıda güvenliği, gıdanın işlenmesi, hazırlanması, depolanması ve servis edilmesi aşamalarında tüketiciler için hastalık etmeni ya da zararlı bileşen olarak oluşan, her türlü fiziksel, kimyasal ve biyolojik etmenlerin ortadan kaldırılması olarak tanımlanabilir (Unusan 2007). Gıda katkı maddeleri, pestisit ve veteriner ilaç kalıntıları, dioksinler, mikotoksinler, migrasyon ile ambalaj materyalinden gıdaya geçen bileşenler ve ısı işlem sonucu oluşan heterosiklik aromatik amin (HAA) ile akrilamid gibi kontaminantlar gıda güvenliği kapsamında göz önünde bulundurulması gereken risk faktörleridir (Barlow and Schlatter 2010).

İçerdiği esansiyel amino asitler, vitaminler, mineraller ve omega-3 yağ asitleri bakımından beslenmede önemli bir yere sahip olan et ve et ürünleri, fast food sektöründe de geniş ürün portföyü ile önemli bir role sahiptir. Bu ürünler arasında geleneksel et ürünlerimizden olan dönerler hem fast food zincirinde hem de restoranlarda sevilerek sıklıkla tüketilen ürünlerdir. Ancak proses gereği pişirme esnasında etin doğrudan ısı kaynağına ve dolayısıyla yüksek sıcaklığa maruz kalması nedeniyle heterosiklik aromatik amin (HAA) adı verilen karsinojenik ve mutajenik özellikteki bileşenlerin oluşumu kaçınılmazdır. Bu durum, dönerlerin gıda güvenliği açısından riskli gıdalar grubunda değerlendirilmesine neden olur.

HAA'lar ilk kez 1977 yılında Japon bilim adamı Takashi Sugimura tarafından, proteince zengin gıdaların pişirilmesi ile oluşan dumanda, önemli ölçüde mutajenik bileşen olduğunun belirlenmesi sonucu keşfedilmiştir (Sugimura 1997). Günümüze kadar farklı pişmiş et ürünlerinden 25'den fazla HAA izole edilmiştir (Puangsombat vd. 2012).

Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı tarafından yapılan çalışmalar sonucunda HAA'ların sekizi (MeIQ, MeIQx, PhIP, AαC, MeAαC, Trp-P-1, Trp-P-2 ve Glu-P-1) "mümkün insan kanserojeni" olarak 2B sınıfında ve IQ ise "muhtemel insan kanserojeni" olarak 2A sınıfında listelenmiştir. Ayrıca HAA'ların aflatoksin ile kıyaslandığında 100 kat, PAH'ların temsilcisi olan benzopiren ile kıyaslandığında da 2000 kat daha mutajenik olduğu bilinmektedir (Stavric 1994; Oz and Kaya 2006; 2011)

HAA'lar, et ve et ürünlerinin yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi aşamasında serbest amino asitler, kreatin/kreatinin ve heksozlar arasındaki maillard reaksiyonu sonucu oluşan aminoimidazoazoaren grubuna dahil kontaminantlar ile 300° C'nin üzerindeki pişirme sıcaklıklarında proteinlerin pirolizi ile oluşan aminokarbolinler grubuna ait kontaminantları içerir. Mutajenik ve karsinojenik özellikteki HAA'ların ısıtma işlem görmüş etlerde oluşum düzeyi; ısıtma işlem gören etin çeşidi (dana, domuz, kanatlı, vb.), hayvanın cinsiyeti, pişirme yöntemi(ızgara kızartma vb), sıcaklık ve süre ilişkisi, su aktivitesi, pH gibi faktörler ile öncül bileşiklerin konsantrasyonu (şekerler, serbest amino asitler, kreatin/in), ürünün su içeriği, etin yağ içeriği, yağın oksidasyon durumu, baharatlar, doğal ve yapay antioksidan varlığı, çiğ etin depolanma süreci gibi etmenlere bağlıdır (Öz vd. 2007, 2010; Janoszka vd. 2009; Puangsombat vd. 2012; Alaejos and Afonso 2011; Polak vd. 2009; Szterk vd. 2012).

Et ve tavuk dönerlerin ülkemiz fast food zincirindeki tüketim oranları ile bu ürünlerin pişirilme yöntemleri birlikte düşünüldüğünde, sağlık riski taşıyan ve gıda güvenliğini tehdit eden HAA'ların oluşma ihtimali döner üretim sektöründeki riskin önemini vurgulamaktadır. Bu noktadan hareketle yürütülen tez çalışmasında, fast-food tüketim alışkanlıkları arasında önemli bir yeri olan et ve tavuk dönerlerde (yaprak ve karışım) sağlık riski oluşturan heterosiklik aromatik aminlerin oluşumu üzerine farklı pişirme sıcaklıklarının (az, orta, çok pişmiş) ve döner pişirme yöntemlerinin (gazlı ve elektrikli)

etkileri incelenmiştir. Kurulan denemede, et ürünlerinde yaygın olarak tespit edilen IQ, IQx, MeIQ, MeIQx, PhIP, 4,8-DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx, AαC ve MeAαC bileşikleri aranmıştır.

Özetle, mutajenik ve karsinojenik özellikteki HAA'ların ısıtılma işlemi görmüş gıdalarda varlığı yıllar önce belirlenmiş olsa da, HAA grubundaki çoğu bileşiğin henüz kimyasal açıdan tanımlanamamış ve yanı sıra toksikolojik özelliklerinin belirlenememiş olması, gıdalarda bilinçsizce uygulanan ısıtılma işlemi sonucu yüksek konsantrasyonlarda oluşması bu konunun hala popülerliğini korumasındaki etkenlerdir. Literatür incelendiğinde, hem kırmızı ette hem de kanatlı etinde HAA'ların önemli bir problem olduğu görülmektedir. Türkiye'de yapılan çalışmalar incelendiğinde ise et ve tavuk dönerlerde HAA gibi kimyasal kontaminantların belirlenmesine yönelik bir çalışma bulunmamaktadır. Sonuç olarak, tüketim miktarı yüksek olmasına rağmen dönerin kimyasal güvenliğine yönelik araştırmaların ve dönere özgü yasal bir düzenlemenin olmaması, bu durumun ürünlerin pişirilmesi ve satışında sektör içerisinde farklı uygulamalara neden olması; ayrıca farklı pişirme yöntemlerinin ürünün güvenliği üzerine nasıl bir etki gösterdiği konusunda boşluk olması gibi nedenler yürütülen bu araştırmaya temel teşkil etmiş ve bu noktadaki açığın kapatılması amaçlanmıştır.

2 KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Döner

Günümüzde ilerleyen teknoloji ve toplumsal yapıdaki değişimler sonucunda, insanların hazır gıdalara karşı ilgisi ve talebi artmış, hazır yemek tüketiminde artış gözlenmiştir. Fast food beslenme modern kent yaşamının hızlı temposu içerisinde günlük yaşamın içerisine girmiş bir tüketim biçimi olup; önceden pişirilmiş olarak veya önceden paketlenmiş şekilde restoranlarda veya evde hızlı bir şekilde tüketme anlamına gelmektedir (Şimşek 2011). Günümüzde özellikle gençler tarafından tüketilen ve ‘fast-food’ adıyla anılan gıdaların, şişmanlık gibi birçok hastalığı tetikleyici bir duruma neden olduğu önemli bir gerçektir (Özden 2009). En yaygın fast food ise hamburger-kola ikilisidir. Pizza dışında bu tip gıdalara karşı şu ana kadar rakip olarak çıkabilme potansiyeline sahip, Ülkemizde ve Avrupa’da en yaygın olarak tüketilen fast food ürünü dönerdir (Erdem 2006).

Döner, farklı ülkelerde “*dona kebabs, doner kebabs, shawirma, gyros, souvlakiveya donair*” gibi farklı isimler ile tanımlanan Türk mutfağında önemli bir yer tutan geleneksel bir et ürünüdür (Şimşek 2011). Bugün bildiğimiz şekliyle döner, 1850’li yıllardan sonra, Osmanlı’nın hızla sanayileşen ve kentleşen bölgelerinde görülmüş; kentli üretim tarzının ve iş yapış biçiminin, yani “*popüler kültür*”ün bir ürünü olarak gelişmiştir (Özden 2009).

Döner, Türk mutfağının geleneksel bir yiyeceği iken sanayileşen dünyaya ayak uydurarak toplu yemek tüketim merkezlerindeki yiyeceklerin başında gelmeye başlamıştır (Kayışoğlu vd 2003). Daha önceleri yirmi-otuz kilo civarında hazırlanan ve meşe kömürü ateşinde pişirilen çoğunlukla da öğle saatlerinde tüketilen döner, artık beş kilodan iki yüz kiloya kadar değişen çeşitli miktarlarda hazırlanarak pişirilmekte ve günün hemen her saatinde tüketime hazır olarak bulunabilmektedir (Erbay 2007). Yapılan tahminlere göre ülkemizde günde 600 ton civarında döner tüketiminin gerçekleştirildiği bildirilmektedir. Almanya başta olmak üzere çoğu Avrupa ülkesinde, ayrıca Amerika Birleşik Devletleri’nde de döner, fast food lokantalarında geniş bir

tüketici topluluğuna hitap etmeye başlamış ve Avrupa’da ekonomik sirkülasyonu en yüksek olan fast food ürünü haline gelmiştir (Şimşek 2011).

Et ve et ürünlerinin yüksek oranda protein ihtiva etmesi, vücut için gerekli elzem aminoasitleri içermesi, demir, fosfor ve çinko gibi mineral maddelerin yanında B6, B12 gibi B kompleks vitaminler bakımından zengin olması nedeniyle yeterli ve dengeli beslenmede büyük önemi vardır. Bu açıdan bakıldığında dönerin besleyici değeri yüksektir ve hijyenik üretim koşullarına uyulduğunda döner sağlıklı bir yiyecek olarak güvenle tüketilebilmektedir (Özden 2009).

Türkiye’de döner hazırlamada kullanılan hammadde bölgelere, illere ve işletmelere göre farklılık göstermektedir (Cebirbay 2007). Ülkemizde, döner yapımında koyun, kuzu, sığır, dana etleri ile birlikte tavuk ve hindi etleri de kullanılmaktadır (Şimşek 2011). Yanı sıra, endüstriyel döner ve yatık döner (oltu döneri) gibi değişik üretim metodlarıyla piyasaya sunulan döner çeşitleri de üretilebilmektedir. Endüstriyel döner, kıyma ağırlıklı, iskelet olarak bir miktar yaprak et kullanılan, yumurta, süt, süttozu gibi gıda bileşenleri ve gerektiğinde çeşni maddelerinin ilavesiyle hazırlanan, şiş veya borulara dizilip şekillendirilen, taze veya donmuş halde pazarlanan dönerdir. Yatık döner ise, koyun ve kuzu yaprak etlerinin, yatay olarak dönebilen özel bir şişe sıkıca dizilerek odun koru veya odun kömürü karşısında çevrilerek pişirilmesi elde edilen bir dönerdir (Bektaş 2009).

Dönerlerin gerek isimlendirmesi, gerek bileşimi açısından bölgelere, illere ve işletmelere göre farklılık göstermesi ve bu durumun tüketiciyi yanıltıcı sonuçlar doğurması dolayısıyla Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından, 5 Aralık 2012 tarihli ve 28488 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi- Et ve Et Ürünleri Tebliği (2012/74) ile dönere ilişkin standart düzenlemeler getirilmiştir. Tebliğe göre döner; *“Büyükbaş ve küçükbaş hayvanların biri veya birkaçının kırmızı etlerinin karışımına, istenildiğinde aynı tür hayvanların yağları, lezzet vericiler ile diğer gıda bileşenlerinden biri veya birkaçı ilave edilerek hazırlanan ve döner şişine dizilerek silindir formu verilmiş pişirilmeye hazır kırmızı et karışımını veya yatay veya dikey olarak döndürülerek pişirilmiş et ürünü,”* olarak tanımlanarak mevzuattaki yerini almıştır. Tebliğe göre; *“Kanatlı eti döneri: Çiğ kanatlı hayvan etlerinin biri veya*

bunların karışımına istenildiğinde kuyruk yağı, gömlek yağı, lezzet vericiler ile diğer gıda bileşenlerinden biri veya birkaçı ilave edilerek hazırlanan ve döner şişine dizilerek silindir formu verilmiş pişirilmeye hazır kanatlı et karışımını veya yatay veya dikey olarak döndürülerek pişirilmiş et ürünü” olarak tanımlanmıştır. Tebliğin “Genel Hükümler” bölümünde dönerler piyasaya sunuş şekline göre;

Yaprak döner: Üretiminde kırmızı et olarak sadece yaprak haline getirilmiş çiğ kırmızı etin kullanıldığı döner,

Kıyma döner: Üretiminde kırmızı et olarak en çok % 90 oranında kıymanın ve en az % 10 oranında yaprak haline getirilmiş çiğ kırmızı etin kullanıldığı döner,

Karışık döner: Üretiminde kırmızı et olarak en az % 60 oranında yaprak haline getirilmiş çiğ kırmızı et ve en çok % 40 oranında kıymanın kullanıldığı döner,

Kanatlı eti döneri ise piyasaya sunuluş şekline göre;

a) Yaprak kanatlı eti döneri: Üretiminde kanatlı eti olarak sadece yaprak haline getirilmiş çiğ kanatlı etinin kullanıldığı döner,

Karışık kanatlı eti döneri: Üretiminde kanatlı eti olarak en az % 60 oranında yaprak haline getirilmiş çiğ kanatlı etinin ve en çok % 40 oranında kanatlı kıymanın kullanıldığı döner olarak sınıflandırılmıştır.

Döner konusunda Türk Standartları Enstitüsü'nün yürürlükte bulunan iki standardı mevcuttur. “TS 11859, Döner Eti-pişmemiş” standardı, 1995 yılında yayımlanmış ve 2003 yılında değişikliğe uğramış olup dönere ilişkin fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri belirlemektedir. “TS 11658, Döner Yapım Kuralları-pişmemiş” standardı ise 1995 yılında yayımlanmış ve döneri hammadde türüne, etlerin hazırlanmasına, yağlılık derecesine, tüketime sunuş biçimi ve tüketim biçimine göre sınıflara ayırmıştır.

2.2 Heterosiklik Aromatik Aminler (HAA)

HAA'lar pişmiş et ürünlerinde; kreatin, kreatinin, amino asitler ve şekerler gibi öncü bileşiklerin Maillard reaksiyonu ile katalizlenmesi sonucu ppb düzeyinde oluşun mutajenik ve karsinojenik bileşiklerdir. Günümüze kadar farklı kaynaklardan 25'den

fazla HAA izole edilmiştir (Puangsombat vd. 2012). Bu HAA'ların büyük bir çoğunluğu et, balık gibi proteince zengin gıdalar ile et ekstraktları ve proses aromalarından izole edilmiştir. Yanı sıra, kahve, alkollü içecekler gibi kaynaklar ile pişirme esnasında oluşan dumanda, sigara dumanında, hava, nehir ve yağmur suları gibi çevresel kaynaklarda, safra, kan, idrar gibi biyolojik sıvılarda ve hatta anne sütünde dahi bazı HAA türleri tespit edilmiştir (Alaejos and Afonso 2011).

HAA'lar ilk kez 1977 yılında, Japon bilim adamı Takashi Sugimura tarafından, proteince zengin gıdaların pişirilmesi ile oluşan dumanda, önemli ölçüde mutajenik bir bileşen olduğunun belirlenmesi sonucu keşfedilmiştir (Sugimura 1997). HAA'lara yönelik ilk çalışmalar, Tokyo Üniversitesi'nde başlamıştır. İlk olarak Trp-P-1 ve Trp-P-2 triptofan pirolizatlarından izole edilmiş ve mutajen olarak tanımlanmıştır (Sugimura vd. 1977). Glu-P-1 ve Glu-P-2 ise glutamik asitin pirolize ürünlerinden izole edilerek mutajen olarak tanımlanmıştır (Yamamoto vd. 1978). Aynı yıl, Japonya Tütün ve Tuz Birliği tarafından sigara dumanının mutajenitesi üzerinde çalışan bir grup bilim adamı, soya fasulyesi pirolizatından mutajen AαC ve MeAαC bileşiklerini izole etmişlerdir (Yoshida vd. 1978). Sonraki yıllarda, Ulusal Kanser Merkezi tarafından başlatılan çalışmalarda pişmiş et ve balıkta (ızgara sardalya balığı) IQ ve MeIQ tespit edilmiştir (Kasai vd. 1980) takiben aynı araştırmacıların çalışmaları ile kızartılmış dana etinde MeIQx tespit edilmiştir (Kasai vd. 1981). 1986 yılında Felton ve arkadaşları benzer şekilde kızartılmış dana etinden PhIP bileşiğini izole etmişlerdir (Felton vd. 1986). Aminokarbolinlerin çoğu 100-225° C sıcaklıkta kızartma, kavurma, ızgara gibi pişirme yöntemleri ile hazırlanan et ekstraktları, bulyonlar, kırmızı et ve balıkta tespit edilmişken bazı aminokarbolinler ise model sistemlerde belirlenmiştir. Trp-P-1, dana etinin simüle edildiği bir süpernatant model sistemde 30 dk pişirme işlemi sonucunda tespit edilmiştir (Taylor vd. 1986). Ayrıca, Trp-P-1 ve Trp-P-2 kreatinin, glukoz ve triptofanın sulu ortamda 180° C de 10 dk ısıtılması sonucunda da tespit edilmiştir (Johansson vd. 1995a). Yanı sıra, aminoasit veya amino asit karışımlarının, 100-225° C sıcaklıkta, sulu ortamda kreatin ve glukoz ile birlikte ısıtılmaları sonucunda norharman ve harman oluştuğu da rapor edilmiştir (Johansson vd. 1995b, Skog vd. 2000).

2.2.1 Heterosiklik aromatik amin ve kanser ilişkisi

Epidemiyolojik çalışmalar, insanlarda kanser vakalarında beslenmenin önemli bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Birçok epidemiyolojik çalışmada kanser vakalarının yaklaşık % 30-40'ının beslenme ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Puangsombat vd. 2011). Şöyle ki meme, pankreas ve kolon kanserlerinin % 35'inin beslenmeye bağlı olarak ortaya çıktığı belirtilmektedir (Krul vd. 2000). Beslenmeye bağlı bu ilişkinin temelinde, gıdanın pişirilmesi esnasında pişirme koşullarından kaynaklı, doğal olarak oluşan karsinojenik bileşikler yatmaktadır (Viegas vd. 2012).

Tüketime hazır gıdalar ve ileri işlenmiş ürünler genellikle yüksek sıcaklık uygulanan pişirme yöntemleri ile hazırlandıkları için bu tür gıdalarda HAA'ların miktarı önemli ölçüde yüksektir (Rahman vd. 2014). Et ve et ürünlerinde, proses gereği pişirme esnasında etin doğrudan ısı kaynağına ve dolayısıyla yüksek sıcaklığa maruz kalması nedeniyle heterosiklik aromatik amin (HAA) adı verilen karsinojenik ve mutajenik özellikteki bileşenlerin oluşumu kaçınılmazdır. Yüksek düzeyde HAA alımı çok pişmiş (iyi derecede pişmiş) et tüketimi ile ilişkilendirilmiş ve epidemiyolojik çalışmalarda çok pişmiş et tüketim sıklığı ile kanser vakalarının başlama ve yayılma eğilimi arasında pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir. Ayrıca HAA'lar kolon, göğüs, pankreas ve prostat kanseri açısından insanlarda risk olarak görülmüştür (Salmon vd. 2006).

Pişirilmiş etlerin mutajenik etkisinden sorumlu olan bileşiklerin tanımlanması için yürütülen birçok laboratuvar çalışmasında heterosiklik aromatik aminler tespit edilmiştir. HAA'lar, halka yapılarında bir ekzosiklik amino grubu ile bir veya birden fazla azot atomu içeren çok halkalı aromatik yapıdadırlar ve bu yapı dolayısıyla mutejan özellik gösterirler (Alaejos vd. 2007). HAA'ların mutajenik etkisinin halkalı yapının birinde piridin-tipi azot (N) bulunması, bu azotun yeri ve amino grubunun pozisyonu gibi faktörlere bağlı olduğu belirtilmiştir (Felton vd 2007).

Sinha vd. (2001) HAA'lar üzerine epidemiyolojik yaklaşımlar konusunda yapmış oldukları çalışmada, HAA maruziyeti açısından pişirme yönteminin bazı kanser türleri ile ilişkisi olduğunu ifade etmişlerdir. Örneğin, ızgarada pişmiş et tüketiminde, kolorektal adenom ve mide kanseri olasılığının daha yüksek; kızartılmış et tüketiminde

ise akciğer kanseri olasılığının daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Yanı sıra, pişmişlik düzeyinin artmasına bağlı olarak, yüksek pişmişlik düzeyinde daha fazla HAA bileşeni olduğundan hareketle, kolorektal adenom, akciğer, meme ve mide kanseri olasılığında artış gözlemlendiği bildirilmiştir. Aynı çalışmada, hem epidemiyolojik çalışmalarda hem de hayvan denemelerinde paralel olarak ortaya konan bazı HAA'ların spesifik bazı organlardaki karsinojenitesi vurgulanmıştır. Yani, kalın bağırsakta ağırlıklı olarak IQ, MeIQ, MeIQx, PhIP, DiMeIQx; göğüste PhIP ve akciğerde IQ ve MeIQx bileşikleri spesifik HAA'lar olarak tespit edilmiştir. Dahası bu bileşiklerin anne sütüne geçtiği rapor edilmiştir (Borgen vd. 2001).

Rohrman vd. (2009) günlük HAA alımının 41,4 ng'ı geçmesi durumunda kolorektal kanser riskinin arttığını; John vd. (2011) HAA tüketimi ile prostat kanseri arasındaki pozitif ilişkiyi; benzer şekilde Lim vd. (2011) akciğer kanseri ile HAA tüketimi arasındaki pozitif ilişkiyi; Archer vd. (2000) yüksek oranda HAA alımının kolon, meme ve prostat kanseri oluşumuna neden olduğunu; Oreglia vd. (2001) yüksek oranda kırmızı et tüketiminin HAA oluşumu dolayısıyla gırtlak kanserine sebep olduğunu; Anderson vd. (2002) günlük diyetlerinde ağırlıklı olarak meyve ve sebze tüketen deney grubuna kıyasla çok pişmiş kırmızı et tüketen deney grubu arasında pankreas kanseri riskinin yüksek olduğunu vurgulayan araştırmalar yapmışlardır. Kısacası, araştırma sonuçları yüksek oranda ızgara et tüketiminin kolon, karaciğer, akciğer ve meme kanserine sebep olabileceğine dair bulgular sağlasa da (Sugimura vd. 2004) etin pişirilmesi esnasında; (özellikle çok pişmiş etlerde) polisiklik aromatik hidrokarbonlar, N-nitrozo bileşikler, lipid peroksitleri ve diğer pro-oksidan bileşikler gibi karsinojenik bileşiklerin de oluşma ihtimali göz önüne alındığında bu durumu sadece HAA'lar ile ilişkilendirmenin hatalı olacağına dair çalışmalar da mevcuttur (Barrett vd. 2003; Cross vd. 2005).

2.2.2 Heterosiklik aromatik aminlerin toksikolojik sınıflandırması

1993 yılında, Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı yaptığı çalışmalar sonucunda HAA'ların sekizini (MeIQ, 8-MeIQx, PhIP, AαC, MeAαC, Trp-P-1, Trp-P-2 ve Glu-P-1) "*insanlar için olası karsinojen*" olarak 2B sınıfında ve IQ bileşiğini ise "*insanlar için muhtemel karsinojen*" olarak 2A sınıfında kabul etmiştir (Puangsombat vd. 2012).

Sonraları 2004 yılında, ABD Sağlık Bakanlığı, dört yaygın HAA bileşimini (IQ, MeIQ, 8-MeIQx ve PhIP) *Ulusal Toksikoloji Programı* kapsamında yayınladıkları *Karsinojenler Raporu*'na göre "insanlar için olası karsinojen" olarak kabul etmiştir (Anonymous 2004).

HAA'lar mutajenik bileşiklerdir. HAA'lar, *Salmonella typhimurium* TA98 suşu üzerinde kromozomal yıkıma ve kültürdeki hücrelerde mutasyona sebep olurlar (Felton vd. 1994). Ayrıca HAA'lar aflatoksin ile kıyaslandığında 100 kat, PAH'ların temsilcisi olan benzopiren ile kıyaslandığında da 2000 kat daha mutajeniktirler (Stavric 1994; Oz and Kaya 2006; 2011, Haskaraca vd. 2014).

HAA'ların mutajenik aktivitesinin ölçülmesinde *Ames/Salmonella* yönteminden yararlanılmaktadır. β - aminokarbolin grubunda yer alan harman ve norharman *Ames/Salmonella* mutajenite testine göre mutajenik özellikteki bileşikler değildir. Ancak bu bileşiklerin varlığı, diğer HAA'ların toksikolojik etkilerini artırıcı yönde etkilidir (Alaejos vd. 2007). Örneğin, Norharman, Trp-P-1 ve Trp-P-2'nin mutajenik etkisini artırmaktadır (Liao vd. 2010). Yanı sıra, Harman ve Norharman'ın nörotoksinler ve enzim inhibitörleri ile ilişkilerine dair tartışmalar da mevcuttur (Liao vd. 2010). Ayrıca anilin ve o- toluidin içeren mutajenik olmayan aromatik aminlerin varlığında norharman mutajenik etki göstermektedir. Bundan dolayı "ko-mutajen" olarak adlandırılmaktadır. Bir diğer β - aminokarbolin olan harman da "ko-mutajen" etki göstermektedir. Ancak bu etki norharman'a kıyasla daha düşük düzeydedir (Totsuka vd. 1999).

HAA'ların karsinojenik ve mutajenik etkileri üzerine yapılmış oldukça fazla sayıda çalışma bulunmaktadır. HAA'ların karsinojenik etkileri üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda deney hayvanları üzerinden bilimsel veriler elde edilmekte ve bu sonuçlar tüketici gruplarının beslenme alışkanlıkları ve kanser oluşumu verileri ile birlikte değerlendirilmektedir. Yapılan birçok araştırma ve bilimsel çalışmalara ait veriler, HAA'ların başta kolon, prostat, mide ve meme kanseri gibi birçok kanser türü ile yakından alakalı olduğunu ortaya koymuştur. Söz konusu çalışmalarda; HAA'ların sadece yüksek ısı işlem görmüş et ve et ürünlerinde değil; aynı zamanda bu ürünlerde kullanılan et suyu ve sosları, pişirme kabında kalan kalıntılar, ızgara işlemi esnasında

ortaya çıkan duman ve sigara dumanında da bulunduğu ve bahsedilen şekillerde de vücuda girebileceği vurgulanmaktadır (Dündar 2011).

2.2.3 Heterosiklik aromatik aminlerin kimyasal yapısı ve oluşum mekanizmaları

HAA'lar, halka yapılarında bir ekzosiklik amino grubu ile bir veya birden fazla N(azot) atomu içeren çok halkalı (2-5 arasında genellikle 3) aromatik yapılarıdır. Son yıllarda 25'in üzerinde HAA grubuna dâhil bileşen kontrolsüz koşullarda ısıl işlem görmüş etlerden izole edilmiştir (Alaejos vd. 2007; Puansombat vd. 2012). Çizelge 2.1'de pişirilmiş gıdalarda ve/veya model sistemlerde tanımlanmış heterosiklik aromatik aminlerin kimyasal isimleri, kısaltmaları, formülleri, molekül ağırlıkları ve keşfedilme yılları verilmiştir.

HAA'ların oluşum mekanizmalarına göre iki ana kimyasal sınıfı vardır. Bunlardan birincisi aminoimidazoazorenler (AIA) ve ikincisi ise aminokarbolinlerdir (Skog vd. 2000).

Sıcaklık HAA oluşumu için önemli bir faktördür (Viegas vd. 2012). Isıl işlem görmüş gıdalarda en önemli grubu oluşturan AIA grubu HAA'lar, termik HAA veya termik mutajenler olarak da adlandırılırlar ve gıdaların 150° C ve üzerindeki sıcaklıklarda kontrolsüz şartlarda pişirilmesi sürecinde serbest amino asitler, kreatin/kreatinin ve heksozlar arasındaki maillard reaksiyonu sonucu oluşurlar. 300° C ve daha yüksek sıcaklıklarda proteinlerin pirolizi ile oluşan aminokarbolinler ise pirolitik HAA'lar, pirolitik mutajenler yada IQ tipi olmayan HAA'lar olarak da adlandırılırlar (Murkovic 2004; Turesky 2007).

Çizelge 2.1 Pişirilmiş gıdalarda ve/veya model sistemlerde tanımlanmış heterosiklik aromatik aminlerin kimyasal isimleri, kısaltmaları, formülleri, molekül ağırlıkları ve keşfedilme yılları (Jagerstad vd. 1998)

Kimyasal İsmi ve Sınıfı	Kısaltma	Molekül Formülü	Molekül Ağırlığı	Erime Noktası (°C)	Öncü Bileşikler; Elde Edilen Kaynaklar, Gıdalardaki Varlığı	Keşfedilme Tarihi
I. Aminoimidazoazorenler						
2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinolin	IQ	C ₁₁ H ₁₀ N ₄	198	>300	Kreatin/in+bazı aminoasitler±şeker karışımının ısıtılması; Kızartılmış bacon, et ve balık yemekleri, tava kalıntısı, gıda aromaları	1980
2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinolin	4-MeIQ	C ₁₂ H ₁₂ N ₄	212	296-298		
2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinokzalin	IQx	C ₁₀ H ₉ N ₅	199	295-300	Kreatin/in+glukoz+aminoasitlerin oluşturduğu karışımın ısıtılması; Et ve balık yemeklerinde, et suları ve et ekstraktlarında major HAA	1988
2-amino-3,4 -dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinokzalin	4-MeIQx	C ₁₁ H ₁₁ N ₅	213			1987
2-amino-3,8 -dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinokzalin	8-MeIQx	C ₁₁ H ₁₁ N ₅	213			1981
2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinokzalin	4,8-DiMeIQx	C ₁₂ H ₁₃ N ₅	227	>300	Kreatin/in+glukoz+aminoasitlerin oluşturduğu karışımın ısıtılması; Çoğunlukla et ve balık yemeklerinde ve et sularında bulunur	1985
2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinokzalin	7,8-DiMeIQx	C ₁₂ H ₁₃ N ₅	227			1984
2-amino-3,4,7,8 -tetrametilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinokzalin	4,7,8-TriMeIQx	C ₁₃ H ₁₅ N ₅	241		Kreatin+kreatinin+alanin+treonin+glukoz karışımının ısıtılmasıyla; Gıdada tespit edilmemiştir.	1992
2-amino-4-hidroksimetil-3,8-dimetilimidazo [4,5- <i>f</i>] kinokzalin	4-CH ₂ OH-8-MeIQx				Kreatin+treonin +şeker karışımının ısıtılması; Dana ekstraktı	1994
2-amino-1,7,9-trimetilimidazo[4,5- <i>g</i>]kinokzalin	7,9-DiMeIqQx				Kreatin+treonin+şeker karışımının ısıtılması; Dana ekstraktı	1994
2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5- <i>b</i>] piridin	PhIP	C ₁₃ H ₁₂ N ₄	224	327-328	Kreatin+kreatinin+fenilalanin ±şeker karışımının ısıtılması; PhIP tava kalıntılarında, et ve balık yemeklerinden fazla tespit edilen bileşiktir	1986
2-amino-1,6-dimetil-imidazo[4,5- <i>b</i>] piridin	DMIP	C ₈ H ₁₀ N ₄	162			
2-amino-1,5,6 trimetilimidazo[4,5- <i>b</i>]piridin	1,5,6-TMIP	C ₉ H ₁₂ N ₄	176			
2-amino-3,5,6 trimetilimidazo[4,5- <i>b</i>]piridin	3,5,6-TMIP	C ₉ H ₁₂ N ₄	176			
2-amino-1-metil-6-(4-hidroksifenil)-imidazo[4,5- <i>b</i>]piridin	4'-OH-PhIP				Kreatin+tirozin±şeker karışımının ısıtılmasıyla; Izgara ve kızarmış dana eti	1992

Çizelge 2.1 Pişirilmiş gıdalarda ve/veya model sistemlerde tanımlanmış heterosiklik aromatik aminlerin kimyasal isimleri, kısaltmaları, formülleri, molekül ağırlıkları ve keşfedilme yılları (Jagerstad vd. 1998) (Devamı)

Kimyasal İsmi ve Sınıfı	Kısaltma	Molekül Formülü	Molekül Ağırlığı	Erime Noktası (°C)	Öncü Bileşikler; Elde Edilen Kaynaklar, Gıdalardaki Varlığı	Keşfedilme Tarihi
II. Aminokarbolinler						
α- karbolinler:						
2-amino-9H-pirido[2,3-b]indol	AαC	C ₁₁ H ₉ N ₃	183	202	Pirolize albumin, kazein, soya fasülyesi globulini veya triptofan; Barbekü/ ızgara edilmiş bitkisel ya da hayvansal orjinli gıdalar	1978
2-amino-3-metil-9H-pirido[2,3-b]indol	MeAαC	C ₁₂ H ₁₁ N ₃	197	215-218		
β- karbolinler:		C ₁₂ H ₁₁ N ₃	182	237-238	Pirolize triptofan veya proteinler, kreatin ve şeker içeren aminoasit karışımının ısıtılması; Et ekstraktları, pişmiş gıdalar	1978
9H-pirido[4,3-b]indol	Harman					
1-metil-9H-pirido[4,3-b]indol	Norharman					
δ- karbolinler:						
2-amino-6-metildipirido[1,2-a:3',2'-d]imidazol	Glu-P-1	C ₁₁ H ₁₀ N ₄	198	290-292	Pirolize glutamat veya kazein; Glu-P-2, yalnızca ızgarada pişmiş mürekkep balığında rapor edilmiştir	1978
2-amino-dipirido [1,2-a :3',2'-d] imidazol	Glu-P-2	C ₁₀ H ₈ N ₄	184	286-287		
3,4-siklopentenopirido[3,2-a] karbazol	Lys-P-1	C ₁₈ H ₁₄ N ₂	258		Prolize lizin; Gıdada tespit edilmemiş	
2-amino-5-fenilpiridin	Phe-P-1	C ₁₁ H ₁₀ N ₂	170		Pirolize fenilalanin; Izgarada pişmiş sardalya	1977
4-amino-6-metil-1-H-2,5,10,10b-tetraazafluoranten	Orn-P-1	C ₁₃ H ₁₁ N ₂	237		Pirolize ornitin; Gıdada tespit edilmemiştir	1981
4-amino-1,6-dimetil-2-metilamino-1H,6H-pirol[3,4-]benziimidazol-5,7-dion	Cre-P-1				Pirolize kreatin; Gıdada tespit edilmemiş	1991

HAA'lar kimyasal özelliklerine göre ayrıca, polar ve apolar olarak da sınıflandırılabilirler. Polar HAA'lar AIA'lar (IQ, IQx, MeIQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx, PhIP), Glu-P-1 ve Glu-P-2 olup- amino karbolinler (Trp-P-1, Trp-P-2), α -amino karbolinler (AC, MeAC), ve β - amino karbolinler (harman, norharman) apolar özelliktedir (Alaejos and Afonso 2011).

2.2.3.1 Aminoimidazoazorenler (imidazo-kinolinler, -kinokzalinler, -piridinler)

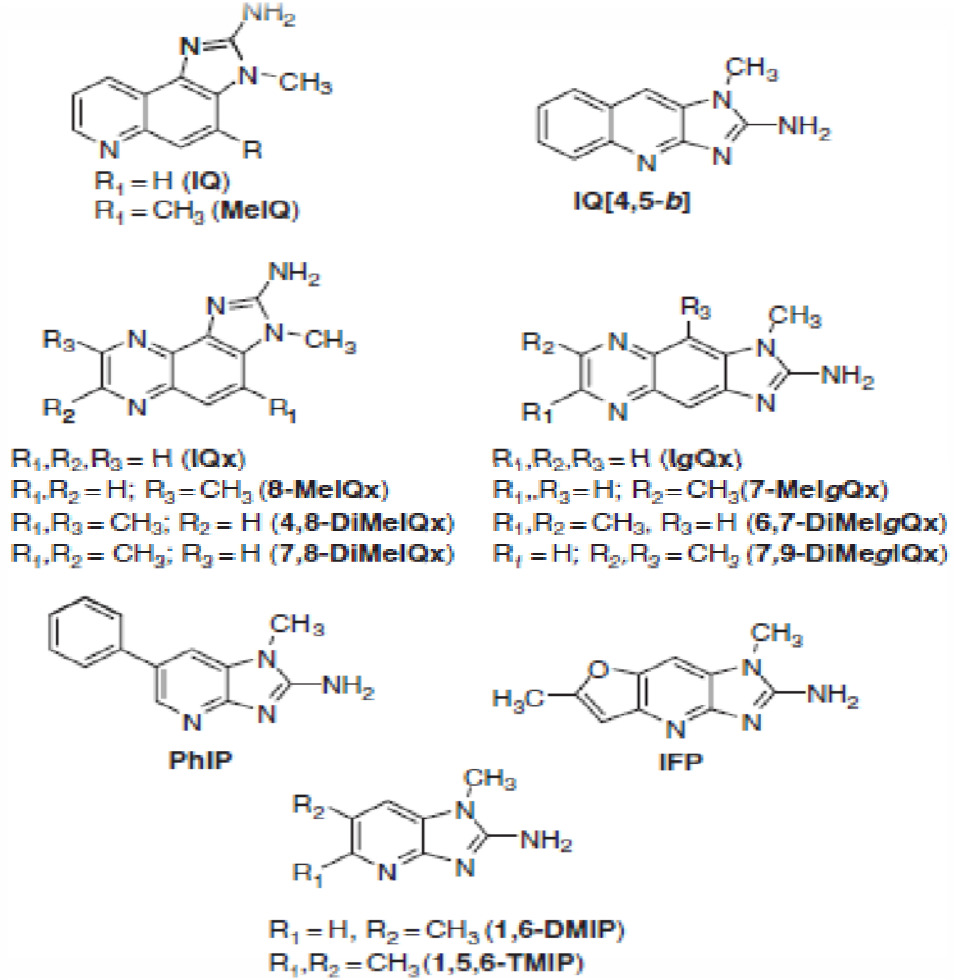
Kimyasal varlıkları ilk olarak 1980 ve 1981 yıllarında kabul edilen bu bileşikler ızgara balık ve etten izole edilmiştir. Aminokarbolinlerle kıyaslandığında önemli ölçüde mutajeniktirler ve düşük sıcaklıklarda kolaylıkla oluştuğundan risk sınıfı yüksek olan HAA'lardır (Jagerstad vd. 1998).

Bu gruba giren bileşiklerin sayısı hala artış göstermekle birlikte günümüze kadar 10'dan fazla izole edilmiş termik HAA bulunmaktadır (Şekil 2.1). Normal pişirme koşullarında ısıya karşı stabildirler ancak uzun süreli pişirmelerde parçalanmaya başlarlar. Yapılan çalışmalarda, ısıya en az dayanıklı bileşiğin PhIP bileşiği olduğu bunu sırasıyla 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx ve IQ bileşiklerinin takip ettiği, ısıya karşı en stabil bileşiğin ise IQx olduğu rapor edilmiştir. (Arvidsson vd. 1997; Chen and Chiu 1998).

AIA grubundaki HAA'ların tamamı imidazol grubu (2-amino-imidazol) ve imidazol halkasındaki bir azota bağlı bir metil grubu içermektedirler. Kimyasal yapının bu kısmı (kreatinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir) ya bir kinolin (IQ, MeIQ), kinokzalin (IQx, MeIQx, Di- MeIQx, TriMeIQx) veya piridin (PhIP, 4b-OH-PhIP, DMIP, TMIP)'e bağlanır (Murkovic 2004; Szterk vd. 2012; Kondjoyan vd. 2013). Kinolin, kinokzalin ve piridin kısmına bağlanan metil gruplarının sayısı ve pozisyonuna bağlı olarak farklı HAA'lar oluşur (Jagerstad vd. 1998).

2-amino-imidazol grubu mutajenik/genotoksik aktiviteden sorumlu kısımdır. Ayrıca bağlanan metil gruplarının sayısı ve pozisyonu bu bileşiklerin mutajenitesini/genotoksik potansiyelini daha da artırmaktadır. Ayrıca bu bileşikleri aminokarbolinlerden ayıran ve imidazol halka yapısında yer alan "*guanidin*" dolayısıyla mutajenik aktiviteleri nitritten

ve asidik koşullar altında nitrit muamelesiyle deaminasyondan etkilenmez (Jagerstad vd. 1998).



Şekil 2.1 Aminoimidazoazoren (AIA) grubu HAA'ların kimyasal yapıları (Turesky 2010)

IQ Bileşiklerinin Oluşum Mekanizması

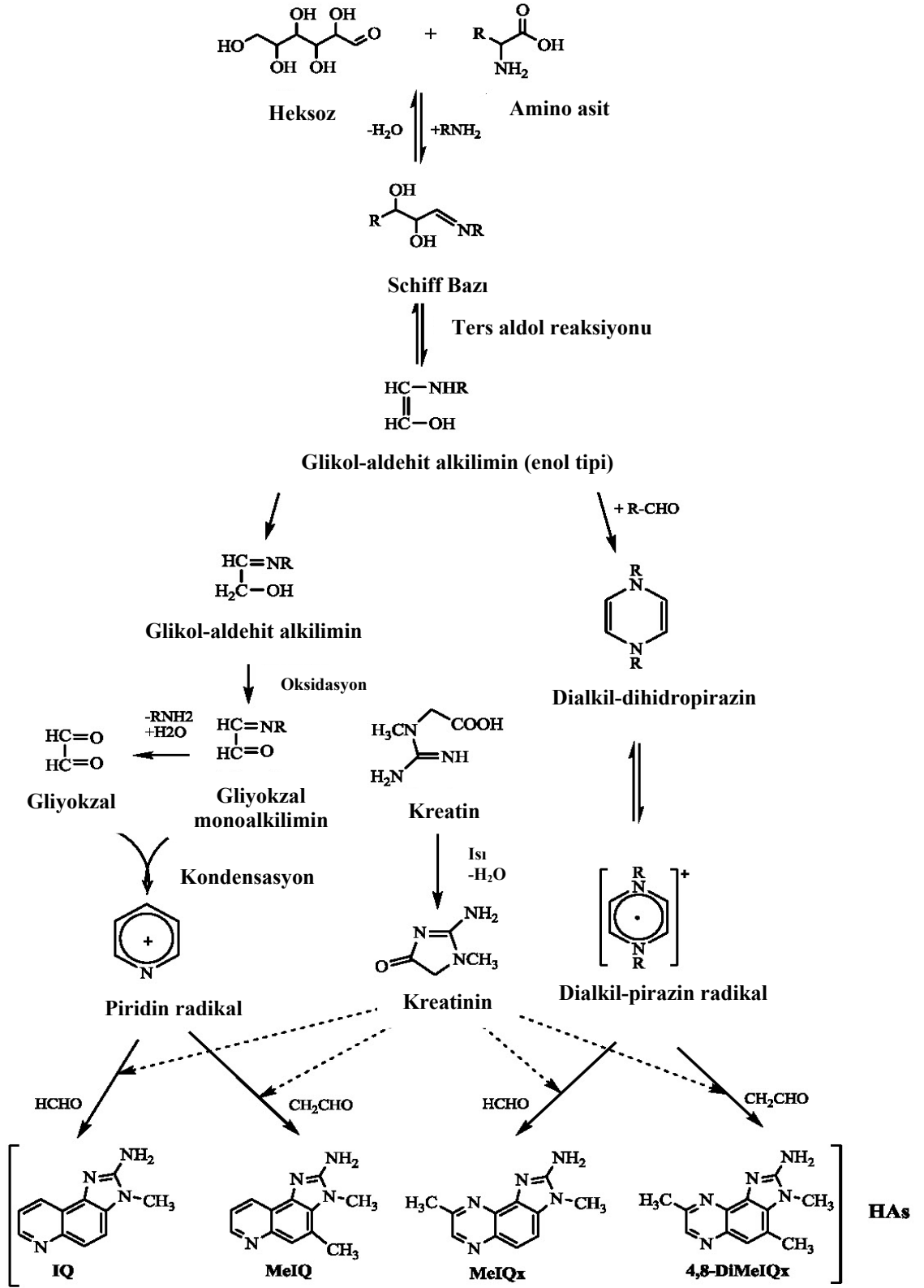
Jagerstad vd. (1998) IQ bileşiklerinin, hayvansal orijinli gıdalardaki kreatin, serbest amino asit ve heksozlardan Maillard reaksiyonu ile oluştuğunu öne sürmüşlerdir. Termik HAA'ların 2-amino-3-metil-imidazol (2-aminoimidazol) kısmı, bütün IQ bileşiklerinin temel yapısını oluşturmasına rağmen üç farklı alt gruba ayrılırlar ki bunlar kinolinler, kinokzalinler ve piridinlerdir. Çoğu imidazokinolinlerin ve imidazokinokzalinlerin oluşumu model sistemlerde, dietilen glkol içerisinde kreatin

veya kreatinin, serbest aminoasitler ve heksozların ısıtılmasıyla meydana gelmektedir. AIA'ların kabul edilen oluşum mekanizması Şekil 2.2'de verilmiştir.

AIA grubu IQ bileşiklerinin 2-amino-3-metil-imidazol (2-aminoimidazol) kısmınının, kas hücrelerinde doğal olarak bulunan kreatinden, sıcaklık yaklaşık 100° C'ye ulaştığı zaman su kaybı ve siklizasyon reaksiyonu sonucu meydana gelen kreatininden oluştuğu kabul edilmektedir (Jagerstad vd. 1998; Murkovic 2004). Bununla birlikte, AIA grubu IQ bileşiklerinin diğer kısımları (kinolin, kinokzalin ve piridin) heksoz ve aminoasitler arasındaki Maillard reaksiyon ürünlerinin, piridinler veya pirazinler gibi Strecker degradasyon ürünleri ile reaksiyona girmek için bir Strecker aldehiti veya ilgili bir Schiff bazı vasıtasıyla aldol reaksiyonuna girerek birleşmesiyle oluşurlar (Jagerstad vd. 1998; Viegas vd. 2012).

Ortamda kreatinin bulunmaması durumunda IQ ve IQx tipi HAA'lar oluşmamaktadır (Murkovic 2004). 2-aminoimidazol kısmı, bütün IQ bileşiklerinin bir parçası olup bu bileşiklerin mutajenliğinden de sorumludur.

Bu kısmın, özellikle de 2-amino grubunun olmaması IQ bileşiklerinin mutajenliğini önemli ölçüde düşürmektedir (Felton vd. 1999; Öz ve Kaya 2006). MeIQx ve DiMeIQx oluşumunun ilk aşaması, piridin ve pirazin serbest radikallerinin oluşumu için Maillard ve Strecker reaksiyonlarının kinetiğine bağlıdır. Devamında piridinler ya da pirazinler, kreatinin ile birleşirler ve reaksiyon su kaybı ve denatürasyon vasıtasıyla tamamlanarak bileşikleri oluşturur. Bu hipotez, kreatinin, 2,5-dimetilpirazin veya 2-metilpiridin ve asetaldehitten oluşan karışımın 130° C'de 3 saat boyunca ısıtılması sonucunda MeIQx ve 4,8-DiMeIQx oluşması ile kanıtlanmış ve sonuçlar daha sonra et ile yapılan çalışmalarda doğrulanmıştır (Murkovic 2004).



Şekil 2.2 IQ bileşiklerinin oluşum mekanizması (Viegas vd. 2012)

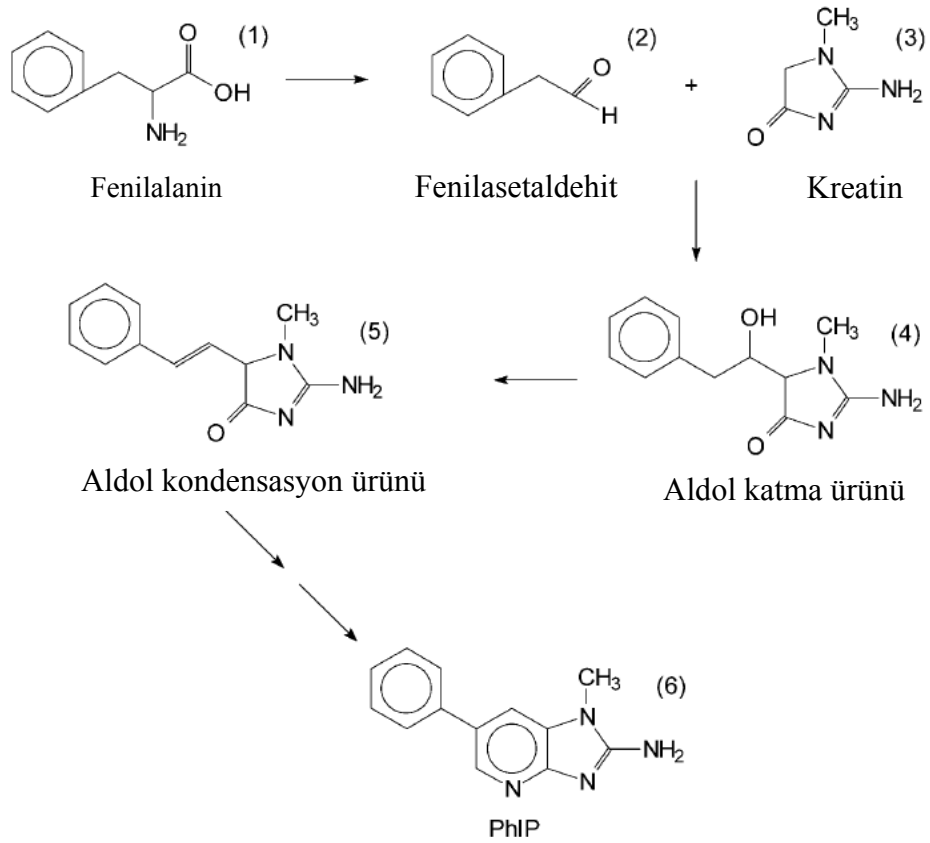
Daha ileri düzeyli çalışmalar, bu mekanizmaya öncü bileşikler, ara ürünler ve serbest radikal reaksiyonlarının da katıldığını göstermiştir. Örneğin, alkil-piridin serbest radikalleri ve kreatinin birlikte IQ ve MeIQ tipi HAA'ları oluştururken, alkil-pirazin serbest radikalleri ve kreatinin ise MeIQx ve 4,8-DiMeIQx tipi HAA'ları oluştururlar (Pearson vd 1992)

Kinetik çalışmalar, kreatin, glukoz ve aminoasit karışımının ısıtılmasıyla oluşturulan model sistemlerde HAA oluşumuna sıcaklık ve sürenin önemli etki yaptığını göstermiştir. Fakat aynı zamanda ürünün yüzeyine olan ısı transferi ile etin dış yüzeyine öncü bileşiklerin taşınması da bu oluşuma etki etmektedir(Jagerstad vd. 1998).

PhIP Bileşiğinin Oluşum Mekanizması

PhIP (2-Amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5-*b*]piridin) bileşiği en yaygın oluşan HAA'lardan birisidir (Zöchling and Murkovic 2002; Alaejos and Afonso 2011). İlk olarak 1986 yılında, Felton ve arkadaşları (1986) tarafından dana kıymalarının kızartılmasıyla izole edilmiştir. Model sistemlerde ise ilk defa Shioya vd. (1987) tarafından fenilalanin/ lösin, kreatin/in ve glukozun yer aldığı bir model sistemde tespit edilmiştir. Bununla birlikte şekerin yokluğunda da PhIP bileşiğinin oluştuğu rapor edilmiştir (Borgen vd. 2001). Fenilalanin ve kreatin, ısıtma ile bir Strecker aldehiti olan fenilasetaldehiti oluşturmaları ve bu bileşiğin de önemli bir ara ürün olarak PhIP bileşiği oluşumunda yer alması dolayısıyla öncü bileşik durumundadırlar (Murkovic 2004; Turesky 2010). Şekil 2.3'de PhIP bileşiğinin oluşum mekanizması yer almaktadır.

PhIP bileşiğinin oluşumunda ilk adım, fenilalaninin strecker degradasyonu (termal degradasyon) ile fenil asetatın oluşmasıdır. İkinci aşamada, fenilasetaldehit ile kreatinin arasında bir aldolizasyon meydana gelmektedir ki bu aldol reaksiyonunda bazı ara ürünler oluşmaktadır. Oluşan ilk ara ürün aldol katma bileşiğidir (2-amino-1-metil-5-(1'-hidroksi-2'-feniletıl)-imidazol-4-one) ve dehidrasyonla bu bileşikten aldol kondensasyon bileşiği meydana gelir (2-amino-1-metil-5-(2'-feniletıl)-imidazol-4-one).



Şekil 2.3 PhIP bileşiğinin oluşum mekanizması (Zöchling and Murkovic 2002)

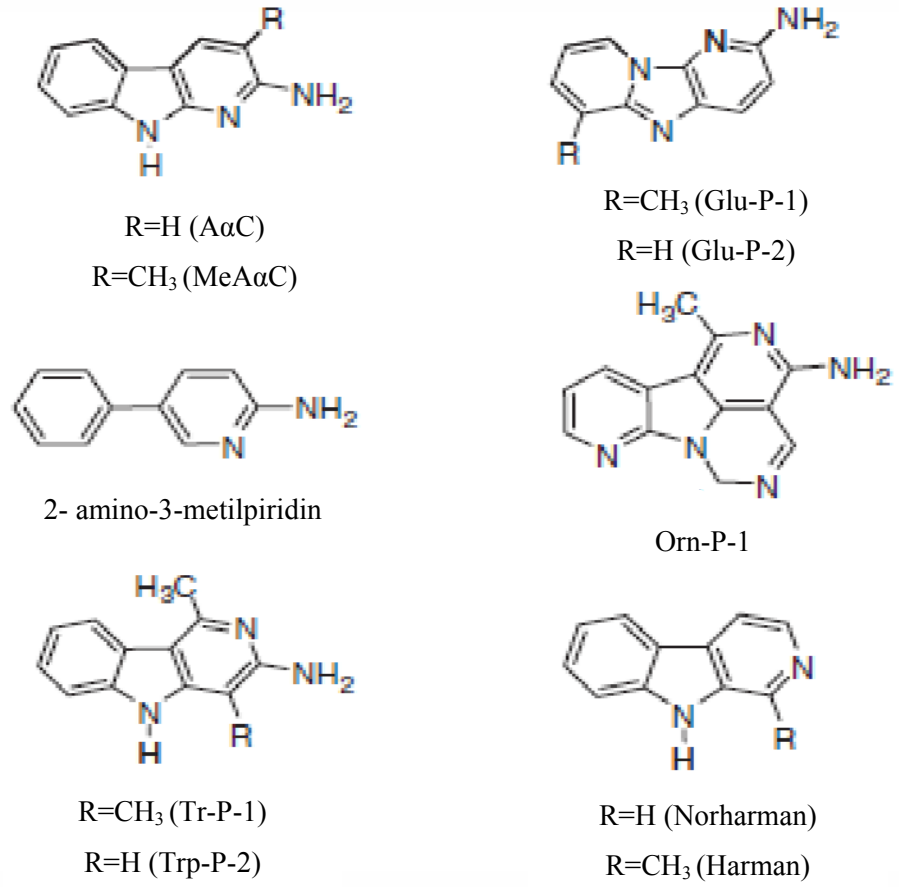
Son aşamada ise, kondensasyon ürününün kreatinin kısmı ile bir amino grubu arasında Schiff bazı oluşmakta ve PhIP bileşiği meydana gelmektedir (Zöchling and Murkovic 2002). Fenilalaninin, fenilasetaldehite dönüşümü karbonhidratlar veya lipid oksidasyonunda oluşan reaktif karboniller tarafından da katalizlenmektedir (Zamora vd. 2012). Son yıllarda yapılan çalışmalar lipid oksidasyon ürünlerinin Strecker degradasyonunda rol almak suretiyle PhIP bileşiğinin oluşumunda rol aldıklarını göstermiştir (Zamora vd. 2012, 2013). PhIP bileşiği aynı zamanda kreatinin, lösin, izölösün ve tirozin ile ısıtılması ile de oluşmaktadır (Skog 1993). Glukozun, sulu bir model sistemde kreatin ve fenilalaninden oluşan PhIP bileşiği üzerinde önemli ölçüde etkisinin olduğu bildirilmiştir (Skog and Jagerstad 1991). Kısacası, PhIP bileşiğinin oluşumu için temel bileşenlerin değişmesine bağlı olarak birden fazla alternatif yol bulunmaktadır.

2.2.3.2 Aminokarbolinler (pirido-indoller, pirido-imidazoller)

Bu bileşikler ilk olarak sigara dumanından izole edilmişlerdir. Sonraları yapılan çalışmalarda triptofan, glutamik asit, lizin, fenilalanin, ornitin gibi pirolize tekli aminoasitten veya kazein, albumin, gluten veya soya globulini gibi pirolize proteinlerden de izole edilmişlerdir (Jagerstad vd. 1998). Bunlar 1975-1980 yılları arasında mutajenik HAA'lar arasında keşfedilen ilk grup olmuştur (Sugimura 1997).

Aminokarbolin grubundaki HAA'lar, bir piridin halkasına bağlanmış ekzosiklik amino grubu ve ekzosiklik metil grubu (bazı bileşiklerde) içerirler. Kimyasal yapının bu kısmı bir indol veya bir imidazol ile birleşir. Bu durumun bir istisnası β -karbolinlerdir çünkü halka yapılarında amino grubu içermezler. Bu yüzden de Ames mutajenite testine göre mutajenik değildirler. Fakat ko-mutajen etki gösterirler (Jagerstad vd. 1998). β -karbolinler (harman, norharman) hariç aminokarbolinler pirolitik mutajenler olarak kabul edilmektedir (Skog vd. 2000). Aminokarbolinler, mutajenik aktivitenin kaybına sebep olan nitrite karşı hassasiyet gösterirler (Jagerstad vd. 1998).

Bilinen pirolitik HAA'lar beş farklı grubu içerir. Bunlar pridoinidoller, pridoinimidazoller, fenilpridinler, tetraazofloranten ve benzimidazol kısımlarıdır. Pridoinidoller; α -, β -, γ -karbolinler, pridoinimidazoller; δ -karbolinler, fenilpridinler; Phe-P-1, tetraazofluoranten; Orn-P-1, benzimidazol; Cre-P-1 olarak alt gruplara ayrılmıştır. α -karbolinlere; A α C, MeA α C, β -karbolinlere; harman, norharman, γ -karbolinlere; Trp-P-1, Trp-P-2, δ -karbolinlere; Glu-P-1, Glu-P-2 örnek verilebilir (Jagerstad vd. 1998). Şekil 2.4'de gıdalardan izole edilen aminokarbolin bileşiklerin kimyasal yapısı yer almaktadır.



Şekil 2.4 Aminokarbolin grubu HAA'ların kimyasal yapıları (Turesky 2010)

Oluşum mekanizması

Trp-P-1, Trp-P-2, AαC ve MeAαC gibi aminokarbolin grubu HAA'ların oluşum mekanizmalarındaki metabolik yol hala bilinmemekle birlikte (Alaejos and Afonso 2011; Szterk 2015) genel oluşum mekanizmaları, IQ tipi olmayan mutajenik HAA'ların, proteinlerin pirolizi ile oluştuğu yönündedir.

Piroliz, 300° C üzerindeki sıcaklıklarda meydana gelmekte ve radikal reaksiyonlar boyunca birçok reaktif bileşen oluşmaktadır (Skog vd. 2000). Bu bileşenler yeni heterosiklik yapıları oluşturmak için değişime uğramakta, bu yolla da serbest radikal reaksiyonlarıyla pirolitik mutajenler oluşmaktadır (Murkovic 2004).

Piştirme esnasında, sıcaklık 225-250 °C civarına ulaştığında reaktif bileşenler parçalanmaya ve diğer bileşiklere dönüşmeye başlarlar ve oluşum pirolitik reaksiyonlara doğru kayar. Aminokarbolinlerin çoğu, ızgarada pişirilmiş, kızartılmış veya kavrulmuş et ve balığın ekstrakt ve bulyon gibi ürünlerinden izole edilmiştir (Jagerstad vd. 1998).

α - ve δ -karbolinler (A α C, MeA α C, Trp-P-1, Trp-P-2) triptofan veya albumin, globulin, kazein, soya globulini gibi bitkisel ya da hayvansal kaynaklı proteinlerin pirolizi ile oluşmaktadır. Triptofan pirolizatlarından Trp-P-1 ve Trp-P-2 ile soya globulini pirolizatları A α C ve MeA α C'nin kimyasal yapılarının bir parçası olarak triptofandan kaynaklanan indol içerirler (Jagerstad vd. 1998).

Aminoasitlerden oluşan β -karbolinler (norharman ve harman) diğer karbolinlerle kıyaslandığında 10-100 kat daha hızlı oluşma eğilimi gösterirler (Jagerstad vd. 1998).

Ev tipi piştirme koşullarına yakın sıcaklıklarda (örn. 100–225° C) birçok aminoasit veya aminoasit karışımının, sulu ortamda kreatin ve glukoz ile 10-12 dk arasında ısıtılmasıyla norharman ve harman oluşmaktadır (Jagerstad vd. 1998; Arvidsson vd. 1997). Benzer şekilde, triptofan, glukoz ve kreatininin sulu ortamda 180 °C'de 10 dk ısıtılmasıyla Trp-P-1 ve Trp-P-2 oluşumu gözlenmiştir (Jagerstad vd. 1998). Aminokarbolin grubu HAA'ların oluşumu kreatinine bağlı değildir. Bununla birlikte model sistemlerde yapılan çalışmalarda harman ve norharmanın oluşumunda kreatinin miktarının artmasına bağlı olarak bileşik oluşumunun da arttığı görülmüştür (Jagerstad vd. 1998).

Bununların dışında 1,5,6-TMIP, 3,5,6-TMIP, 4-CH₂OH-8-MeIQx gibi bazı termik HAA'lar ile Phe-P-1, Orn-P-1, Cre-P-1 ve Lys-P-1 gibi pirolitik HAA'ların oluşum mekanizmaları konusunda hala bilgi bulunmamaktadır (Alaejos and Afonso 2011).

2.2.4 Heterosiklik aromatik aminlerin ısı stabilitesi

Chiu and Chen (2000) ısıtma boyunca HAA'ların stabilitesini incelemişler ve bu kapsamda, bir model sistemde HAA standartlarından hazırlanan süpernatant 100° C, 150° C ve 200° C'de 1-2-3-6-12-18 ve 24 saat süreyle ısıtılmış ve HAA'ların ısı

stabilitesi araştırılmıştır. 24 saat sonunda bütün HAA'larda %10~40'a varan parçalanma/kayıplar görülmüştür. En yüksek kayıp PhIP (% 57,5), Trp-P-1 (% 47,2) ve MeAαC (% 41,1) bileşiklerinde en az kayıp ise norharman (% 10,4), Glu-P-2 (% 8,8) ve IQx (% 8,7) bileşiklerinde gözlenmiştir. Benzer sonuçlar 150° C ve 200° C'de yapılan ısıtma neticesinde de gözlenmiştir. Isıtma süresinin artmasına bağlı olarak HAA konsantrasyonunda azalma gözlenmiştir. 150° C'de 24 saat ısıtma sonucunda çoğu HAA'larda % 30 dan fazla; 200° C'de 24 saat ısıtma sonucunda % 50 den fazla kayıp gözlenmiştir. 150° C'de en fazla kayıp PhIP (% 67,2) ve MeAαC (% 59,3) bileşiklerinde; 200° C'de en fazla kayıp PhIP (% 85,5) ve MeAαC (% 85) bileşiklerinde tespit edilmiştir. Oysa ki 200° C'de en az kayıp IQx (% 18,8) ve Glu-P-2 (% 23) bileşiklerinde olmuştur. Sonuç olarak en fazla kayıp PhIP bileşiğinde, en az kayıp ise IQx bileşiğinde tespit edilmiştir. PhIP bileşiğinin ısıtma süresince stabil olmayan yapısının nedenleri: (1) Diğer HAA'lara kıyasla kimyasal değişmelere daha hassas olmasına sebep olan konjuge karbon-karbon çift bağlarını daha fazla içermesi, (2) PhIP bileşiğinin yan zincirine tekli bağ ile bağlanmış ve yer değiştirmesini kolaylaştıran benzen halkasının varlığıyla açıklanmıştır.

Benzer şekilde, Arvidsson vd. (1997) bir model sistemde, kreatin/in, glukoz ve farklı aminoasitlerin karışımından (triptofan, fenilalanin, taurin, karnosin vs.) oluşan süpernatantı 225° C'de ısıtarak HAA'ların ısı stabilitesini incelemiştir. Bu kapsamda IQx, MeIQx, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx ve PhIP bileşikleri incelenmiş ve ısı ile parçalanmaya en hassas bileşiğin PhIP olduğu tespit edilmiştir. Bunu takiben 7,8-DiMeIQx, MeIQx, 4,8-DiMeIQx ve en stabili IQx olarak rapor edilmiştir. Bu çalışma yalnızca polar HAA'lar üzerinde yapılmıştır.

2.3 Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna Etki Eden Faktörler

Mutajenik ve karsinojenik özellikteki HAA'ların ısıl işlem görmüş etlerde oluşum düzeyi öncelikle uygulanan pişirme yöntemi, pişirme süresi, pişmişlik derecesi ve sıcaklığına bağlı olmakla birlikte öncül bileşiklerin konsantrasyonu ve çeşidi (şekerler, serbest amino asitler, kreatin/in), hayvanın cinsiyeti, ısıl işlem gören etin türü (dana, domuz, kanatlı vb.), çiğ etin depolanma süreci, etin su ve yağ içeriği, yağın oksidasyon durumu, Fe⁺² iyonunun varlığı, pH gibi faktörler ile baharatlar, doğal ve yapay

antioksidan varlığı gibi etmenlere bağlıdır (Turesky vd. 2007; Öz vd. 2007, 2010; Polak vd. 2009; Janoszka vd. 2009; Alaejos and Afonso 2011; Puangsombat vd. 2012; Szterk vd. 2012; Szterk 2015).

HAA oluşumu için en önemli parametrenin pişirme koşulları olduğunu söylemek mümkündür. Yanı sıra, ette doğal olarak bulunan kreatin/in, karbonhidratlar, serbest aminoasitler ve HAA oluşumunu artırıcı veya azaltıcı etki gösteren bileşikler de bu oluşuma katkı sağlamaktadırlar. HAA oluşumu üzerine bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin etkisinin belirlenmesi için model sistemlerle yapılan çalışmalar son yıllarda bu bileşiklerin oluşum mekanizmasının anlaşılmasına büyük katkı sağlamıştır (Arvidsson vd. 1997; Pais vd. 1999; Borgen vd. 2001; Messner and Murkovic 2004; Skog and Solyakov 2002; Turesky 2007; Alaejos vd. 2007; Kataoka vd. 2012).

Model sistemler HAA'ların oluşumunu daha iyi anlayabilmek ve farklı pişirme koşullarını kolaylıkla uygulayarak bu bileşiklerin vücuda alımını azaltabilmek için stratejiler geliştirmeyi mümkün kılan geliştirilmiş simüle ortamlardır. Böylelikle çeşitli paralel reaksiyonlar elemine edilir ve esas reaksiyonlar daha kolaylıkla çalışılır. Bu da koşulların daha stabil olmasını ve sonuçların gerçeğe daha olmasını sağlar (Alaejos and Afonso 2011). Model sistemler özellikle pişirmenin sebep olduğu konsantrasyon değişikliklerinde, tekrarlanabilir veri elde etmek açısından önemlidir. Etin pişirilmesi esnasında ısı ve kütle transferi, suyun buharlaşması, kabuk oluşumunun kontrol edilmesi zor parametrelerdir. Model sistemlerle bu parametreler, şartların kontrollü olması nedeniyle daha kolay çalışılır (Messner and Murkovic 2004).

Model sistemler çoğunlukla kreatin, kreatinin, aminoasitler ve şekerleri içerirler. İlk olarak 1983 yılında Jagerstad ve ark, öncü bileşiklerin kapaklı bir tüp içerisinde dietilen glikol ile ısıtılmasıyla bir model sistem oluşturmuş ve öncü bileşiklerin HAA oluşumuna etkisi ile kinetiklerini araştırmıştır. Bu çalışmanın sonucunda bunu takip eden birçok araştırma yapılmıştır (Negishi vd. 1984; Skog and Jagerstad 1993; Johansson vd. 1995a; Arvidsson vd. 1997; Knize and Felton 2005). Model sistemlerin uygulanmasıyla ara ürünlerin HAA oluşumuna etkisi belirlenebilmiştir.

2.3.1 Heterosiklik aromatik amin oluşumuna pişirmenin etkisi

Piştirme sıcaklığı ve süresinin etkisi

Piştirilmiş ette oluşan HAA'ların miktarı ve çeşitliliği piştirme yöntemi ve koşulları ile yakından ilişkili olup sıcaklık ve sürenin artmasıyla oluşan HAA miktarında önemli ölçüde artış görülmektedir (Persson vd. 2002, Messner and Murkovic 2004, Turesky vd. 2007, Polak vd. 2009, Liao vd. 2009). Literatürde HAA miktarının sıcaklık x süre ilişkisine paralel olarak artış gösterdiğini rapor eden araştırmalar mevcuttur (Kataoka vd. 2012; Szterk 2015).

Yapılan araştırmalarda, HAA oluşum düzeyinin gıdaların 150 °C'de kızartılması sonucunda tespit edilemediği veya çok düşük düzeylerde tespit edildiği rapor edilmişken piştirme sıcaklığının 190 °C ve üstüne çıkması sonucunda HAA oluşum düzeyinde önemli ölçüde artış gözlemlendiği vurgulanmıştır. Örneğin, PhIP ve β -karbolin grubu bileşiklerin oluşumu sıcaklığın artmasından önemli ölçüde etkilenmekte olup artışla birlikte doğrusal olmayan bir değişim göstermektedir (Jackson and Hargraves 1995; Abdulkarim and Smith 1998; Balogh vd. 2000).

Piştirme sıcaklık ve süresinin HAA oluşumuna etkisinin bir model sistemde incelendiği çalışmada, dana, domuz, tavuk ve hindi etleri liyofilize edilerek etilen glikol ile 180° C ve 220° C sıcaklıklarda, 10 ve 30 dk sürelerde ısıtılmış ve HAA oluşumu incelenmiştir (DMIP, IQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, Trp-P-1, PhIP, A α C, MeA α C). Çalışma sonucunda, en yüksek HAA bileşiklerinin 220° C'de 30 dk piştirilmiş gruplarda olduğu gözlemlenmiştir. Bütün gruplarda en fazla oluşan bileşik PhIP bileşiği olmuştur. En yüksek HAA miktarları sırasıyla dana, domuz, tavuk ve hindi etlerinde gözlemlenmiştir. Özetle çalışmada, piştirme süresi ve sıcaklığındaki artışa bağlı olarak HAA oluşumunun da arttığı, 220° C'de 30 dk piştirilmiş dana etinde PhIP bileşiğinin en yüksek oranda oluşan bileşik olduğu vurgulanmıştır (Messner and Murkovic 2004).

Skog and Solyakov (2002) tarafından çoğunluğu tavuk olmak üzere kanatlı etinde HAA oluşumunun incelendiği derleme çalışmada, 25'den fazla araştırma sonucu bir araya

getirilerek değerlendirilmiş, kanatlı eti ve ürünlerinde HAA oluşumunu etkileyen temel faktörlerin; pişirme yöntemi, pişirme sıcaklığı ve süresi olduğu rapor edilmiştir.

Pişirme sıcaklığındaki artışın HAA oluşumu üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, sığır köftelerinin 190° C’de 12 dk ve 205° C’de 10 dk süreyle pişirilmesi sonucunda; sıcaklık ve süre artışına paralel olarak MeIQx miktarında 4,96 ng/g’dan 6,93 ng/g düzeyine, PhIP miktarında 3,14 ng/g’dan 4,89 ng/g’a artış gözlemlendiği belirtilmiştir (Puangsombat and Smith 2010).

Balogh vd. (2000) pişirme sıcaklığı ve süresinin HAA oluşumuna etkisini inceledikleri çalışmalarında 175° C, 200° C ve 225° C’de üç farklı pişirme sıcaklığında; 12 ve 20 dk olacak şekilde iki farklı pişirme süresinde kızartılmış dana köftelerde HAA bileşiklerindeki değişimi incelemiştir (IQ, MeIQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx ve PhIP). Sonuçta, örneklerde en fazla PhIP bileşiği, en az ise MeIQ bileşiği tespit edilmiştir. PhIP bileşiği en yüksek 225° C’de 20 dk pişirilen örneklerde (31,4 ng/g); en düşük 175° C’de 12 dk pişirilen örneklerde (0,9 ng/g) tespit edilmişken MeIQ bileşiği sırasıyla 3,5 ng/g ve 0,1 ng/g düzeylerinde belirlenmiştir. Aynı çalışmada IQ bileşiğinin 0,7-5,3 ng/g; MeIQx bileşiğinin ise 0,5-5,8 ng/g arasında değişen miktarlarda değerler aldığı görülmüştür. Toplam HAA açısından incelendiğinde 225° C’de 12 dk pişirilen örneklerde 24,6 ng/g düzeyinde toplam HAA; 225° C’de 20 dk pişirilen örneklerde ise 50,8 ng/g düzeyinde toplam HAA rapor edilmiştir. Sonuç olarak, en yüksek toplam HAA içeriğinin, en yüksek pişirme sıcaklığında ve en uzun pişirme süresinde pişirilen örneklerde tespit edildiği gözlenmiştir.

Pişirme yönteminin etkisi

Kızartma, kavurma, tüksüleme, ızgara, fırında pişirme gibi farklı pişirme yöntemlerinin farklı düzeylerde HAA oluşumuna neden olduğuna dair araştırmalar mevcuttur (Iwasaki vd. 2010; Oz vd. 2007). Örneğin; haşlama, fırında pişirme ve derin yağda kızartma gibi yöntemlerde düşük düzeyde HAA oluşumu görülürken (Zimmerli vd. 2001) tavada kızartma, ızgara/barbeküde pişirme yöntemlerinde yüksek sıcaklık dolayısıyla daha yüksek HAA oluşumu gözlenmektedir. Bazı tipik HAA’ların oluşumları pişirme metotlarına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Chen and Chiu 1998). Örneğin,

ızgarada pişirilmiş dana etlerinde tipik olarak IQ, MeIQx ve PhIP bileşikleri tespit edilmişken kızartılmış dana etinde MeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşikleri tespit edilmiştir (Puangsombat vd. 2012). Derin yağda kızartılan tavuk etlerinde gıdanın sıcak yağ tarafından çevrenmesi dolayısıyla düşük düzeyde HAA oluştuğu belirtilmiş, oluşan bileşiklerin de ağırlıklı olarak PhIP ve Harman olduğu rapor edilmiştir (2-3 ng/g düzeyinde) (Skog and Solyakov 2002). Tavada pişirme uygulamalarında en çok oluşma eğilimi gösteren bileşik MeIQx ve PhIP bileşikleri olmuştur (<bs- 10,4 ng/g arasında değişen düzeylerde) (Krul vd. 2000).

Geleneksel bir pişirme yöntemi olan fırında pişirme esnasında, fırın içerisinde konveksiyonel ısınma dolayısıyla ürün yüzeyinde eşit ısı dağılımı sağlandığı ve aşırı ısınmanın önlenmesi bu nedenle fırında pişirilen tavuk ve dana köftelerin HAA düzeyinde düşüş görüldüğü bildirilmiştir (Skog and Jagerstad 1991; Shabbir vd. 2015). Derin yağda kızartma yönteminde, ürün yüksek sıcaklıkta kızgın yağın içine daldırılmakta ve yağın ürünü çevrelemesi neticesinde sıcaklık 175-190° C'ler civarında olmakta, bu durum da hızlı bir pişirme sağlayarak HAA oluşum düzeyinin 1 ng/g'ın altında kalmasını sağlamaktadır (Shabbir vd. 2015). Elektrikli ızgarada pişirme esnasında, ısının transferi esas olarak termal yayılım ile olmakta ve gıdanın yüzeyinde 260° C'yi aşan bir ısı oluşturmaktadır. Bu durum da yüksek düzeyde HAA oluşumunu tetiklemektedir (Liao vd. 2010). Tavada pişirme yöntemi, az miktarda katı veya sıvı yağ ile yağlanmış genellikle teflon kaplı tavada uygulanan yöntem olup 180° C'de 5-10 dk gibi sürelerde uygulanan pişirme neticesinde (et kalınlığı, süre gibi faktörlere bağlı olarak) 2-70 ng/g arasında değişen oranlarda HAA oluşumuna neden olmaktadır (Liao vd. 2010).

Skog and Solyakov (2002) kanatlı ürünlerinde farklı pişirme yöntemlerinin HAA'lara olan etkisini inceledikleri çalışmalarında, mikrodalga ile pişirme yönteminde, enerji iç kısımdan dışa doğru iletildiği için ürün yüzeyinin fazla ısınmamasından dolayı HAA oluşumunun minimize edildiğini; derin yağda kızartmanın, gıdanın kızgın yağ ile çevrenmesi ve ısı yalıtımı sağlaması dolayısıyla düşük düzeyde HAA oluşumu sağladığını (0,5 ng/g'ın altında); fırında pişirme uygulamasının ısının iletimi dolayısıyla yüksek düzeyde HAA oluşumuna sebep olmadığını; ızgara ve mangalda pişirme

uygulamasının etin yüzeyinde sıcaklığın önemli ölçüde farklılık göstermesi dolayısıyla en fazla HAA oluşumunu tetikleyen pişirme yöntemleri olduğunu bildirmişlerdir.

Sinha vd. (1998) tarafından yapılan bir araştırmada üç ayrı pişirme yönteminde (tavada pişirme, fırında pişirme ve ızgara), dört ayrı pişirme derecesinde (az, orta, çok, çok iyi) pişirilen biftek ve hamburger köftelerde PhIP ve MeIQx içeriği incelenmiştir. Tavada pişirmede 190° C’de 15-30 dakika arasında, fırında pişirmede 180° C’de 10-25 dakika, ızgarada pişirmede 260° C’de 16-40 dakika arasında değişen sürelerde uygulanmıştır. Sonuçta, bifteklerde MeIQx oluşumu <bs- 8,2 ng/g (tavada pişirme-çok iyipişmiş); PhIP oluşumu ise 1,9 ng/g (tavada pişirme-az pişmiş) ile 30 ng/g (ızgarada pişirme-çok iyi pişmiş) arasında değişmiştir. Bununla birlikte, hamburger köftelerde MeIQx oluşumu <bs- 4,6 ng/g (ızgarada pişirme -çok iyi pişmiş) PhIP oluşumu ise nd- 16,8 ng/g (ızgara-pişirme-çok iyi pişmiş) arasında değişmiştir.

Öz vd. (2007) derin yağda kızartma (180 C’de 8 dk), tavada pişirme (180 C’de 8 dk), ızgarada pişirme (180 C’de 8 dk) ve barbekü (180 C’de 20 dk) uygulamalarından oluşan dört farklı pişirme yönteminin gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) ve kahverengi alabalık (*Salmo trutta fario*) filetoları üzerinde HAA oluşumuna etkisini incelemişlerdir. Bu kapsamda, IQ, MeIQ, MeIQx, PhIP ve 4,8-DiMeIQx bileşikleri araştırılmıştır. Çalışmada, MeIQ MeIQx ve PhIP bileşikleri hiçbir grupta tespit edilememiş iken en yüksek değerler barbeküde pişirilen kahverengi alabalıklarda (IQ, 4,8-DiMeIQx) ve ızgarada pişirilen gökkuşuğu alabalıklarında (4,8-DiMeIQx) tespit edilmiştir.

Liao vd. (2010), tavuk ve ördek göğüs etlerinde farklı pişirme yöntemlerinin (tavada pişirme, mangalda pişirme, derin yağda kızartma ve kavurma) HAA oluşumu üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında en yüksek toplam HAA oluşumunun mangalda pişirilen tavuk göğüs etinde (112 ng/g) tespit edildiğini bunu tavada pişirilen ördek göğüs etinin (53,3 ng/g), mangalda pişirilen ördek göğüs etinin (32 ng/g) ve tavada pişirilen tavuk göğüs etinin (27,4 ng/g) izlediğini rapor etmişlerdir. Ayrıca, tavuk göğüs etlerinde en fazla tespit edilen bileşiklerin norharman, harman ve PhIP bileşikleri olduğu da belirtilmiştir.

Gibis vd. (2015) tarafından farklı pişirme yöntemleri ve sürelerinin domuz pastırması (bacon) üzerinde HAA oluşumu açısından etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, 150-170° C’de 3,4,5 ve 6 dk sürelerde; 200-220° C’de 2 ve 3 dk süreyle pişirilen bacon örneklerinde MeIQx, PhIP, Norharman ve Harman oluşumu incelenmiştir. 150-170° C’de pişirilen örneklerde MeIQx ve PhIP bileşiklerinde pişirmeye bağlı azalma görülmüşken norharman ve harman bileşiklerinde pişirmeye bağlı artış görülmüştür. Bu sıcaklıklarda en yüksek değerler 6 dk. pişirilen örneklerde tespit edilmiştir. Bu değerler MeIQx için 4,9 ng/g; PhIP için 1,1 ng/g, norharman için 14,1 ng/g ve harman için 1,7 ng/g’dir. 200-220° C’de 2 ve 3 dk süreyle pişirilen baconlarda bütün gruplarda pişirmeyle birlikte HAA bileşiklerinde artış görülmüştür. En yüksek değer norharman bileşiğinde (19,9 ng/g), en düşük değer ise harman bileşiğinde (1,6 ng/g) tespit edilmiştir.

Isı ve kütle transferinin etkisi

Et ürünlerinde HAA oluşumuna farkı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sıcaklıklarının etkisi kadar ısı transferinin etkisi de önemli ölçüde etki etmektedir. Aynı sıcaklıkta pişirilen ürünlerde farklı miktarlarda HAA oluşumu gözlenmesinin en önemli nedenlerin birisi ısı transferinin etkinliğidir. Yanı sıra, et ürünlerinin homojen olmayan yapısı dolayısıyla pişirme esnasında etin pişirme yüzeyiyle tam temasının sağlanamaması, ısı kaynağına temas eden yüzeyde lokal olarak sıcaklığın daha yüksek olması ve suyun buharlaşması ile HAA içeriğinin yükselmesinin temelinde de ısı transferinin etkisi yatmaktadır (Messner and Murkovic 2004).

Pişirme süresince yüksek sıcaklık dolayısıyla etin yüzeyine etkili bir ısı transferi olmakta, bu durumda HAA oluşumu artmaktadır (Persson vd. 2003). Bu mekanizma, etin iç kısımlarında bulunan ve suda çözünen öncü bileşiklerin, pişirme boyunca su ile etin yüzeyine taşınması sonucunda öncü bileşiklerin konsantrasyonunun etin yüzeyinde veya yüzeye yakın yerlerde (sıcaklığın en yüksek olduğu noktada) artması şeklinde işlemektedir. Bu mekanizma HAA oluşumu için önemli bulunmuş ve yüksek oranda HAA oluşumu, etkin bir ısı tranferi sonucunda yüksek oranda pişme kaybı ile ilişkilendirilmiştir (Hasnol vd. 2014). Pişirme esnasında, yüzey sıcaklığının 100-140° C’yi aşmadığı durumlarda düşük düzeyde HAA oluşumu gözlenirken sıcaklığın

150° C'yi aştığı durumlarda HAA oluşumu da önemli ölçüde artmaktadır (Murkovic vd. 1997).

Piştirme kaybının etkisi

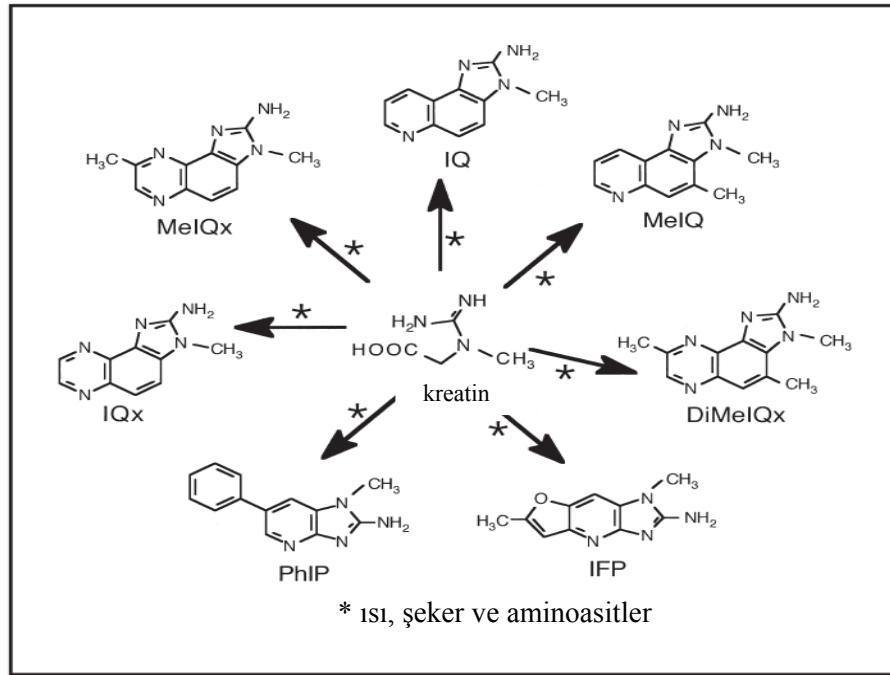
HAA oluşumuna piştirme ile ilgili etki eden bir diğer faktör piştirme kaybıdır. Yüksek oranda piştirme kaybı HAA oluşumunda artışa neden olmaktadır (Vangnai vd. 2014). Bu nedenle ette HAA oluşumunu azaltıcı yaklaşımlardan birisi de piştirme kaybının azaltılmasıdır. Persson vd. (2003) burger köftelerde yaptığı araştırmada formülasyona su tutucu etki gösteren % 1,5 sodyum klorür ve % 0,3 sodyum tripolifosfat ekleyerek köfteleri 180° C ve 220° C'de kızartmış, sonuç olarak su tutma kapasitesi arttığı için örneklerdeki suyun tutulması artmış, suda çözünen öncü bileşiklerin (kreatin, kreatinin, glukoz ve aminoasitler) yüzeye taşınması azalmış nihai olarak da piştirme kaybı azaldığından PhIP, MeIQx ve DiMeIQx bileşiklerinin oluşumunda da azalma görülmüştür.

2.3.2 Heterosiklik aromatik amin oluşumuna öncü bileşiklerin etkisi

1980'li yıllarda yapılan çalışmalarda ete piştirme öncesinde kreatin ilavesi ile mutajenik aktivitenin arttığı rapor edilmiştir (Jagerstad vd. 1983). 2000'li yıllara gelindiğinde ise 17 hayvan türünden elde edilen etler üzerinde yapılan çalışmalar kreatin veya kreatininin mutajenik aktivitede görülen farklılığın açıklanmasında tek başına yeterli olmadığını göstermiş ve pişmiş etlerde mutajen aktiviteden sorumlu olan başka bileşiklerin de olduğu fark edilmiş devam eden süreçte serbest amino asitlerin de mutajenik aktivitenin oluşumunda rol aldıkları ortaya çıkmıştır (Knize and Felton 2005). Hatta yakın zamanda yapılan bir araştırmada, serbest aminoasit, glukoz gibi öncü bileşiklerin yanı sıra, serbest pürin bazları, pirimidin bazları ve bunların nükleositlerinin de HAA sentezinde substrat olarak önemli rollerinin olduğu rapor edilmiştir (Szterk 2015). Öncü bileşiklerin konsantrasyonları HAA oluşumu için önemlidir (Persson vd. 2008).

Et ürünleri, piştirme boyunca serbest aminoasitler ve şekerler ile reaksiyona girebilen kreatin ve kreatinin içermektedir (Felton vd. 1994). Etin mutajenik aktivitesinin

temelinde kreatin vardır (Jagerstad *vd.* 1998). Isıl işlem boyunca kreatin, AIA'ların imidazo kısmını oluşturan kreatinine dönüşür. Sıcaklığın 100° C'nin üstüne çıkmasıyla birlikte kreatin miktarında hızlı bir azalış, kreatinin miktarında ise hızlı bir artış görülür (Öz 2006). Şekil 2.5'de kreatin, şeker ve aminoasitlerin pirosentezi ile oluşan AIA grubu HAA'lar görülmektedir. Bu bileşiklerin N-metil-amino-imidazo kısmı kreatinden oluşmakta, diğer halka yapıları ise diğer bileşiklerden oluşmaktadır (Knize and Felton 2005).



Şekil 2.5 Kreatin, şeker ve aminoasitlerden HAA pirosentezi (Knize and Felton 2005)

Piştirme süresince oluşan mutajenik bileşiklerin analizi sonucunda, serbest amino asitlerin HAA oluşumunda önemli rol oynadıkları ve aminoasit profilindeki değişimin oluşan mutajen bileşiklerin tipini ve miktarını etkilediği gözlenmiştir (Knize and Felton 2005).

Serbest amino asitler glukoz ile reaksiyona girmek suretiyle HAA oluşumunda rol alırlar. Hatta serbest aminoasitlerin HAA oluşumunda glukozdan daha önemli rol oynadığını ifade eden araştırmalar da bulunmaktadır (Tai *vd.* 2001). Serbest amino asitler HAA oluşumu için önemlidirler. Yapılan çalışmalarda, bazı spesifik aminoasitler

ile bazı tipik HAA'ların oluşumu arasında yüksek korelasyon bulunmuştur. Örneğin, triptofan ve glutamik asit Trp-P-1; Trp-P-2, Glu-P-1 ve Glu-P-2; fenilalanin PhIP bileşiği; triptofan β -karbolinlerin oluşumunda rol almaktadırlar (Skog vd. 2000). Yanı sıra, triptofan, glisin, metiyonin, lizin, alanin, fenilalanin ve treonin, etilen glikol içeren model sistemlerde harman ve norharman oluşumunda; veya suyun olduğu model sistemlerde MeIQ, IQ, IQx, MeIQx, 4,8-DiMeIQx ve 7,8-DiMeIQx oluşumunda öncü bileşik olarak rol alan serbest aminoasitlerdir (Bordas vd. 2004). Bunların dışında karnosin veya anserin gibi bazı peptitlerin Trp-P-1, Trp-P-2, A α C, MeA α C gibi bazı HAA'ların oluşumunda öncü bileşik olarak rol aldığını rapor eden çalışmalar da mevcuttur (Szterk vd. 2012).

Zamora vd. (2012) tarafından kreatinin, fenilalanin ve bunun dışında diğer bazı aminoasitleri içeren karışımın 200 °C'de 1 saat ısıtıldığı bir model sistemde, oksidize lipidlerin varlığında ve yokluğunda aminoasitlerin PhIP bileşiği oluşumundaki rolleri incelenmiştir. Sonuçta, oksidize lipidlerin olmadığı grupta, sistin, serin, aspartik asit, treonin, asparajin, triptofan, tirozin, prolin ve metiyonin aminoasitleri kontrol grubuna göre PhIP bileşiğinin oluşumunu artırmışlardır. Oksidize lipidlerin varlığında ise metiyonin, glisin ve serin aminoasitleri PhIP miktarını önemli ölçüde artırmış, fakat histidin, sistein, lizin, triptofan, tirozin ve alanin ise tersine PhIP miktarında ciddi anlamda düşüşe sebep olmuştur. Bu durum, lipidlerin yokluğunda, aminoasitlerin termal dekompozisyonu sonucunda, fenilalanini fenilasetata dönüştüren reaktif karboniller oluşmasıyla; oksidize lipidlerin varlığında ise, aminoasitlerin fenilalaninle reaksiyona girerek PhIP bileşiği oluşum mekanizmasında önemli rol oynadığı düşünülen (α -keto asitler gibi) aminoasitlerin degradasyon ürünlerini oluşturmasıyla açıklanmıştır.

Skog vd (2000) tarafından yapılan bir araştırma sonucunda triptofanın, normal pişirme koşullarında kolaylıkla oluşan β -aminokarbolinlerin (harman, norharman) oluşumunda önemli bir öncü bileşik olduğu belirtilmiş, ancak çalışmada triptofanın α - veya γ -aminokarbolinlerin oluşumunu artırıcı bir etki göstermediği bununla birlikte PhIP bileşiğinin oluşumunu inhibe ettiği rapor edilmiştir.

Felton vd. (1998)'e göre HAA'lar, şeker içeren ya da içermeyen model sistemlerde oluşabilmektedir. Bu noktada en kritik parametre şeker konsantrasyonudur. Örneğin;

PhIP gibi bazı HAA bileşikleri, şekerlerin yokluğunda oluşabilirken, çoğu HAA'ların sentezi için düşük düzeylerde de olsa indirgen şekerlerin varlığı gereklidir. Çünkü indirgen şekerler, IQ tipi HAA'ların piridin kısmı ile IQx tipi HAA'ların pirazin kısmının sentezinde rol almaktadırlar (Jagerstad vd. 1998; Murkovic 2004; Szterk 2015). Bununla birlikte, model sistemler ile yapılan çalışmalar yüksek şeker konsantrasyonunun, HAA'ların oluşumunu azalttığını da göstermiştir (Tai vd. 2001).

Pais vd. (1999), PhIP bileşiğinin oluşumuna glukozun etkisini inceledikleri çalışmada, dana ve domuz etlerinin şeker içeriği tavuk etlerine göre daha yüksek bulunmuş bununla birlikte, tavuk etlerinde PhIP bileşiği daha yüksek tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, glukoz miktarının artmasıyla PhIP bileşiğinin miktarının azaldığı rapor edilmiştir.

Kato vd. (1996) yapmış olduğu araştırmada, dana etinde ve dietilen glikol içerisinde kreatinin, aminoasit ve şekerlerin oluşturduğu bir model sistemde, şeker içeriğinin HAA oluşumuna etkisini incelemişlerdir. Araştırmada, 150-160° C'de kızartılan dana köftelerde pişirme öncesi köfte hamuruna % 34-76 arasında değişen oranlarda glukoz ve laktoz ilave edilmesinin HAA oluşumunu azalttığı bildirilmiştir. Bu azalma kreatinin ve Maillard reaksiyon ara ürünlerinden 5-hidroksimetil-2-furfural arasındaki reaksiyonun bloke edilmesi ile açıklanmıştır. Teori, hem model sistemde hem de hamburger köftelerde doğrulanmıştır.

HAA oluşumuna şekerin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, marinasyon sosuna % 9, % 14 ve % 19 oranında şeker ilave edilerek kızartılmış balık etlerinde (*Trachinocephalus myops*) ortamda serbest aminoasit içeriğinde önemli ölçüde düşüş görülmüş bununla birlikte HAA oluşumunda % 9 ve % 14 şeker oranında sırasıyla % 85 ve % 15 artış gözlenmiştir. % 19 şeker oranında, serbest aminoasit içeriği artmasına rağmen HAA içeriğinde ciddi düşüş tespit edilmiştir. Kısaca çalışmada en yüksek şeker oranında en düşük HAA oluşumu gözlemlenmiştir. Bu mekanizma; Maillard reaksiyonu ile açıklanmıştır. Maillard reaksiyon ürünleri, yüksek şeker oranında, düşük şeker oranına göre daha hızlı oluşmakta dolayısıyla kreatin/kreatinin ile reaksiyona girerek ortamda şekerin önemli ölçüde azalmasına neden olmaktadır. Düşük şeker düzeyinde, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları daha hızlı meydana gelmekte dolayısıyla yüksek düzeyde HAA oluşumu görülmektedir. Yüksek şeker düzeyinde ise, amino asitler

enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına katılmazlar aksine karamelizasyon reaksiyonları daha hızlı meydana gelmekte ve düşük düzeyde HAA oluşumu gözlenmektedir. Yanı sıra, Maillard reaksiyon ürünleri ortamdaki mutajenik maddelerle reaksiyona girerek HAA oluşumunu azaltmaktadır (Tai vd. 2001).

Hasnol vd. (2014) farklı şeker türlerinin HAA oluşumu üzerine etkisini incelemişler ve bu amaçla tavuk göğüs etlerini rafine şeker, esmer şeker ve balla marine ederek 300° C’de toplam 8 dk pişirmişlerdir. Sonuç olarak, kontrol grubuna göre, marinasyon bileşimine bal ilavesi MeIQ, DiMeIQx, IQ, IQx, norharman ve harman bileşiklerinin oluşumunu azaltmış, bununla birlikte esmer şeker ilavesi norharman, harman ve AαC bileşikleri hariç HAA oluşumunu artırmıştır. Çalışmada, en düşük HAA içeriği bal ile marine edilen örneklerde tespit edilmiştir.

2.3.3 Heterosiklik aromatik amin oluşumuna yağın etkisi

Zamora vd. (2012) PhIP bileşiği oluşumuna karbonhidratların yanı sıra yağların ve lipid oksidasyon ürünlerinin etkisini inceledikleri çalışmada, fenilalanin, kreatinin ve yağlar ile lipidlerin birincil, ikincil ve üçüncül oksidasyon ürünlerinin olduğu bir grup ile fenilalanin, kreatinin ve karbonhidratların oluşturduğu bir grup karşılaştırmalı olarak çalışılmıştır. Karışımlar, 200 °C’de 1 saat süreyle ısıtılmıştır. Çalışmada, kreatin+fenilalanin reaksiyonuna soya yağı eklenmiş ve PhIP bileşiği oluşumuna bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Ancak soya yağının reaksiyon karışımına eklenmeden önce 60 °C’de 24 saat oksidize edilmesi sonucu değiştirmiş ve PhIP bileşiğinde % 170 oranında artışa neden olmuştur. Bu artış 48 saat oksidasyon sonucunda % 275’e çıkmıştır. Çalışmanın bu bölümü oksidize olmamış yağlar HAA oluşumuna etki etmezken okside olmuş yağlar HAA oluşumunu artırmaktadır şeklinde yorumlanmıştır. Devamında, lipidlerin birincil, ikincil ve üçüncül oksidasyon ürünlerinin etkisi incelenmiş ve birincil lipid oksidasyon ürünlerinin PhIP bileşiği oluşumunu % 139-146 oranında artırdığı; ikincil lipid oksidasyon ürünlerinin bazı gruplarda % 177-193 oranında artırdığı bazı gruplarda bir etkisinin olmadığı; üçüncül lipid oksidasyon ürünlerinde ise tüm gruplarda % 127-289 oranında artırdığı bildirilmiştir. Aynı çalışmanın son ayağında, karbonhidratların PhIP bileşiğine olan etkisi ise yedi farklı karbonhidrat kaynağı (glukoz, fruktoz, riboz, galaktoz, arabinoz, sukroz, glikolaldehit)

kullanılarak ölçülmüş ve sonuç olarak bütün karbonhidrat kaynakları PhIP bileşiği oluşumunu en az lipit oksidasyon ürünleri kadar artırmıştır. Farklı olarak arabinoz ve riboz kaynaklarında diğer bütün gruplardan daha yüksek oranda PhIP oluşumu gözlenmiştir.

2.3.4 Heterosiklik aromatik amin oluşumuna suyun etkisi

Piştirme süresince etteki suyun buharlaşması ve etin dış yüzeyinde su içeriğinin azalması dolayısıyla, HAA'ların oluşumuna etkisi de göz önünde bulundurulduğunda gıdanın su içeriği HAA oluşumu açısından önemli faktörlerden birisidir. Piştirme sırasında suda eriyebilen öncü bileşikler kolaylıkla çözünmekte ve su ile birlikte gıdanın iç kısmından yüzeyine doğru hareket etmektedir. Bu bileşikler yüzeyde ısı ile daha çok temas ettikleri için HAA oluşumu artmaktadır(Jagerstad vd. 1998). Pişirilen etlerin dış yüzeyleri daha yüksek sıcaklığa sahip oldukları için daha düşük sıcaklığa sahip iç kısımlara kıyasla HAA oluşumu artmakta dolayısıyla da daha fazla mutajenik aktivite gözlenmektedir (Öz 2006).

Borgen vd. (2001)'e göre kuru model sistemler TMIP, IFP ve PhIP bileşiklerinin oluşumu için; sulu model sistemler ise MeIQx bileşiğinin oluşumu için en uygun ortamlardır ve bu durum HAA oluşumuna suyun doğrudan etkisinin olduğunu göstermektedir. Bordas vd. (2004)'e göre, kuru model sistemlerde HAA oluşumu piştirme süresi ve sıcaklığından etkilenmekte ancak bu etkileşim doğrusal şekilde olmamaktadır. Bununla birlikte, sulu model sistemlerde yüksek sıcaklık ve uzun piştirme süresinde HAA oluşumunda azalma görülmektedir.

2.3.5 Heterosiklik aromatik amin oluşumuna metal iyonlarının etkisi

Gıdalarda HAA oluşumu çift değerlikli metal iyonlarından, özellikle Fe^{2+} 'dan etkilenmektedir. Araştırmalar HAA'ların demir tarafından katalize edilen serbest radikalleri içeren reaksiyonlarda oluştuklarını göstermiştir (Skog vd. 2000). Murkovic vd (1998) yaptıkları çalışmada miyoglobinin yapısında bulunan demirin, HAA oluşumunu katalize ettiğini rapor etmişlerdir. Kreatin, glisin ve glukoz içeren bir model sisteme demir ilavesi (Fe^{2+} , Fe^{3+}) IQx, MeIQx ve DiMeIQx oluşumunu yaklaşık iki kat

artırmıştır. Demir düşük sıcaklıklarda lipit oksidasyonunun iyi bir katalistidir ve HAA oluşumunu, lipit oksidasyonunu katalizlemesi dolayısıyla serbest radikaller oluşturması yüzünden artırdığı varsayılmaktadır. Model sistemlere serbest radikal reaksiyonlarını başlatmasıyla bilinen hidrokinon eklenmesi MeIQx ve IQx oluşumunu etkilememiştir. Bununla birlikte ortama hidrokinon ve demir sülfat ilave edildiğinde IQx, DiMeIQx ve MeIQx bileşiklerinin miktarında 7-14 kata varan artış görülmüştür. Hidrokinon demir tarafından oksidize edilerek serbest radikal reaksiyonlarını harekete geçiren bir radikale dönüşmekte ve bu yolla da HAA içeriğini artırmaktadır. Demirin tersine bakır HAA oluşumunu artırıcı etki göstermemektedir (özellikle MeIQx) (Jagerstad vd. 1998).

2.3.6 Heterosiklik aromatik amin oluşumuna diğer faktörlerin etkisi

Etin cinsi ve bileşimi de HAA oluşumuna etki etmektedir. Düşük oranda su ve yağ içeriği ile yüksek protein ve serbest aminoasit içeriğinde, HAA oluşumu artmaktadır (Skog and Solyakov 2002). Tavuk eti, her ne kadar beyaz et grubunda değerlendiriliyor olsa da kırmızı etlerden (dana, domuz vd.) esas olarak düşük yağ içeriği bakımından ayrılmaktadır. Ayrıca pişmiş kırmızı et (dana, domuz), kanatlı eti ve balık etinin HAA içerikleri karşılaştırıldığında, etin cinsine göre, öncü bileşiklerin miktarının değişmesi dolayısıyla HAA'lar farklılık göstermiştir. Örneğin kanatlı etinde ağırlıklı olarak PhIP ve IFP bileşikleri oluşumu görülürken, dana, domuz ve balıkta MeIQx daha baskındır (Borgen vd. 2001; Skog and Solyakov 2002).

Etin pişirilmesi esnasında bir veya birden fazla alt-üst edilmesinin (çevrilmesi) HAA oluşumu üzerine etkisi Salmon vd. (2000) tarafından araştırılmıştır. Pişirme süresince dakikada bir çevrilen etlerin toplam HAA içeriği, yalnızca bir defa çevrilen etlerin toplam HAA içeriğinden daha düşük bulunmuştur. Örneğin 8-MeIQx, dakikada bir çevrilen köftelerde pişirme süresince yalnız bir defa çevrilen köftelerden daha düşük bulunmuştur. Etin pişirilmesi esnasında çevrilme sıklığının artması, özellikle 4,8-DiMeIQx, PhIP ve IFP bileşiklerinin belirleme sınırını üzerinde oluşmasını engellemiştir. Çevirme işlemi ile etin üst yüzeyi, suyun buharlaşması ve ısının transferi (konveksiyon) yüzünden sıcaklığını kaybetmektedir. Ayrıca çevirme dolayısıyla, etteki HAA öncü bileşikleri merkezden yüzeye ulaşmadan sıvı akışı yön değiştirmekte bu durum da yüzeyde HAA öncü bileşiklerinin konsantrasyonunun düşük olmasına sebep

olmakta ve HAA oluşumunu azaltmaktadır (Salmon vd. 2000, Alaejos and Afonso 2011).

Etin pişmişlik derecesi ve yüzey rengi arasındaki ilişkinin HAA içeriği ile ilgisi Skog and Solyakov (2002) tarafından incelenmiş ve yüksek sıcaklıkta kısa sürede pişirilen etlerde oluşan kahverengi yüzey rengi ile; etin düşük sıcaklıklarda uzun süre pişirilmesi ile oluşan kahverengi yüzey rengi arasında her ne kadar benzer yüzey esmerleşmesi elde edilse de farklı miktarlarda HAA oluşumu gözlemlendiği rapor edilmiştir. Çalışmada, yüzeydeki renk gelişiminin pişirme sıcaklığıyla artış gösterdiği fakat sadece renk ölçümü ile HAA içeriğinin tespit edilmesinin mümkün olmadığı bildirilmiştir.

Polak vd. (2009) tarafından yapılan bir araştırmada, dana etinin 14 ve 28 gün soğuk depolanarak olgunlaştırılması sonucunda HAA içeriğinin etkilendiği bildirilmiştir. Depolama esnasında, serbest aminoasit miktarı artmış, kreatinin içeriği kesimden 24 saat sonra 19 mg/100g'a; 14 gün sonra 24 mg/100g'a; 28 gün sonra ise 26 mg/100g'a yükselmiştir ve öncü bileşiklerde görülen bu artış dolayısıyla da etin pişirilmesi sonucunda HAA oluşumunda artış olarak rapor edilmiştir.

Szterk and Waszkiewicz-Robak (2014) tarafından yapılan bir çalışmada HAA oluşumuna önemli ölçüde etki eden yeni faktörler bulunmuştur. Çalışmada hayvanın cinsiyeti (düve ve boğa) ve besi sisteminin (entansif ve yarı entansif) HAA profiline etkisi ızgarada pişirilmiş antrikot ve fileto etleri üzerinde incelenmiş, pişirme öncesi çiğ etler 5,10 ve 15 gün süreyle soğukta depolanmıştır. Çalışmaya göre en çok HAA entansif besi sisteminde beslenen boğalardan elde edilen filetolardan elde edilmiştir. En düşük HAA içeriği, yarı entansif besi sisteminde yetiştirilen düvelerden elde edilen ızgara antrikot etinde görülmüştür. Ayrıca, yarı entansif besi sisteminde beslenen düve ve boğalardan elde edilen etlerde, entansif besi sisteminde beslenen düve ve boğalardan elde edilen etlere kıyasla daha düşük HAA oluşumu görülmüştür. Bunun nedeni, etin kimyasal bileşimi ile ilişkilendirilmiştir. Entansif sistemde besleme öncü bileşikler açısından (serbest amino asit, glukoz vb.) daha zengin bir besleme biçimi olduğundan ette de bunun sonuçları görülmüştür. Aynı zamanda yarı entansif besi sisteminden elde edilen hayvanların kesim ağırlıkları, entansif beslenen hayvanlardan daha düşüktür. Mesela, düvelerin ağırlığı boğalardan daha düşüktür ve bu durum da etin

kimyasal bileşimini etkilemektedir. Araştırmacılar, çiğ etin pişirme öncesi depolama süresi ve hayvana uygulanan besi sisteminin ızgara etlerde HAA profili ve içeriğini etkilediğini rapor etmişlerdir.

Szterk (2015) yapmış olduğu çalışmada, 180° C ve 280° C’de pişmiş ızgara dana etlerinde HAA içeriğini, literatürde yapılan birçok çalışmaya göre daha yüksek tespit etmiş ve sonuçların yorumlanmasında etin kalınlığının HAA oluşumuna etkisini vurgulamıştır. Şöyle ki, araştırmacı ev ya da restoranda tüketici açısından kabul gören sululuk ve yumuşaklık derecesini göz önünde bulundurarak et örneklerini 2,5 cm kalınlıkta olacak şekilde pişirmiş ve böylece sonuçların reel tüketim değerlerini yansıtacağını bildirmiştir. Sonuç olarak, et kalınlığına bağlı olarak öncü bileşik miktarının yüksek olduğunu (aminoasitler proteinler, glukoz vs.) ve pişirme esnasında suyun etin yüzeyine hareketi ve yüzeyde öncü bileşik konsantrasyonunu artmasıyla pişirme sonucunda yüksek HAA oluşumu görüldüğünü rapor etmiştir.

2.4 Gıdalarda Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Yapılan Çalışmalar

Literatürde, tüketime hazır gıdaların HAA içeriklerinin incelendiği çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmaların en büyük problemi pişirme koşullarının (yöntem, sıcaklık ve süre) bilinmemesidir. Restoranlar ticari kaygılarından dolayı pişirme koşulları ve et tipleri hakkında detayları vermeyebilmektedirler. Bu durum sonuçların, günlük alım değerleri, tüketim miktarları gibi istatistiklerin doğru olarak değerlendirilmesini güçleştirmektedir. Öz (2011) tarafından yapılan bir araştırmada 6 farklı ilde (Ankara, İzmir, İstanbul, Erzurum, Samsun, Antalya ve Gaziantep) restoranlarda satılan tüketime hazır haldeki 63 köftenin HAA içeriği incelenmiştir. Bu doğrultuda, IQ, IQx, MeIQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx, PhIP, AαC, MeAαC bileşikleri sırasıyla, 1,59 ng/g; 3,81 ng/g; 0,66 ng/g; bs; bs; 0,43 ng/g; 1,93 ng/g; 0,35 ng/g ve 0,43 ng/g düzeylerinde tespit edilmiştir. Toplam HAA içeriği en yüksek örnekler Samsun ve Antalya’dan alınan köftelerde tespit edilmiştir (sırasıyla 7,73 ng/g ve 7,05 ng/g). En düşük toplam HAA içeriği ise Ankara ve İstanbul’dan alınan köftelerde rapor edilmiştir (sırasıyla 3,75 ng/g ve 2,63 ng/g). Örneklerdeki baskın HAA’lar, IQx (1,59-3,81 ng/g) ve PhIP (0,46-1,93 ng/g) bileşikleri olmuştur.

Benzer bir çalışmada, Kanada'nın Ottawa bölgesindeki fast food merkezlerinden satın alınan 31 pişmiş hamburger ve 6 tavuk ürünü (kanat, but ve nugget) HAA miktarları açısından incelenmiştir. Hamburger örneklerinde değişen oranlarda PhIP (0,2-6 µg/kg); IQ (0,1-3,5 µg/kg); MeIQx (0,3-6,9 µg/kg) ve 7,8DiMeIQx (0,1-2,9 µg/kg) bileşiklerine rastlanmıştır. Tavuk örneklerinde ise yalnızca PhIP (0,1-2,1 µg/kg) ile MeIQx (0,1-1,8 µg/kg) bileşikleri belirlenmiştir (Klassen vd. 2002).

Haskaraca vd. (2014) yapmış oldukları çalışmada, kaplamalı tavuk but ve kanat gibi fast food restoranlarında kızartılan ve servis edilen ürünlerde HAA içeriğini incelemişler, ayrıca laboratuvar ölçeğinde kurulan deneme ile % 0; % 0,5; % 1,5 ve % 3 oranlarında yeşil çay ekstraktı içeren kaplama materyali ile kaplanmış tavuk but ve tavuk kanat ürünleri kızartma öncesi mikrodalga ön pişirme işlemine tabi tutulmuş ve ardından derin yağda kızartılarak HAA içeriği incelenmiştir. Sonuç olarak fast food restoranlarından alınan tavuk but ve kanat örneklerinde, toplam HAA içeriği butlarda 0,22-33,75 ng/g ile kanatlarda 11,22-62,83 ng/g arasında değişim göstermiştir. Bütün gruplarda MeIQx en baskın HAA bileşiği olmuştur. MeIQx bileşiğinin miktarı but örneklerinde 0,22–33,73 ng/g, kanat örneklerinde ise 11,22–62,83 ng/g arasında değişim göstermiştir. PhIP bileşiği ise yirmi örnekten yalnızca beşinde tespit edilmiş ve en yüksek değer 3,15 ng/g düzeyinde tavuk but örneklerinde bulunmuştur. Laboratuvar modelinde üretilen kaplanmış tavuk kanat ve tavuk but örneklerinde ise toplam HAA içeriği sırasıyla, belirleme sınırı (bs) nın altında ile 1,45 ng/g ile <bs-2,32 ng/g arasında değişmiştir. Benzer şekilde MeIQx en baskın HAA bileşiği olmuştur. Fast-food restoranlarından alınan tavuk but ve kanat örneklerinin HAA içeriği laboratuvar modelinde üretilen tavuk but ve kanatlardan daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Bunun sebebi restoranlarda üretilen ürünlerin kontrolsüz koşullarda kızartılması olarak açıklanmıştır.

Ev koşullarında kızartılmış tavuk ve etlerde PhIP bileşiğinin oluşumuna ilişkin yapılan çalışmalar incelendiğinde, İspanya'da ızgara tavuklarda 2,3-46,9 ng/g düzeyinde (Busquets vd. 2004); Kanada'da hamburger köfte ve kızartılmış tavuk etlerinde 0,2-2,1 ng/g düzeyinde (Klassen vd. 2002); Avusturya'da ızgarada pişmiş dana etlerinde 1,3-11,1 ng/g düzeyinde (Ristic vd. 2004) ve ABD'de ızgara tavuklarda <bs-1,44 ng/g düzeyinde (Knize vd. 1998) değişen miktarlarda PhIP bileşiği olduğu tespit edilmiştir.

Yao vd. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada Çin'de tüketilen ve tüketime hazır geleneksel bir ürün olan Jiang Niu Rou'da (dana rosto) HAA içeriği incelenmiştir. Bu amaçla 1 saat boyunca baharata yatırılarak soslanmış ve kısık ateşte (80 °C sıcaklıkta) 8-12 saatlik bir sürede pişirilmiş dana etlerinin satışını yapan 11 ayrı restorandan alınan örnekler incelenmiştir. Yapılan analiz sonucunda örneklerin hiç birinde PhIP bileşiği tespit edilmezken IQ bileşiği 14,83-16,73 ng/g; MeIQ bileşiği 3,01-10,64 ng/g ve 7,8-DiMeIQx bileşiğinin 1,26-5,18 ng/g arasında değişen düzeylerde olduğu rapor edilmiştir. MeIQx ve 4,8-DiMeIQx yalnızca bir örnekte ve 14,92 ng/g ve 1,54 ng/g düzeyinde oluşmuştur. HAA bileşikleri arasında görülen bu miktarsal farklılıkların ürünlerin soslanmasında kullanılan bileşiklerdeki farklılıklardan kaynaklandığı ifade edilmiştir.

2.5 Gıdalarda Heterosiklik Aromatik Amin Düzeyi ve Tüketim Miktarı

HAA'ların tahmini tüketim miktarlarına ilişkin çalışmalar çok yetersiz olmakla birlikte bazı araştırmacılar tarafından, tüketim alışkanlıklarına ve pişirme yöntemlerine bağlı olarak günlük alınan HAA miktarlarını içeren çalışmalar mevcuttur (Alaejos vd. 2007). Örneğin, Japonyada günlük kişi başına tahmini 5-300 ng PhIP bileşiği ve 300-3900 ng MeIQx bileşiği tüketimi; İsveç'te günlük kişi başına tahmini 72 ng PhIP, 72 ng MeIQx ve 16 ng DiMeIQx bileşiği tüketimi; İsviçre'de günlük kişi başına tahmini 330 ng HAA bileşiği tüketimi; ABD'de günlük kişi başına tahmini 455 ng HAA bileşiği tüketimi rapor edilmiştir (Alaejos vd. 2007; Zimmerli vd. 2001; Bogen and Keating 2001).

ABD'de yapılan bir çalışmada günlük alınan HAA miktarı PhIP için 158,3 ng; MeIQx için 52,1 ng ve DiMeIQx için 3,5 ng olarak verilmiştir (Sinha vd. 2001). Ancak toplam HAA'dan ziyade bileşik bazında HAA'ların tüketim miktarları konusunda bilgiler çok yetersizdir (Alaejos vd. 2007).

ABD'de Kaliforniya Çevre Koruma Örgütü'nün bir birimi olan Çevre Sağlığı Tehlike Değerlendirme Ofisi-The Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA) tarafından HAA'ların "*no significant risk level (NSRL)-önemli bir riski olmayan seviye*" düzeyleri belirlenmiştir. Düzenlemeye göre, MeIQx için günlük 0,41 µg; MeIQ için 0,46 µg; Glu-P-1 için 0,1 µg; Glu-P-2, IQ için 0,5 µg; AαC için

2 µg; MeAαC için, 0,6 µg; Trp-P-1 için 0,03 µg ve Trp-P-2 için 0,2 µg tüketim değerleri NSRL olarak kabul edilmiştir (Gibis 2007). Rohrmann vd. (2009) HAA'ların günlük alım miktarının 41,4 ng düzeyini geçmesi durumunda kolorektal kanser riskini arttığını rapor etmişlerdir.

HAA'lari tüketen insanlar sadece gıdanın türü, pişirme metodu ve süresinden değil aynı zamanda tüketim miktarı ve tüketim sıklığından da etkilenmektedir. Gıdalarda ppb düzeyinde bulunan HAA'lardan PhIP ve MeIQx kırmızı et, balık ve kanatlı etinde en sık rastlananlarıdır (Hümmerich vd. 2004; Turesky 2007).

2.6 Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumunu Azaltıcı Yaklaşımlar

Günlük yaşantımızda önemli yeri olan et ürünlerinde kızartma, fırınlama, kavurma gibi ısı işlemler sonucu oluşan HAA'ların mutajenik ve karsinojenik yapıda olduğu belirlendikten sonra yapılan araştırmalar bu bileşiğin oluşumuna etkili faktörlerin belirlenmesi ve oluşum düzeyinin azaltılması ya da engellenmesi üzerine hız kazanmıştır (Granvogel vd. 2004, Sahin vd. 2007). Bu bilimsel ilginin iki önemli sebebi bulunmaktadır. Birincisi, güçlü mutajen olan bu bileşikler içeren gıdaların birçok ülkede geniş çapta tüketilmesi, ikincisi ise, epidemiyolojik çalışmaların geniş oranda et tüketen ülkede kanser oranının çok daha yüksek olduğunu belirtmesidir (Felton vd. 1998).

2.6.1 Pişirme koşullarının modifikasyonu ile azaltma

HAA'ların oluşumuna pişirme süresi ve sıcaklığının etkisini vurgulayan bir çok çalışma bulunmaktadır (Felton vd. 1998; Balogh vd. 2000; Skog and Solyakov 2002; Messner and Murkovic 2004; Öz 2006; Liao vd. 2009; Puangsombat and Smith 2010; Haskaraca vd. 2014). Yapılan çalışmalarda, pişirme koşullarının modifikasyonu ile HAA oluşumunun azaltılabileceği rapor edilmiştir. Bununla birlikte, gıdanın "pişmiş" olarak nitelenmesinde karşılaşılan bazı belirsizlikler bulunmaktadır. Örneğin, pişirme esnasında sıcaklığın termokopul ile ölçümünde doğruluğun probun yerleştirilmesine bağlı olması; etin yüzey görünüşünün, pH farklılıkları gibi faktörlerden kolayca etkilenebilmesi; (diğer metotlara kıyasla daha mantıklı kabul edilse de) % 20'den fazla

pişirme kaybının PhIP bileşiği oluşumunu artırdığına dair çalışmalar mevcuttur (Salmon vd. 1997; Skog vd. 1995; Felton vd. 1999).

Felton ve ark. (1998) tarafından yapılan çalışmada, HAA oluşumunun azaltılmasındaki en pratik yaklaşımın pişirme sıcaklığı ve/veya pişirme süresinin azaltılması olarak rapor edilmiş, ancak buradaki en kritik noktanın ise sıcaklıktaki azalma ile zararlı mikroorganizmaların inaktivasyonunu riske atmamak olacağı vurgulanmıştır (Felton vd. 1998).

2.6.2 Mikrodalga uygulaması ile azaltma

Mikrodalga, gıda endüstrisine başta proses süresinin kısılması olmak üzere bir çok avantaj sağlamaktadır (Barutcu vd. 2009) ve son zamanlarda literatürde HAA oluşumu üzerine mikrodalga'nın farklı uygulamalarının etkisinin incelendiği çalışmalar da mevcuttur (Öz vd. 2010; Felton vd. 1998; Haskaraca vd. 2014).

HAA oluşumunun azaltılmasına, pişirme öncesi mikrodalga ön uygulamasının etkisinin araştırıldığı çalışmalar da bulunmaktadır. Öz vd. (2010), etin yüksek sıcaklıkta pişirme öncesinde mikrodalga da ön pişirme uygulanmasının, pişirme süresini kısaltması dolayısıyla HAA oluşumunu azalttığını rapor etmişlerdir. Felton vd. (1998), kızartma öncesi mikrodalga ön pişirme uygulamasının dana köftelerin HAA içeriğine etkisini inceledikleri çalışmalarında, 200° C ve 250° C'de 12 dk kızartmış dana köftelerin, kızartma öncesi 2 dk. mikrodalgada ön pişirilmesi sonucunda, 200° C'de kızartılmış örneklerde kontrol grubuna göre HAA içeriğinde 3 kat; 250° C kızartılmış örneklerde ise kontrol grubuna göre HAA içeriğinde 9 kat azalma görülmüştür. Çalışmada ayrıca, mikrodalga ön uygulamasının öncü bileşikler ve köftelerin su içeriğinde % 30'a varan oranda azalmaya sebep olduğu ve HAA oluşumunun öncü bileşiklerde görülen bu azalmadan dolayı düşüş gösterdiği rapor edilmiştir.

2.6.3 Marinasyon veya su tutucu madde ilavesi ile azaltma

Pişmiş etlerde HAA oluşumunun veya konsantrasyonunun, yüksek sıcaklıkta pişirme öncesi farklı marinasyon uygulaması ve marinasyon bileşimine bazı bileşenlerin ilavesi

ile azaltılabilmesi mümkündür (Rahman vd. 2014). Salmon vd. (1997) esmer şeker, zeytinyağı, sirke, sarımsak, hardal, limon suyu ve tuz ile marine edilmiş tavuk göğüs etlerinde PhIP bileşiğinin miktarının, kontrol grubuna göre % 92-97 arasında değişen oranlarda azaldığını rapor etmişlerdir.

Dündar vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada pişmiş dana köftelerde HAA oluşumu üzerine bazı pişirme değişkenlerinin [(NaCl (% 0-2), yağ (% 10-30), askorbik asit (0-600 ppm)], pişirme sıcaklığının (150-230° C) ve pişirme süresinin (5-15 dakika) etkisi bir kombinasyon halinde yüzey yanıt yöntemi ile modellenerek incelenmiş böylelikle min/maks. HAA oluşumuna etkenler belirlenmek istenmiştir. Çalışma sonucunda askorbik asitin (600 ppm) HAA oluşumunu azaltıcı; yağ (% 30), pişirme sıcaklığı (230° C) ve süresinin (15 dk) IQ, MeIQ, MeIQx ve PhIP bileşiklerini artırıcı etki gösterdiği rapor edilmiştir.

Hasnol vd. (2014) özellikle ızgarada (grill) ve tavada pişirmede marinyasyon uygulamasının ürünü kaplayarak bariyer işlevi gördüğünü ve yüksek sıcaklığa göreceli olarak engel olduğu için HAA içeriğini azalttığını rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Busquets vd. (2008) çalışmalarında galeta ile kaplanmış ve hem az yağda hem de derin yağda kızartılmış et örneklerinde, galeta ile kaplamanın HAA oluşumunu önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir. Bunun nedeni, galetanın bileşiminde kreatinin veya serbest amino asit gibi bileşikler içermemesi, ayrıca etin yüzeyinde bir yalıtım/izolasyon sağlayarak ürünü yüksek sıcaklıktan koruması dolayısıyla HAA oluşumunu azaltması olarak açıklamışlardır. Bunu doğrulayan bir çalışma da, galeta ile kaplanmış hamburger köftelerin derin yağda kızartılması sonucunda kaplanmamış hamburger köftelere kıyasla daha düşük düzeyde HAA içerdiğinin rapor edildiği Skog vd. (2003) çalışması olmuştur.

Etin kıyma haline getirilmesi ile hücre yapısının bozulması nedeniyle kıymadan pişirilen ürünlerde, yüzeye suda eriyebilir öncü bileşiklerin daha fazla sızması HAA oluşumunu etkileyebilmektedir (Öz 2006). Öncü bileşiklerin taşınması tuz, soya proteini, nişasta gibi su tutucu bileşiklerin ilavesi ile sınırlandırılabilir. Kızartma öncesi köftelere soya protein konsantratu veya nişasta ilave edildiğinde mutajenik bileşiklerin oluşumunda bir azalma görüldüğü belirtilmiştir (Skog vd. 1998). Celite

(silikon dioksit) ve kazein, yüksek yağlı dana kıymalarda etin tekstürel ve fiziksel özelliklerini etkilemek suretiyle IQ bileşiğinin oluşumunu azaltmıştır (Jagerstad vd. 1998). Formülasyona sodyum klorür/sodyum tripolifosfat ilavesi (Persson vd. 2003) veya kreatinaz uygulamasının kullanılabilir kreatin miktarını düşürmesi dolayısıyla HAA oluşumunu azalttığı da rapor edilen çalışmalar arasında yer almaktadır (Knize and Felton 2005).

2.6.4 Antioksidan madde ilavesi ile azaltma

Son yıllarda yapılan çalışmalar doğal veya yapay antioksidanlar, baharat ve bazı aromatik bitki ekstraktlarının ilavesi ile HAA düzeyinin azaltılmasına odaklanmıştır (Keşkekoğlu ve Üren 2014; Rounds vd. 2012; Wong vd. 2012; Salazar vd. 2014; Persson 2003; Gibis 2007; Damasius vd. 2011; Öz ve Kaya 2011a,b)

Model sistemlere ya da gıdaya ilave edilen antioksidan bileşiklerin HAA oluşumunu azaltıcı ya da artırıcı yönde muhtemel etkisi model sistemin koşulları, gıda matriksinin tipi ve fenolik bileşiklerin yapısı ve konsantrasyonu gibi faktörlere bağlıdır. Antioksidanların yapısında bulunan fenolik bileşiklerin radikal yakalama aktivitesi ya da indirgen şekerlerle kovalent bağlar kurarak Maillard reaksiyonunu inhibe ettiği ve böylece HAA oluşumunu azalttığı yapılan araştırmalarla belirlenmiştir (Demirok 2014)

Son yıllarda meyve ekstraktlarının antioksidan aktivitesine dair çalışmalar popülerlik kazanmıştır. Çeşitli fitokimyasalların varlığı, bu ekstraktların anti-kanser bileşikleri olarak kullanılabileceğini göstermiştir (Rahman vd. 2014). Vitaglione vd. (2002) yapmış oldukları çalışmada, domates ekstraktının, karotenoitler dolayısıyla, dana etinde spesifik olarak imidazo kinolin grubu HAA'ların oluşumunu inhibe ettiğini rapor etmişlerdir. Çalışmada karotenoitlerin 1000 ppm'lik düzeyinin IQ ve MeIQx bileşiklerinde % 36 ve % 11'e varan oranlarda azalmaya sebep olduğu bildirilmiştir.

Vişne ekstraktının antosiyanin içeriği dolayısıyla HAA miktarının azaltılmasına önemli ölçüde etkisinin olduğunu rapor eden çalışmalar da bulunmaktadır (Britt vd. 1998). Örneğin, vişne ekstraktının 225° C'de 20 dk pişirilen domuz köftelerde 8- MeIQx, 4,8-DiMeIQx ve PhIP bileşiğini inhibe ettiği bildirilmiştir (Shin 2005).

Edenharder vd. (2002) farklı meyve ve sebzelerin antioksidan bileşiklerinin HAA konsantrasyonunu azaltmadaki rolleri konusunda dana köfteler üzerinde yaptıkları çalışmada, yaban mersini, frenk üzümü, böğürtlen, kivi, kavun, maydanoz ve ıspanağın HAA'lar üzerinde önemli ölçüde inhibe edici etkileri bulunduğunu bildirmişlerdir.

Melo vd. (2008) yapmış oldukları çalışmada, kırmızı şarap ile 6 saat süreyle marine edilmiş etlerde, pişirme sonrasında PhIP ve 8-MeIQx bileşiklerinde kontrol grubuna göre sırasıyla % 88 ve % 40 azalma rapor etmişlerdir. Bu azalmayı, kırmızı şarabın yüksek oranda antioksidan etkili polifenol bileşik içermesi dolayısıyla HAA oluşumunu inhibe etmesi ile açıklamışlardır.

Farklı pişirme yöntemleri uygulanarak pişirilen et ve tavuk köftelerde HAA oluşumuna nar çekirdeği ekstraktının etkisinin incelendiği bir araştırmada; fırında pişirme (180 °C'de 27 dk.), derin yağda kızartma (150 °C'de 5 dk.), ızgarada pişirme (280 °C'de 20 dk.), ve tavada pişirme (180 °C'de 8 dk.) yöntemlerinin uygulandığı köftelere % 0,5 oranında nar çekirdeği ekstraktı eklenmiştir. Et köftelerde nar çekirdeği ekstraktının PhIP bileşiğinde % 68, norharmanda % 24, harmanda % 18, IQ da % 45 ve MeIQx bileşiği üzerinde de % 57 oranında azaltıcı etkisi gözlenmiştir. Et köftelerde en fazla azalma ızgara ve derin yağda kızartma yöntemlerinde tespit edilmiştir (% 39 ve % 46). Tavuk köftelerde ise nar çekirdeği ekstraktının PhIP bileşiğinde % 75, norharmanda % 57, harmanda % 28, IQ da % 46 ve MeIQx bileşiği üzerinde de % 49 oranında azaltıcı etkisi olmuştur. En fazla azalma ise derin yağda kızartma yönteminde tespit edilmiştir (% 49) (Keşkekoğlu ve Üren 2014).

Baharatların HAA oluşumuna etkisi Murkovic vd. (1998) tarafından araştırılmıştır. Baharatlar içerdikleri antioksidan bileşenler dolayısıyla Maillard reaksiyonunda ara ürünler olarak oluşan serbest radikalleri (pirazin ve piridin) inaktive ederler ve bu yolla da HAA oluşumunu azaltırlar. Ayrıca bu bileşiklerin antimutajenik ve antikarsinojenik etkileri de vardır. Araştırma kapsamında biberiye (*Rosmarinus officinalis*), adaçayı (*Salvia officinalis*), kekik (*Thymus spp*) ve sarmısak (*Allium sativum*) incelenmiştir. Benzer şekilde et ürünlerinde kürtleme maddesi olarak kullanılan nitritin de antioksidant özelliği rapor edilmiştir. Pişirme öncesi etin nitrit ile/baharat karışımı ile muamele edilmesi HAA oluşumunu önemli ölçüde azaltmıştır (Murkovic vd. 1998). Örneğin,

derin yağda kızartılan dana köftelere biberiye ekstraktı eklenmesinin 8-MeIQx ve PhIP oluşumunu kontrol grubuna göre önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir (Tsen and others 2006).

Öz ve Kaya (2011b) yüksek yağ içerikli köftelere eklenen karabiberin, farklı pişirme sıcaklıklarında (175, 200, 225°C) pişirilmesi sonucunda HAA oluşumuna etkilerini incelemişler ve bu kapsamda baskın HAA'nın PhIP (max. 31,80 ng/g) olduğunu, bunu IQ (max. 5,46 ng/g) bileşiğinin izlediğini rapor etmişlerdir. Karabiberin kontrol grubuna göre toplam HAA oluşumunu, 175°C de pişirilen köftelerde % 33,57 oranında, 200 °C de pişirilen köftelerde % 11,75 oranında, 225 °C de pişirilen köftelerde ise % 100 oranında azalttığı tespit edilmiştir.

Soğan ve sarımsak organik sülfür bileşikleri (özellikle de allisin) içerirler. Bu sülfür bileşikleri HAA oluşumunda önemli rol oynayan Maillard reaksiyonunu, sülfidril grupları dolayısıyla inhibe ederler ve bu yolla da HAA oluşumunu inhibe ederler (Gibis 2007). Gibis (2007) tarafından yapılan çalışmada toplam HAA'lar üzerinde en büyük inhibisyon etkisi sülfür bileşikleri içerisinde, diallil disülfid (% 78 azalma) ve dipropil sülfid (% 70 azalma) göstermiştir. Yapılan çalışmada bu bileşiklerin HAA içeriğini azaltmanın yanı sıra mutajeniteyi de azaltma üzerinde etkili oldukları bildirilmiştir. Çalışmada, kızartılmış köftelere sarımsak ilavesinin (100 g marinasyon karışımına 20 gr sarımsak) 8-MeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşiklerinin miktarında % 70'e varan azalmaya neden olduğu rapor edilmiştir.

HAA'lar üzerine inhibe edici etki gösteren bir başka antioksidan etkili bileşen de zeytinyağıdır. Monti vd. (2001) model sistemlere saf zeytinyağı ilavesinin IQx türevlerinin oluşumunu inhibe ettiğini rapor etmişlerdir. Çalışmada, zeytinyağının yeni hasat/sezon (taze) olmasının antioksidan kapasitesinin yüksek olması dolayısıyla (*o*-difenolik bileşenlerce zengin olduğundan) daha etkili olduğu bildirilmiştir. Çalışmada yeni hasat/sezon (taze) zeytinyağının IQx, 8-MeIQx ve DiMeIQx bileşenlerinin oluşumunu sırasıyla % 45, % 50 ve % 59 oranlarında inhibe ettiğini, bununla birlikte 1 yıllık zeytinyağının aynı bileşenlerin oluşumunu ise sırasıyla % 27, % 13 ve % 42 oranlarında inhibe ettiğini bildirerek zeytinyağının yeni olmasının antioksidan kapasitesi konusundaki etkisine vurgu yapmışlardır.

Salazar vd. (2014) fenolik bileşiklerin kimyasal yapısına bakarak PhIP bileşiğinin inhibe edilip edilemeyeceğini incelemişlerdir. Bu amaçla, 25 fenolik bileşiğin fenilalanin, kreatinin ve oksidize lipit karışımında üretilen PhIP bileşiği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Buna göre, aromatik halkaya meta pozisyonunda bağlı iki hidroksi grup içeren basit fenollerin, en etkili inhibitör olduğu bildirilmiştir. Bu bileşiklerin aroma halka yapılarına alkil veya karboksil gruplar eklendiğinde inhibitör etkileri hızla düşmektedir. Öte yandan, kompleks fenollerde inhibitör etkiyi azaltacak bir çok halka yapısı bulunmaktadır ve araştırmacılar bir fenolik bileşiğin, PhIP bileşiğinin oluşumunu inhibe edip etmeyeceğinin, onun kimyasal yapısına bakılarak tahmin edilebileceğini bildirmişlerdir.

Smith vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada ızgarada pişirilen bifteklerin karnosinik asit, rosmarinik asit ve karnosolce zengin polifenolik antioksidanları içeren ticari nitelikteki marinatlar ile marine edilmesi sonucunda toplam HAA içeriğinin % 57 ile % 88 arasında değişen oranlarda azaldığı rapor edilmiştir.

Doğal ekstraktların polar ve nonpolar HAA'ların oluşumuna olan etkisinin araştırıldığı Ahn and Grün (2005) tarafından yürütülen çalışmada araştırmacılar, 200° C'de 20 dk ve 210° C'de 10 dk pişirilen dana köftelerin formülasyonuna % 1 oranında kızılcık ekstraktı, biberiye ekstraktı ve üzüm çekirdeği ekstraktı ilave etmiş ve 200° C'de 20 dk pişirilen köftelerde MeIQx içeriğinde sırasıyla % 77, % 75 ve % 68 oranlarında azalma, 210° C'de 10 dk pişirilen köftelerde ise MeIQx oluşumunda sırasıyla % 64, % 61 ve % 61 oranlarında azalma rapor etmişlerdir. Ayrıca, biberiye ekstraktı nonpolar HAA'ların oluşumunu diğer ekstraktlara oranla daha etkin bir şekilde azaltmıştır. HAA miktarlarında görülen düşüş fenolik bileşenlerin serbest radikal reaksiyonlarını inhibe etmesiyle açıklanmış aynı zamanda bu ekstraktların ısıya karşı stabil olmakla birlikte geniş pH aralıklarında aktif oldukları da bildirilmiştir (Ahn and Grün 2005).

Rounds vd. (2012) yaptıkları çalışmada, % 5 oranında bitki ekstraktı (zeytin, elma kabuğu, yeşil çay, siyah çay, üzüm çekirdeği) ilavesi, % 5 oranında baharat ilavesi (soğan, hardal, sarımsak, kırmızı biber, kekik, kimyon ve zerdeçal) ve % 1 oranında esansiyel yağ (yeni bahar, karanfil, limon otu) ilavesinin hamburger köftelerde HAA'ların oluşumu üzerine etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla örnekler 200°C'de 5

dk kıvartılmıştır. Çalışma sonucunda, bitki ekstraktlarının HAA oluşumunu azalttığı, bunlardan da yeşil çay ekstraktının MeIQx ve PhIP miktarlarını sırasıyla % 31,4 ve % 86 oranında azalttığını tespit etmişlerdir. HAA oluşumu üzerine inhibisyon etkisi en fazla olan ürünlerin zeytin ekstraktının ve soğan tozunun olduğunu, zeytin ekstraktının MeIQx i % 79,5 oranında soğan tozunun ise PhIP 'yi % 94,3 oranında azalttığını rapor etmişlerdir.

Yeşil ay ve zeytinyağından elde edilen fenolik bileşikler üzerinde model sistemlerde yapılan çalışmalar, bu bileşiklerin HAAlar üzerinde etkili inhibitörler olduğunu göstermiştir. Bileşikler, konsantrasyonlarına bağlı olarak pro-oksidan veya anti-oksidan etki gösterirler (Cheng vd. 2007). Çalışma kapsamında, 12 fenolik bileşik radikal yakalama kapasiteleri göz önüne alınarak HAA zerine etkileri değerlendirilmiştir. Bileşiklerden dördü; epikateşin gallat (ECG), epigallokateşin (EGC), epigallokateşin gallat ve teaflavin-3,3 di gallat çay polifenollerini olup, en yüksek antioksidan özelliğe sahiptirler. Klorojenik asit, kersetin, kersetin-3 glukozitin yanı sıra, naringenin ve hesperidin sitrus meyvelerinden elde edilen ve serbest radikal yakalama kapasiteleri daha düşük olan antioksidan bileşikleri olmuştur. Model sistemlerin dışında bütün bu bileşikler dana köftelerde de denenmiş ve PhIP, 8-MeIQx ve 4,8- DiMeIQx bileşikleri üzerinde önemli inhibisyon etki göstermişlerdir. Köftelerde yapılan uygulamada en yüksek inhibisyon etkisi naringenin ve teaflavin-3,3 di gallatta gözlenmiştir.

Haskaraca vd. (2014) yapmış oldukları çalışmada, tavuk but ve tavuk kanat etleri mikrodalgada n pişirme işlemine tabi tutulmuş ve ardından % 0; % 0,5; % 1,5 ve % 3 oranlarında yeşil çay ekstraktı içeren kaplama materyali ile kaplanarak derin yağda kıvartılmış ve rnlerin HAA içeriği incelenmiştir ancak çalışmada kontrollü koşullarda laboratuvar modelinde üretilen tavuk kanat ve butlara yeşil çay ekstraktı ilavesinin ve mikrodalga uygulamasının HAA oluşumunu azaltması konusunda önemli bir etkisinin olmadığı ifade edilmiştir.

alışmalar, suda çözünen vitaminler ile kuvvetli antioksidan kapasitesi olan bileşiklerin HAA oluşumuna karşı önemli inhibisyon etki gösterdiğini bildirmektedir. Örneğin, Balogh vd. (2000) dana köftelere % 1-10 oranında vitamin E ilavesinin, kıvartma sonrası HAA oluşumunda (PhIP) % 45-75 arasında değişen düzeylerde azalmaya sebep

olduğunu açıklamıştır. Benzer şekilde, polifenolik antioksidanlardan naringenin'in PhIP bileşiği oluşumunu, bu bileşiğin oluşum mekanizmasında kilit rol oynayan fenilasetaldehiti bağlamak suretiyle doğrudan inhibe ettiği rapor edilmiştir. Wong vd. (2012) suda çözünen 11 vitaminin HAA bileşiklerinden PhIP ve MeIQx oluşumu üzerine inhibitör etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla, köfteler teflon kaplı kızartma tavasında 200°C de 6 dakika süre ile kızartılmıştır. Çalışmada, 11 vitaminden altısının (Vit B6 (piridoksamin, piridoksin), Vit B3 (nikotinik asit), Vit B7 (biotin), Vit B1 (tiamin), Vit C (L-askorbik asit) hem PhIP hem de MeIQx bileşikleri üzerinde % 40'dan fazla inhibisyon etkisi olmuştur. Vit B6 (piridoksamin) en kuvvetli inhibitör etki gösteren vitamin olmuş (% 42 azalma) bunu % 18 lik azalma ile Vit B3 (nikotinik asit) ve % 17 lik azalma ile Vit. C (L-Askorbik asit) izlemiştir. Çalışmada, nikotinik asitin Maillard reaksiyon ürünlerinin konsantrasyonlarına ve oluşum mekanizmalarına etki etmesi dolayısıyla HAA oluşumunu inhibe ettiği rapor edilmiştir.

Doğal antioksidanların yanı sıra, sentetik antioksidanlardan BHA (bütillenmiş hidroksi anizol), BHT (bütillenmiş hidroksi toluen), PG (propil gallat), TBHQ (tersiyer bütül hidrokinon) gibi bileşenlerin de HAA oluşumu üzerine etkileri tespit edilmiştir (Damasius vd. 2011; Öz ve Kaya 2011a; Rahman vd. 2014). Örneğin, bir model sisteme, TBHQ (tersiyer bütül hidrokinon), α - veya γ - tokoferol, BHA (bütillenmiş hidroksi anizol), BHT (bütillenmiş hidroksi toluen) ve PG (propil gallat) ilavesinin 8-MeIQx oluşumunu artırıcı bununla birlikte PhIP oluşumunu azaltıcı etki gösterdiği rapor edilmiştir (Messner and Murkovic 2004).

3 MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Dönerlerin hazırlanması

Çalışmada materyal olarak Haz Besicilik Et ve Gıda İşletmeleri Pazarlama Sanayi Ticaret A.Ş.'nin Ankara'da bulunan işletmesinin kendi tedarikçilerinden aldığı, kontrolleri yapılmış ve soğuk zinciri bozulmadan işletmeye getirilmiş sığır ve tavuk etleri kullanılmıştır.

Et dönerler için, iki yaşındaki Holstein ırkı danaların kemiklerinden ayrılmış etleri kullanılmıştır. Etler görünür yağlardan ve bağ dokudan arındırılarak yaprak ve kıymalık olarak ayrıştırılmıştır. Yaprak döner üretimi için; kemiğinden ayrılmış olan etler et açma ünitelerinde uygun büyüklükte 2-6 mm kalınlıkta, adale liflerine yatay bir düzlemde yapraklar halinde açılmıştır. Kuyruk yağı da 2-4 mm kalınlıkta yapraklar halinde açılmıştır (kütlece % 5 kuyruk yağı). Kıyma döner üretimi için ayrılan etler özel kıyma makinesi tarafından işlenmiş ve kıyma elde edilmiştir. Etler süt, yoğurt, soğan suyu, zeytinyağı, tuz ve karabiber içeren marinasyon sosu ile terbiyelenmiş (kütlece % 15 marinasyon sosu) ve döner şişlerine dizilmiştir. Karışım döner üretiminde yaprak formunda hazırlanan etlerin aralarına 1/5 oranında kıyma konarak şişlere dizilmiştir. Bu işlem sonrasında, döner et yüzeyi streç film ile kaplanmış, sosun ete daha iyi nüfuz etmesi için dönerler 12 saat süresince 4 °C'de muhafaza edilmiştir.

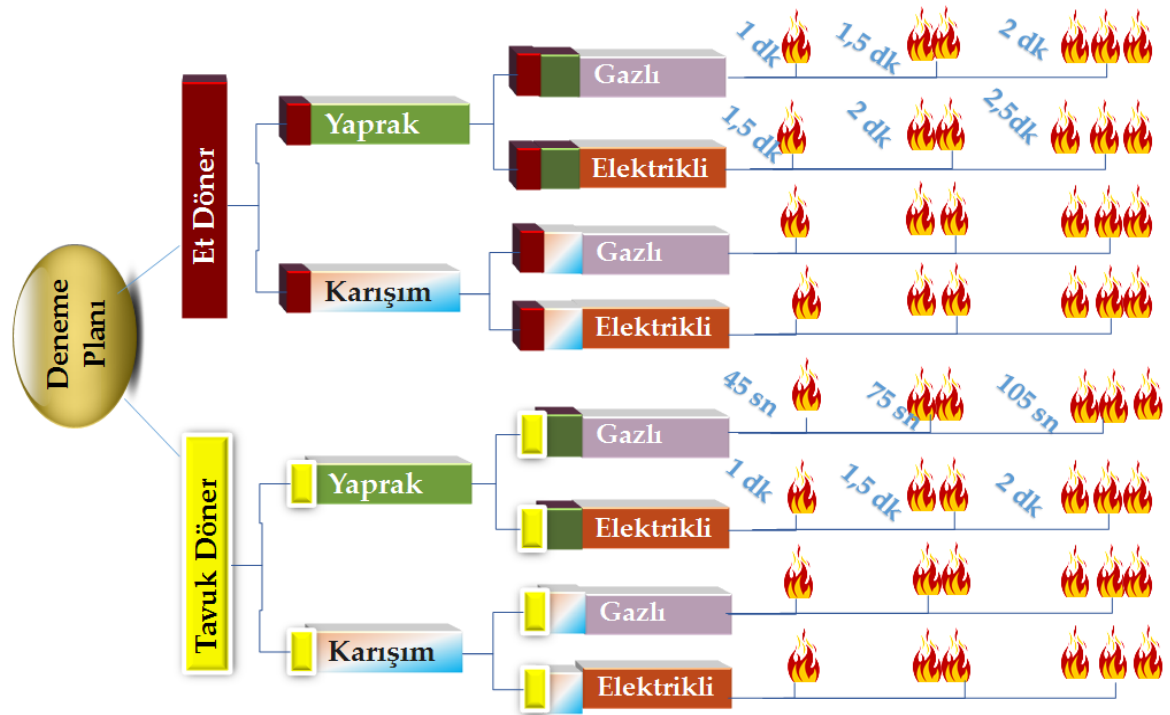
Tavuk döner üretimi için; 42 günlük etlik piliçlerden elde edilen tavuk göğüs ve but etleri kullanılmıştır. Tedarikçilerden günlük olarak alınan tavuk etleri kemiklerinden ayrılmış ve hazırlanan marinasyon sosunda dinlendirilerek terbiyelenmiş ve terbiye edilmiş tavuk etleri şişlere takılarak, traşlanmış ve hazırlanan dönerler streç filmle sarılarak 12 saat süresince 4 °C'de muhafaza edilmiştir.

Denemede kullanılan et ve tavuk dönerler, Türk Gıda Kodeksi (TGK)- Et ve Et Ürünleri Tebliği'ne (2012/74) uygun olarak üretilmiştir. Tavuk dönerler; yaprak (% 100 göğüs)

ve karışım (% 30 but- % 70 göğüs) olacak şekilde; et dönerler ise yaprak döner (% 100 yaprak) ve karışım döner (% 80 yaprak-% 20 kıyma döner) olacak şekilde üretilmiştir.

3.1.2 Deneme planı

Şekil 3.1’de yer alan deneme planına göre 5’er kg lık dikdörtgen sarım olarak hazırlanan et ve tavuk dönerlerde, iki farklı döner tipi (yaprak ve karışım), üç farklı pişirme süresi (az, orta, çok pişmiş) ve iki farklı pişirme yöntemi (gazlı ve elektrikli) faktör olarak seçilmiştir. Deneme iki tekerrürlü olarak kurulmuş olup sonuçlar her iki tekerrürün ortalaması üzerinden verilmiştir.



🔥 Az pişmiş, 🔥🔥 Orta pişmiş, 🔥🔥🔥 Çok pişmiş

Şekil 3.1 Araştırma Deneme Planı

3.1.3 Pişirme koşulları

Et ve tavuk dönerlerin pişirilmesi Çizelge 3.1’de belirtilen pişirme koşullarına uygun olarak yapılmıştır. Çalışmada üç radyanlı manuel ısı kontrollü gazlı döner ocağı ve üç

radyanlı serin camlı elektrikli döner ocağı (Tunceri Ankara Mutfak Sanayi A-100 DO) kullanılmıştır.

Çizelge 3.1 Et ve tavuk dönerlere ilişkin pişirme koşulları

Döner Tipi	Pişirme Yöntemi	Pişirme Mesafesi (cm)	Yüzey Sıcaklığı (± 5 °C)	Pişirme Süresi (sn)	Başlangıç Pişirme Süresi (dk)
Tavuk Döner	Gazlı	15	Az: 100 \pm 5 Orta: 115 \pm 5 Çok:130 \pm 5	Az: 45	20
				Orta: 75	
				Çok:105	
	Elektrikli	5		Az: 60	30
				Orta: 90	
				Çok: 120	
Et Döner	Gazlı	15	Az: 100 \pm 5 Orta: 115 \pm 5 Çok:130 \pm 5	Az: 60	20
				Orta: 90	
				Çok: 120	
	Elektrikli	5		Az: 90	30
				Orta: 120	
				Çok: 150	

Pişirme işleminde, elektrikli ocakta pişirilen dönerlerde pişirmeye başlandıktan yaklaşık 30 dk sonra; gazlı ocakta pişirilen dönerlerde ise 20 dk sonra tıraşlama işlemi yapılmış, ardından nihai pişirme ile örnek kalınlıkları ortalama 3 mm olacak şekilde kesim yapılmıştır. Pişirme ve kesme işlemine bütün et bloğu bitene kadar devam edilmiştir. Pişirme işleminin bitiminde elde edilen dönerin tümü tartılarak ağırlıkları kaydedilmiştir.

Dönerlerin pişirilme süreleri hakkında bilimsel yayınlarda ve yasal mevzuatta bir kriter olmadığından, ön denemelerle belirlenen değerler esas alınarak pişirme gerçekleştirilmiştir.

3.1.4 Örneklerin alınması

Deneme planına göre Çizelge 3.1’de belirtilen pişirme mesafesi ve sürelerinde pişen et ve tavuk dönerlerden, boydan kesim yapılarak alınan örnekler 1’er kg olacak şekilde ambalajlanmış ve 0-4 C’de soğuk zincir bozulmadan uygun koşullarda laboratuvara sevki sağlanmıştır. Analizler, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde iki paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

Analizler öncesi, her bir pişmiş döner grubu kendi içerisinde homojenize edilmiş ve analize alınacak örnekler bu karışımdan tartılmıştır. Çiğ ve pişmiş dönerlerin nem, yağ, protein, kül, tuz miktarları ile pH, kreatin, kreatinin, TBARM, glukoz, toplam serbest aminoasit analizleri yapılmıştır. Bu analizlere ilaveten pişmiş dönerlerde heterosiklik aromatik amin analizi ve duyuusal analiz yapılmış, L^* , a^* , b^* renk değerleri belirlenmiştir.

3.2 Analiz Yöntemleri

3.2.1 Kimyasal bileşim

Nem analizi

105 °C’de kurutulduktan sonra darası alınmış kuru madde kaplarına 5 gram civarında örnek tartılarak, 105 °C’taki etüvde (Zhicheng 2RD-5110) sabit ağırlığa kadar kurutulmuş ve tartım farkından örnekteki % nem miktarı hesaplanmıştır (AOAC 2000).

Protein analizi

Kjeldahl yöntemine göre örneklerin % azot miktarı belirlendikten sonra bu değer 6,25 faktörü ile çarpılarak örneklerin % protein miktarı hesaplanmıştır (AOAC 2000).

Yağ Analizi

Soxhelet düzeneği kullanılarak sıcak ekstraksiyon metodu ile örneklerin % yağ miktarı gravimetrik olarak belirlenmiştir (AOAC 2000). Analizde çözügen olarak petrol eteri kullanılmıştır.

Kül Analizi

105° C'deki etüvde (Zhicheng 2RD-5110) kurutularak darası alınmış kül kapsüllerine 3 gram örnek tartılmış, kül fırınında (Heraeus KR120) sıcaklık kademeli olarak artırılarak (550-570° C'de) yakılmıştır. Tartım farkından örnekteki % kül miktarı hesaplanmıştır (AOAC 2000).

Tuz analizi

Kül haline getirilmiş örnekler 100 ml sıcak saf su ile erlen içerisine yıkanmış ve külsüz filtre kağıdından süzülmüştür. Elde edilen filtrat üzerine birkaç damla % 1'lik fenol fitaleyn damlatıldıktan sonra % 5'lik potasyum kromattan yaklaşık 1 mL ilave edilip kiremit rengi oluşana kadar 0,1 N AgNO₃ ile titre edilmiştir. Döner örneklerinin tuz miktarlarının hesaplanmasında ise aşağıdaki formül kullanılmıştır (AOAC 1990):

$$\% \text{ Tuz} = V \times 0,00585 \times 100 / m$$

V= Titrasyonda harcanan 0,1 N AgNO₃ miktarı (ml)

m= Örnek miktarı (g)

3.2.2 pH değeri

pH değerini belirlemek amacıyla homojen hale getirilmiş örnekten 10 g tartılıp üzerine 100 ml saf su ilave edilerek örnek Ultraturax (Micra D9, Germany) yardımıyla 1 dakika süreyle homojenize edilmiş, örneğin pH değeri 4,0-7,0 tampon çözeltileri ile kalibre edilmiş pH-metrede (Hanna HI 221, Ann Arbor, Michigan, USA) oda sıcaklığında okunmuştur (Vural ve Öztan 1996).

3.2.3 L^* , a^* , b^* renk değerleri

L^* , a^* , b^* renk ölçümü pişmiş ürün gruplarında gerçekleştirilmiştir. Her bir tekerrür için farklı örneklerin 4 farklı noktasından ölçüm alınmıştır. Ölçüm, Minolta kolorimeter (CR 300, Japan) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. L^* (açıklık), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) koordinatlarını simgelemektedir (Pedreschi vd. 2005).

3.2.4 TBARM değeri

Tiyobarbitürik asit reaktif madde (TBARM) analizinde, 10 g et örneği 30 mL triklor asetik asit (TCA- % 7,5) çözeltisinde ultraturrax (Micra D9, Germany) kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenizat, 10000 rpm'de 5 dk boyunca santrifüjlendikten (Hermle Z326K, Germany) sonra Whatman No:40'dan süzölmüştür. 5 mL süzöntü vidalı kapaklı cam test tüplerine aktarılmış ve üzerine 5 mL 0,02 mol/L derişimindeki TBA çözeltisinden (0,1 N HCl çözeltisinde hazırlanan) ilave edilmiştir. Kör olarak 5 mL saf su ve 5 mL TBA çözeltisi kullanılmıştır. Karışım vortexlenmiş ve 35 dk boyunca 100°C'taki su banyosunda bekletilmiştir. Süre sonunda tüpler soğuk su banyosunda hızla soğutulurak 532 nm'de köre karşı okuma yapılmıştır (Perkin Elmer UV/VIS Spectrophotometer Lambda 35, USA). Örneklerdeki TBARM değeri, TEP ayıracı kullanılarak çizilen kurve yardımı ile mg MA/kg örnek olarak hesaplanmıştır (Mielnik vd. 2006).

3.2.5 Kreatin analizi

Döner örneklerinin kreatin içeriği, Polak vd. (2009) tarafından belirtilen yöntemle göre analiz edilmiştir. Bu amaçla; 0,25 g homojen et örneği 100 ml triklor asetik asit (TCA- 30 g/L) çözeltisi içinde 5 dakika süreyle 9500 rpm de ultraturrax (Micra D9, Germany) ile homojenize edilmiştir. Homojenizat, çöken proteinleri ortamdaki uzaklaştırmak için Whatman No:44 filtre kâğıdından süzölmüştür. Analiz ortamından yağları uzaklaştırmak amacıyla, süzöntüden 20 mL alınarak üzerine 10 mL dietil eter eklenmiş ve vortexlenmiştir. Faz ayrımı için beklenmiş (10 dakika) ve alt fazdan 4 ml alınarak 2 ml diasetil 0,2 g/L - NaOH (20 g NaOH/L) içerisinde hazırlanmış ve 2 ml 1-naphthol [25g/L - NaOH (20 g NaOH/L) içerisinde hazırlanmış] ile karıştırılmıştır. Karışım 5 dk

süreyile 40°C'ta su banyosunda bekletilmiş, akabinde örnek absorbanşı şahite (4 mL destile su + 2 mL diasetil + 2 mL 1-naphthol) karşı 520 nm'de okunmuştur (Perkin Elmer UV/VIS Spectrophotometer Lambda 35, USA). Örneklerdeki kreatin miktarı kreatin standardı kullanılarak çizilen kurve yardımı ile mg/g kuru madde (km) olarak hesaplanmıştır.

3.2.6 Kreatinin analizi

Döner örneklerinin kreatinin içeriğini belirlemek amacıyla 1,5 g homojen et örneği 30 ml triklor asetik asit (TCA-30 g/L) çözeltisi içinde 5 dakika süreyle 9500 rpm de ultraturrax (Micra D9, Germany) ile homojenize edilmiştir. Homojenizat, çöken proteinleri ortamdan uzaklaştırmak için Whatman No:44 filtre kağıdından süzölmüştür. Analiz ortamından yağları uzaklaştırmak amacıyla, süzöntüden 16 mL alınarak üzerine 8 mL dietil eter eklenerek vortekslenmiştir. Faz ayrımı için beklenmiş (10 dakika) ve alt fazdan 4 ml alınarak 1,5 ml pikrik asit çözeltisi (2 g/L - NaOH (20 g NaOH/L) içerisinde hazırlanmış) ile karıştırılmıştır. Karışım 10 dak süreyle 40 °C'ta su banyosunda bekletilmiş ve akabinde örnek absorbanşı şahite (4 mL destile su + 1,5 mL pikrik asit) karşı 500 nm'de okunmuştur (Perkin Elmer UV/VIS Spectrophotometer Lambda 35, USA). Örneklerdeki kreatinin miktarı kreatinin standardı kullanılarak çizilen kurve yardımı ile mg/g kuru madde (km) olarak hesaplanmıştır (Polak vd. 2009).

3.2.7 Toplam serbest amino asit (SAA) analizi

Toplam serbest amino asit analizi (Toplam SAA) Church vd. (1983) tarafından bildirilen yöntemle göre yapılmıştır. Bu amaçla, 5 g örnek 50 ml soğuk fizyolojik tuzlu su (% 0,85) içerisinde 1 dk süreyle homojenize edilmiştir. Örnekler, whatman No:4 filtre kağıdından süzölmüş ve 5 mL süzöntü santrifüj tüpüne alınmıştır. Üzerine 1 ml saf su ve 10 ml triklorasetik asit çözeltisi (% 12,5) ilave edilerek vortekslenmiş ve proteinlerin çökmesi için buz içerisinde 10 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda örnekler, 10000 rpm'de 4° C'da 20 dakika süreyle santrifüjlenmiş (Hermle Z326K, Germany) ve tekrar Whatman No:4 filtre kağıdından süzölmüştür. Süzöntüden alınan 40 µL örnek, 1 mL orto-fitaldialdehid (OPA) çözeltisi ile reaksiyona sokulmuştur. 2 dakika beklemenin ardından örnek absorbanşı 340 nm'de şahite karşı (40 µL saf su + 1 mL

OPA çözeltisi) okunmuştur (Perkin Elmer UV/VIS Spectrophotometer Lambda 35, USA). Örneklerdeki toplam SAA miktarı L-tirozin standardı kullanılarak çizilen kurve yardımı ile hesaplanmıştır. OPA çözeltisi, 25 mL disodyum tetraborat dekahidrat (100 mM), 2,5 mL sodyum dodesil sülfat (% 20), 1 mL OPA (40 mg/1 mL metanol) ve 100 µL β-merkapto etanolün karıştırılarak 50 mL'ye seyreltilmesi ile hazırlanmıştır.

3.2.8 İndirgen şeker (Glukoz) analizi

İndirgen şeker analizi Serpen ve Gökmen (2009) tarafından rapor edilen yönteme göre yapılmıştır. Bu yönteme göre 600 mg homojen örnek içerisindeki glukoz iki kademeli olarak toplamda 6 ml içerisinde ekstrakte edilmiştir. İlk kademede 0,25 mL Carrez I, 0,25 mL Carrez II ve 2,5 mL saf su (70 °C) kullanılmıştır. Örnekler, 5 dak süreyle 150 rpm'de çalkalayıcı kullanılarak karıştırılmış, 9200 rcf'de 10 dk boyunca santrifüjlenerek (Hermle Z326K, Germany) süpernatant başka bir tüpe aktarılmıştır. İkinci kademede, pellet üzerine 3 ml (70 °C) saf su eklenmiş ve tekrar 150 rpm de 5 dk. boyuncakarıştırılmıştır. Örnekler 9200 rcf'de 10 dk boyunca santrifüjlenmiş ve süpernatantlar birleştirilmiştir. Süpernatant, 5 mL metanol ve 10 mL saf su aktifleştirilmiş kartuştan (Sep-pak C18 klasik kartuş) geçirilerek viallere toplanmıştır (örneğin ilk 2 mL'si seyrelmeyi engellemek amacı ile vialle alınmaz). Carrez I çözeltisi 15 g potasyum hegzasiyanoferrat'ın ($K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$) 100 mL destile su, Carrez II çözeltisi ise 30 g çinko sülfat'ın ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) 100 mL destile su içerisinde çözündürülmesi ile hazırlanmıştır. HPLC ile indirgen şekerlerin analizi, bir prominans pompa (20AD), bir refraktif indeks dedektör (RID), sıcaklık kontrollü kolon fırını ve bir enjeksiyon bloğundan (20 µL loop) oluşan Shimadzu (Shimadzu Corporation, Japan) marka cihaz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kromatografik ayırım Sugar Pak I (10 µm; 6,5 x 300 mm) kolonda yapılmıştır. Mobil faz olarak 0,6 mL/dak akış hızında (izokratik) 80 °C'da saf su (50 mg/L Ca-EDTA içeren) kullanılmıştır. Glukozun alıkonma süresi 8,3 dk olarak belirlenmiştir. Ayrıca glukoz konsantrasyonları 1-20 µg/mL aralığında hazırlanan standard kurve (1, 2, 5, 10 ve 20 µg/ml, $r^2=0,99$) kullanılarak mg/kg olarak hesaplanmıştır. Dedeksiyon ve kuantifikasyon limitleri glukoz için 3 - 10 mg/kg olarak belirlenmiştir.

3.2.9 Heterosiklik aromatik amin analizi

3.2.9.1 HAA'ların ekstraksiyonu

Döner örneklerinden HAA'lar, Gross ve Gruter (1992) tarafından modifiye edilen, Messner ve Murkovic'in (2004) yöntemine göre ekstrakte edilmiştir. Metoda göre behere 1 g pişmiş döner örneği tartılmış ve 12 ml 1 M NaOH ilave edilerek 500 rpm devirde 1 saat manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Üzerine 13 g diatome toprağı Extrelut NT (refill materyali, Merck, Darmstadt, Germany) edilerek bir spatül sayesinde iyice karıştırılmıştır. Oasis MCX kartuşları (3 cm³/60 mg, Waters, Milford, Massachusetts, USA) vakum sistemine (Supelco, Visiprep) bağlandıktan sonra 2 ml etil asetat ile yıkanmıştır. Devamında ekstraksiyon kartuşları (bond rezervoir, Extrelut-20) sisteme takılmış ve örneklerin yer aldığı içerik 45 ml etil asetat ile yıkanarak kartuşlara alınmıştır. Ardından 15 dk dengeleme yapıldıktan sonra valfler açılarak 1 ml/dk'lık akış hızı ayarlanarak 3 kez daha 10 ml etil asetat ile yıkama yapılmıştır. Daha sonra Oasis kartuşlar önce 2 ml 0,1 M HCl ile sonra 2 ml metanol ile tekrar yıkanmış ve 4 ml lik vial şişeye, 2 ml % 90 metanol: % 10 NH₃ (% 25) ile elüe edilmiştir. Derin dondurucuya konulup 1 gün bekletildikten sonra 50°C'lik etüvde kurutulmuştur. Ardından 100 µl metanol ilave edilerek karıştırılmış ve bu karışım HPLC analizi için spitzviallere aktarılmıştır.

3.2.9.2 HPLC analizi

HPLC ile HAA'ların belirlenmesi ve tanımlanması, pompa (LPG-3400SD), diode array dedektör (DAD-3000), kolon fırını (TCC-3000SD) ve autosamplerdan (WPS-3000 SL) oluşan HPLC (Thermo Ultimate 3000, Thermo Scientific, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kromatografik ayırım Acclaim™ 120 C18 kolonda (3µm; 4,6 x 150 mm) 0-10 dk, % 0 B; 11-20 dk, % 0-23 B; 21-30 dk, % 23 B; 31-45 min, % 0 B gradiyent programı kullanılarak, akış hızı 0,7 mL/dk olacak şekilde 35° C de yürütülmüştür. Mobil faz A için metanol/asetonitril/su/asetik asit (8/14/76/2, v/v/v/v) (pH 5,0), mobil faz B için ise asetonitril kullanılmıştır. Son ekstraktan 10 µL alınarak sisteme enjekte edilmiştir.

HAA'ların tanımlanması; piklerin çıkış zamanı ve UV spektrumları (264 nm'de) standartların çıkış zamanı ve UV spektrumları ile kıyaslanarak yapılmıştır.

Örneklerdeki HAA konsantrasyonu ise farklı konsantrasyonlardaki (0,5; 1; 2,5; 5 ve 10 ng/g) mikslerle hazırlanmış standart kurve kullanılarak belirlenmiştir. Bu kurvelere ait regresyon eğrisi (bileşenlerin pik alanlarına karşılık gelen nanogramları kullanılarak) standart mix solüsyonunun her bir bileşeni için hesaplanmıştır.

3.2.10 Duyusal analiz

İşletmede pişirilen tavuk ve et dönerlerden alüminyum kaplara örnekler alınmış ve panel öncesinde fırında 3 dakika ısıtılmıştır. Her bir tekerrür için duyusal analiz örneklerin alındığı aynı gün Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Duyusal Analiz Laboratuvarında yapılmıştır. Her bir duyusal panel oturumunda Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde gıdaların duyusal olarak değerlendirilmesi konusunda deneyimli lisansüstü öğrenciler ve araştırma görevlilerinden oluşan toplam 8 panelist görev almıştır. Panelistlere 3 haneli rastgele sayılarla kodlanmış toplamda 24 grup örnek (12 tavuk döner, 12 et döner olmak üzere) ayrı ayrı sunum kapları içerisinde sunulmuştur. Örnek grupları arasında bir önceki örnekten ağızda kalan tadı gidermek amacıyla yağsız tuzsuz kraker ve su kullanılmıştır. Panelistlerden dönerlerin duyusal özelliklerini belirlemek amacıyla 9'lu hedonik skala (9=Mükemmel, 8=Çok iyi, 7=İyi, 6=Ortanın üstü, 5=Orta, 4=Ortanın altı, 3=Kötü, 2=Çok kötü, 1=Son derece kötü) kullanarak puanlama testi yapılması ile birlikte grupların görünüş, renk, koku, lezzet, tekstür ve genel beğeni parametreleri açısından değerlendirilmeleri istenmiştir (Altuğ ve Elmacı 2005).

3.2.11 İstatistik analiz

Araştırma, tesadüf blokları faktöriyel deneme düzeninde kurulmuştur. Gruplar arasında incelenen özellik bakımından fark olup olmadığı ANOVA (Tesadüf Bloklarında Faktöriyel Deneme) testi kullanılarak belirlenmiş ve gruplar arasındaki farklılığın önemlilik düzeyi ($\alpha=0,05$) Duncan's çoklu karşılaştırma testi kullanılarak ölçülmüştür. Et ve tavuk dönerler için iki farklı döner tipinin (yaprak ve karışım), iki farklı pişirme

yönteminin (elektrikli ve gazlı ocak) ve üç farklı pişirme süresinin (az, orta, çok pişmiş) interaksiyon etkileri incelenmiştir. İnteraksiyonun önemsiz olduğu durumlarda ise “döner tipi”, “pişirme yöntemi” ve “pişirme süresi” uygulamalarının tekli etkileri değerlendirilmiştir. İstatistik analizler MİNİTAB 16 ve MSTAT istatistik programlarında yürütülmüştür.

4 BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Çiğ Et ve Tavuk Dönerlere İlişkin Sonuçlar

4.1.1 Kimyasal bileşim ve pH değeri

Çiğ et ve tavuk dönerlerin kimyasal bileşimine ve pH değerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çiğ et dönerler için yaprak ve karışım dönerlerde nem içeriği % 71,91- 71,42 olup yağ miktarı % 13,22- 14,66, protein miktarı % 12,47- 12,66, kül miktarı % 1,52-1,76, tuz miktarı % 1,09-1,18 ve pH değeri 6,24-6,26 olarak belirlenmiştir. Çiğ tavuk -yaprak ve tavuk-karışım dönerlerin nem içeriği ise sırasıyla % 72,14- 71,77 olup yağ miktarı % 12,21- 13,33, protein miktarı % 13,50- 13,36, kül miktarı % 1,76-1,91, tuz miktarı % 1,34-1,21 ve pH değeri 6,16-6,15 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1 Çiğ et ve tavuk dönerlerin kimyasal bileşimi (nem, yağ, kül, protein, tuz) ile pH değerleri (n=4)

Döner Tipi		pH	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Tuz (%)
Çiğ Et Döner	Yaprak	6,24±0,14	71,91±2,51	12,47±1,31	13,22±1,10 ^b	1,52±0,36	1,09±0,37
	Karışım	6,26±0,06	71,42±0,84	12,66±0,77	14,66±1,17 ^a	1,76±0,36	1,18±0,23
Çiğ Tavuk Döner	Yaprak	6,16±0,09	72,14±0,45	13,50±0,41	12,21±0,90 ^b	1,76±0,12	1,34±0,21
	Karışım	6,15±0,09	71,77±2,28	13,36±2,95	13,33±0,46 ^a	1,91±0,25	1,21±0,19

a-b: Her bir döner grubu için döner tipleri arasındaki farklılık istatistik açıdan önemlidir (p<0,05)
Ortalama±Standart hata

TGK-Et ve Et Ürünleri Tebliği’nde (2012/74) dönerlerin yağ miktarı maksimum % 25; tuz miktarı % 2 olarak belirlenmiş; kanatlı eti döneri için ise bu değerler yağ içeriği için maksimum % 15 tuz için ise % 2 olarak belirlenmiştir. TS 11859’a göre ise çiğ dönerlerin pH değerleri 5,2-6,3 arasında; tuz içeriği en çok % 2 ve protein miktarı en az

% 12 olarak bildirilmiştir. Ayrıca mezkur standarda göre hem et hem de tavuk dönerler “az yağlı döner (en çok % 20 yağ)” sınıfına girmektedir. Çalışmada çiğ dönerler için tespit edilen kimyasal bileşim değerleri hem ilgili tebliğ hem de standartta belirlenmiş kriterleri karşılamaktadır. Yanı sıra, hem tavuk hem de et dönerlerin pH değerleri ile nem içerikleri farklı araştırmacıların rapor ettikleri değerlerden yüksek bulunmakla birlikte yağ, kül ve protein içerikleri ise düşük bulunmuştur (Üzümcüoğlu 2001; Kayışoğlu vd. 2003; Gençer ve Kaya 2004).

Demirok vd. (2011), et proteinleri üzerine tumbling uygulaması ve sodyum tripolifosfatın etkisi üzerine yaptıkları çalışmada, kontrol grubundaki çiğ döner etlerinde (marine edilmemiş) pH değerini 5,87; nem içeriğini % 71,16; protein içeriğini % 19,53; yağ içeriğini % 6,55 ve kül içeriğini ise % 1,55 düzeyinde rapor etmişlerdir.

4.1.2 TBARM değeri ve HAA oluşumuna etkili öncü bileşikler

Çiğ et ve tavuk dönerlerin TBARM değerleri ile HAA oluşumuna etkili öncü bileşikleri içeren sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir. Öncü bileşikler kapsamında çiğ et dönerlerin kreatin, kreatinin, glukoz ve toplam serbest aminoasit içerikleri incelenmiştir.

Çiğ et dönerlere ilişkin veriler incelendiğinde, kreatin içeriğinin çiğ dönerlerde 11,75-12,68 mg/g km; kreatinin içeriğinin 0,55- 0,46 mg/g km; glukoz içeriğinin 5,95-5,42 mg/g km; toplam serbest aminoasit içeriğinin 1658,28-2149,11 mg/g km ve TBARM değerlerinin ise sırasıyla 1,11-1,28 mg MA/kg olduğu görülmüştür. Et dönerlerde karışım dönerlerin toplam serbest amino asit içeriği, yaprak dönerlerden daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).

Çiğ tavuk -yaprak ve tavuk-karışım dönerlerde ise kreatin içeriği sırasıyla 11,50 - 12,55 mg/g km; kreatinin içeriği 0,47 - 0,33 mg/g km; glukoz içeriği 4,83-5,59 mg/g km olarak belirlenmiş, yapılan analizler sonucunda toplam serbest aminoasit içeriği yaprak dönerlerde (4009,83 mg/g km), karışım dönerlerden (3043 mg/g km) daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.2 Çiğ dönerlerin kreatin, kreatinin, glukoz, serbest aminoasit ve TBARM içerikleri (n=4)

Döner Tipi		Kreatin (mg/g km)	Kreatinin (mg/g km)	Glukoz (mg/g km)	Toplam serbest aminoasit (mg/g km)	TBARM (mg MA/kg)
Çiğ EtDöner	Yaprak	11,75±0,89	0,55±0,08	5,95±0,20	1658,28±11,0 ^b	1,11±0,53
	Karışım	12,68±0,99	0,46±0,02	5,42±0,73	2149,11±15,6 ^a	1,28±0,20
Çiğ Tavuk Döner	Yaprak	11,50±0,66	0,47±0,13	4,83±0,06	3043,50±90,6 ^b	1,01±0,57
	Karışım	12,55±0,78	0,33±0,05	5,59±0,29	4009,83±82,2 ^a	1,03±0,30

a-b: Her bir döner grubu için döner tipleri arasındaki farklılık istatistik açıdan önemlidir (p<0,05)
Ortalama±Standart hata

Oksidasyon testi olarak da kabul edilen TBARM analizine ilişkin değerler ise yaprak dönerlerde 1,01 mg MA/kg, karışım dönerlerde 1,03 mg MA/kg olarak tespit edilmiştir.

Liao vd. (2010) yapmış oldukları çalışmada çiğ tavuk göğüs örneklerinde kreatin+kreatinin içeriğini toplam 21,74 mg/g km düzeyinde rapor etmiş olup, bu değer çalışmada çiğ tavuk dönerler için 11,97 ile 12,89 mg/g km arasında değişim göstermiştir. Haskaraca vd. (2014) yapmış oldukları çalışmada çiğ tavuk but ve çiğ tavuk kanatlarda kreatin içeriğini sırasıyla 13,11 mg/g km, 15,83 mg/g km; kreatinin içeriğin ise 0,13 mg/g km, 0,14 mg/g km düzeyinde rapor etmişlerdir. Puangsombat vd. (2012) yapmış oldukları çalışmada dana etlerinde kreatin miktarının 8,37-10,25 mg/g km arasında, tavuk etlerinde ise 8,71-9,82 mg/g km arasında değişen düzeylerde tespit etmişlerdir.

Toplam serbest aminoasit içeriği ile TBARM içeriği açısından incelendiğinde çiğ et dönerlerin çalışma sonuçları Demirok vd. (2011;2014) ve Gönülalan vd. (2004) tarafından rapor edilen sonuçlara kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

4.2 Pişmiş Et ve Tavuk Dönerlerin Analiz Sonuçları

4.2.1 Kimyasal bileşim ve pH değeri

4.2.1.1 Et dönerlerin kimyasal bileşimi ve pH değeri

Pişmiş et-yaprak ve et-karışım dönerlerin kimyasal bileşimini belirlemek amacıyla nem, yağ, kül, protein, tuz analizleri ile pH ölçümü yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Et dönerlerin pH değeri yaprak dönerlerde 6,34 ile 6,40 arasında; karışım dönerlerde ise 6,33 ile 6,44 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.3). En düşük pH değeri gazlı ocakta orta pişirme süresinde pişirilmiş karışım dönerlerde, en yüksek pH değeri ise elektrikli ocakta orta pişirme süresinde pişirilmiş karışım dönerlerde ölçülmüştür.

Et dönerlerin nem içeriğine ilişkin sonuçlar da Çizelge 4.3'de verilmiştir. Nem içeriği et dönerlerde % 44,64 ile % 53,85 arasında değişmiştir. En düşük nem içeriği yaprak dönerlerde gazlı ocakta çok pişmiş dönerlerde, en yüksek nem içeriği ise karışım dönerlerde az pişirme süresinde gazlı ocakta pişirilmiş dönerlerde tespit edilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde, yaprak dönerlerin nem içeriğinin % 44,64 ile % 53,46 arasında; karışım dönerlerin nem içeriğinin ise % 47,95 ile % 53,85 arasında değiştiği görülmüştür. Çiğ et-yaprak dönerlerin nem içeriği % 71,91 olarak tespit edilmiş iken pişirme süresine bağlı olarak gazlı ocakta pişirme sonucunda sırasıyla % 26, % 30 ve % 38; elektrikli ocakta pişirme sonucunda ise % 26, % 31 ve % 32 azalma gözlenmiştir ($p<0,05$).

Çiğ karışım dönerlerin nem içeriği ise % 71,42 olup gazlı ocakta pişirme sonucunda nem içeriği sırasıyla % 25, % 28 ve % 30 elektrikli ocakta pişirme sonucunda ise % 25, % 28 ve % 33 azalma gözlenmiştir. Et dönerlerin nem içeriğinde pişirme süresine bağlı olarak görülen azalmalar bütün gruplarda istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.3 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerinin nem, protein, yağ, kül ve tuz içerikleri ile pH değerleri (n=4)

Döner Tipi		Yaprak		Karışım	
Pişirme Süresi		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
pH	Az	6,34±0,13	6,43±0,07	6,40±0,11	6,37±0,10
	Orta	6,41±0,03	6,39±0,10	6,33±0,04	6,44±0,07
	Çok	6,40±0,07	6,42±0,08	6,39±0,10	6,36±0,09
Nem (%)	Az	53,22±0,45 ^A	53,46±0,80 ^A	53,85±0,29 ^A	53,27±0,65 ^A
	Orta	50,04±0,39 ^B	49,65±0,13 ^B	51,52±0,50 ^{AB}	51,31±0,19 ^B
	Çok	44,64±0,03 ^{Cby}	48,88±0,60 ^{Bx}	49,87±0,46 ^{Ba}	47,95±0,06 ^C
Protein (%)	Az	23,02±0,35 ^B	24,00±0,82 ^B	23,80±0,16	23,31±0,68 ^B
	Orta	25,08±1,47 ^{ABy}	27,45±0,06 ^{Aax}	24,03±0,78	24,66±0,19 ^{Bb}
	Çok	27,80±0,58 ^{Aa}	26,23±0,64 ^{AB}	25,20±0,25 ^b	26,80±0,69 ^A
Yağ (%)	Az	20,95±0,21 ^B	19,44±0,01	19,42±0,97	20,54±0,03
	Orta	22,63±0,34 ^{ABxa}	20,15±1,64 ^y	20,28±0,73 ^b	20,77±0,06
	Çok	24,36±0,87 ^{Axa}	21,69±0,15 ^y	20,80±0,31 ^b	20,96±0,67
Kül (%)	Az	1,96±0,02 ^B	2,95±0,07 ^{Ba}	2,16±0,11 ^{By}	2,71±0,09 ^{xb}
	Orta	2,11±0,09 ^{Byb}	3,19±0,15 ^{Ax}	3,05±0,11 ^{Aa}	3,09±0,05
	Çok	2,40±0,23 ^{Ayb}	3,15±0,32 ^{Ax}	3,14±0,20 ^{Aa}	2,97±0,06
Tuz (%)	Az	1,67±0,05	1,49±0,05 ^b	1,60±0,13 ^B	1,68±0,02 ^a
	Orta	1,62±0,27 ^b	1,73±0,26	1,91±0,23 ^{Aa}	1,94±0,21
	Çok	1,67±0,03 ^b	1,71±0,08	2,22±0,025 ^{Aa}	2,09±0,15

A-C: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

a-b: Aynı pişirme yönteminde ve pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

x-y : Aynı döner tipi ve pişirme süresinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

Ortalama±Standart hata

Nem içeriğine döner tiplerinin etkisi incelendiğinde, gazlı ocakta pişirme sonucunda çok pişmiş karışım dönerlerin (% 49,87), yaprak dönerlerden (% 44,64) daha yüksek nem içeriğine sahip olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Et dönerlerde nem içeriğine pişirme yöntemlerinin etkisi incelendiğinde, karışım dönerlerde bütün pişirme sürelerinde (az, orta, çok) gazlı ocakta pişirme sonucunda elektrikli ocakta pişirmeye göre daha yüksek nem içeriği tespit edilmiştir. Ancak bu durum hiçbir grupta önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Bununla birlikte, yaprak dönerlerde çok pişmiş gruplarda elektrikli ocakta pişmiş dönerlerin (% 48,88) gazlı ocakta pişmiş dönerlere (% 44,64) kıyasla nem içeriği daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).

Yapılan çalışmada, protein içeriğinin et dönerlerde % 23,02 ile % 27,80 arasında değiştiği gözlenmiştir. En düşük ve en yüksek protein oranları yaprak dönerlerde gazlı ocakta az ve çok pişmiş dönerlerde tespit edilmiştir. Et dönerlerin protein içeriğine pişirme süresinin etkisi incelendiğinde protein içeriğinde pişirmeye bağlı olarak genel bir artış gösterdiği gözlenmiştir. Gazlı ocakta pişmiş karışım dönerler dışında bütün gruplarda protein içeriğinde pişirme süresine bağlı görülen değişim istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çalışmada, çiğ et-yaprak dönerlerin protein içeriği % 12,47 olarak tespit edilmiş ve pişirme ile protein miktarı artmıştır. Bu artış gazlı ocakta çok pişmiş grupta % 123; elektrikli ocakta çok pişmiş grupta % 110 olarak kaydedilmiştir. Çiğ et-karışım dönerlerin protein içeriği ise % 12,66 olup gazlı ocakta pişirme ile çok pişmiş grupta % 99; elektrikli ocakta pişirme ile çok pişmiş grupta % 112 artış görülmüştür.

Çalışmada protein içeriğine döner tiplerinin etkisi incelendiğinde, elektrikli ocakta orta pişmiş dönerlerde, yaprak dönerlerin (% 27,45) karışım dönerlerden (% 24,66); gazlı ocakta, çok pişmiş dönerlerde de yine yaprak dönerlerin (% 27,80) karışım dönerlerden (% 25,20) daha yüksek protein miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Pişirme yöntemleri arasındaki farklılığın protein içeriğine etkisi incelendiğinde, orta pişirme süresinde elektrikli ocakta pişmiş yaprak dönerlerin (% 27,45), gazlı ocakta

pişmiş yaprak dönerlere (% 25,08) göre daha yüksek protein içeriğine sahip olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Yapılan çalışmada yağ içeriğinin et dönerlerde % 19,42 ile % 24,36 arasında değiştiği gözlenmiştir (Çizelge 4.3). En düşük yağ içeriği karışım dönerlerde gazlı ocakta az pişmiş dönerlerde, en yüksek yağ içeriği ise yaprak dönerlerde çok pişirme süresinde gazlı ocakta pişirilmiş örneklerde tespit edilmiştir. Et dönerlerde bütün gruplarda pişirme süresine bağlı olarak yağ içeriğinde artış görülmüştür. Ancak bu artış yalnızca gazlı ocakta pişmiş yaprak dönerlerde önemli bulunmuştur. Çiğ et-yaprak dönerlerin yağ oranı % 13,22 olarak belirlenmiş olup pişirmeye bağlı olarak yağ içeriğinde sırasıyla % 58, % 71 ve % 84 artış görülmüştür ($p<0,05$).

Et dönerlerin yağ içeriğine farklı pişirme yöntemi ve döner tipinin etkisi (pişirme yöntemi x döner tipi ikili interaksyonu) istatistik olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.4). Çizelgeye göre, yaprak dönerlerde gazlı ocakta, elektrikli ocakta pişirmeye göre yağ içeriği daha fazla bulunmuştur ($p<0,05$). Yaprak dönerlerde pişirme yöntemlerine göre yağ içeriğinde görülen farklılık orta ve çok pişmiş örneklerden kaynaklanmıştır. Döner tipleri açısından bakıldığında ise gazlı ocakta pişirme sonucunda et-yaprak dönerin yağ içeriği, et-karışım dönerlerden daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Aynı şekilde görülen farklılık orta ve çok pişmiş örneklerden kaynaklanmıştır.

Çalışmada et dönerlerin kül içeriğine ilişkin sonuçlar da Çizelge 4.3'de verilmiştir. Çizelgeye göre, et dönerlerde kül içeriği % 1,96 ile % 3,19 arasında değişmektedir. Ayrıca, kül içeriğine pişirme süresinin etkisi, elektrikli ocakta pişmiş karışım dönerler hariç diğer bütün gruplarda istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Genel olarak dönerlerin kül içeriğinde pişirme süresine bağlı olarak artış gözlenmiştir.

Çizelge 4.4 Et dönerlerin yağ içeriğine farklı pişirme yöntemi ve döner tipinin etkisi (%) (n=4)

Döner Tipi	Pişirme Yöntemi	
	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
Yaprak Döner	22,65±0,40 ^{Aa}	20,43±0,30 ^B
Karışım Döner	20,17±0,49 ^b	20,76±0,23

A-B: Aynı döner tipinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

a-b: Aynı pişirme yönteminde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

Ortalama±Standart hata

Et dönerlerin tuz içeriğine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.3’de verilmiştir. Tuz içeriğinin et dönerlerde % 1,49 ile % 2,22 arasında değiştiği görülmüştür. En düşük tuz oranı yaprak dönerlerde elektrikli ocakta az pişirme süresinde pişmiş dönerlerde, en yüksek tuz oranı ise karışım dönerlerde çok pişirme süresinde gazlı ocakta pişirilmiş örneklerde tespit edilmiştir.

Bingöl vd. (2013) “*Dondurulmuş Pişmiş Dönerlerin Kalitesi Üzerine Vakum Paketlemenin Etkisi*” konulu çalışmalarında pişmiş et dönerlerde pH değerini 5,94; nem içeriğini % 66,50; yağ içeriğini % 18,20 olarak rapor etmişlerdir. Gönülalan vd. (2004) et dönerlerde pH değerini 6,08; nem içeriğini % 58,26; protein içeriğini % 24,11; yağ içeriğini % 15,33 ve kül içeriğini ise % 2,50 olarak rapor etmişlerdir. Demirok vd. (2011) dönerlerin proteinleri üzerine tumbling uygulaması ve sodyum tripolifosfatın etkisi üzerine yaptıkları çalışmada, kontrol grubunda pişmiş et dönerlerin pH değerini 6,07; nem içeriğini % 52,00; protein içeriğini % 29,04; yağ içeriğini % 17,42; kül içeriğini ise % 2,70 düzeyinde rapor etmişlerdir.

Demircioğlu vd. (2013) farklı et türlerinden (sığır, et, devekuşu) üretilmiş dönerlerin kimyasal özelliklerini incelemiş ve pişmiş et dönerlerde rapor ettikleri protein, nem ve kül değerleri çalışma sonuçlarından yüksek bulunmakla birlikte yağ miktarı düşük kalmıştır. Araştırmacılar protein içeriğini % 34,02; nem içeriğini % 51,40 ve kül içeriğini % 5,15 rapor etmiş, yağ içeriğini ise % 9,75 olarak bildirmişlerdir.

4.2.1.2 Tavuk dönerlerin kimyasal bileşimi ve pH değeri

Pişişmiş tavuk-yaprak ve tavuk-karışım dönerlerin kimyasal bileşimini belirlemek amacıyla nem, yağ, kül, protein, tuz analizleri ile pH ölçümü yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Tavuk dönerlerin pH değeri yaprak dönerlerde 6,30 ile 6,42 arasında; karışım dönerlerde ise 6,43 ile 6,50 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.5). En düşük pH değeri elektrikli ocakta az pişirme süresinde pişirilmiş yaprak dönerlerde, en yüksek pH değeri ise gazlı ocakta orta pişirme süresinde pişirilmiş karışım dönerlerde ölçülmüştür.

Çizelge 4.5 incelendiğinde tavuk dönerlerin nem içeriğinin pişirme süresine bağlı olarak bütün gruplarda azaldığı görülmektedir ($p<0,05$). En düşük nem içeriği gazlı ocakta çok pişmiş karışım dönerlerde (% 49,96), en yüksek nem içeriği ise gazlı ocakta az pişmiş karışım dönerlerde (% 61,29) tespit edilmiştir. Yaprak dönerlerin nem içeriği % 51,97 ile % 58,92 arasında değişmekle birlikte gazlı ocakta pişirme sonucunda nem içeriği pişirmeye bağlı olarak % 12; elektrikli ocakta pişirme sonucunda % 10 düzeyinde azalmıştır ($p<0,05$). Karışım dönerlerin nem içeriği ise % 49,96 ile % 61,29 arasında değişmiş, gazlı ocakta pişirme sonucunda nem içeriği pişirmeye bağlı olarak % 19; elektrikli ocakta pişirme sonucunda ise % 12 düzeyinde azalmıştır ($p<0,05$).

Tavuk dönerlerde nem içeriğine pişirme yönteminin etkisi incelendiğinde, hem yaprak hem karışım dönerlerde orta ve çok pişirme sürelerinde elektrikli ocakta pişirme sonucunda gazlı ocakta pişirmeye göre daha yüksek nem içeriği tespit edilmiştir. Gazlı ocakta pişirme esnasında döner radyanından çıkan alev in doğrudan etin yüzeyine nüfuz etmesi ısı transferinin etkinliğini artırmakta dolayısıyla et yüzeyinde nemin daha düşük olmasına yol açmaktadır. Özetle, gazlı ocakta elektrikli ocağa göre ısı transferinin etkinliği daha yüksektir ve bu durum da ürünün nem içeriğine yansımıştır ($p<0,05$).

Protein içeriği tavuk dönerlerde % 18,74 ile % 26,59 arasında değişmektedir (Çizelge 4.5). En düşük protein oranı karışım dönerlerde gazlı ocakta az pişmiş dönerlerde, en yüksek protein oranı ise yaprak dönerlerde çok pişirme süresinde gazlı ocakta pişirilmiş örneklerde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin nem, protein, yağ, kül ve tuz içerikleri ile pH değerleri (n=4)

Döner Tipi		Yaprak		Karışım	
Pişirme Süresi		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
pH	Az	6,41±0,06	6,30±0,08	6,46±0,20	6,43±0,11
	Orta	6,42±0,04	6,35±0,04	6,50±0,07	6,49±0,09
	Çok	6,37±0,04	6,40±0,04	6,46±0,14	6,47±0,16
Nem (%)	Az	58,92±0,33 ^{Ab}	58,57±1,04 ^{Ab}	61,29±1,27 ^{Aa}	61,08±0,49 ^{Aa}
	Orta	53,47±0,35 ^{Bby}	57,52±0,97 ^{Ax}	57,53±0,62 ^{Bay}	59,66±0,49 ^{Ax}
	Çok	51,97±0,35 ^B	52,66±0,29 ^B	49,96±0,64 ^{Cy}	53,73±0,97 ^{Bx}
Protein (%)	Az	21,28±1,01 ^B	22,14±0,11	18,74±0,99 ^B	20,61±0,66
	Orta	26,29±0,29 ^{Aa}	23,53±0,75	20,17±1,13 ^{Bb}	21,00±1,01
	Çok	26,59±0,72 ^A	25,98±0,79	26,42±1,01 ^A	24,74±0,73
Yağ (%)	Az	17,97±0,04	16,76±0,63 ^B	17,87±0,79 ^{Bx}	15,46±0,14 ^{By}
	Orta	18,17±0,04	16,93±0,92 ^{Ba}	19,66±0,30 ^{Ax}	16,88±0,91 ^{Bby}
	Çok	17,55±0,01 ^b	19,12±1,46 ^A	20,00±0,41 ^{Aa}	19,39±0,22 ^A
Kül (%)	Az	1,96±0,12 ^C	2,06±0,17 ^B	1,87±0,03 ^B	2,03±0,05 ^B
	Orta	2,27±0,06 ^B	2,12±0,03 ^{Bb}	2,34±0,13 ^A	2,57±0,01 ^{Aa}
	Çok	2,56±0,13 ^{Ab}	2,40±0,08 ^A	2,97±0,12 ^{Axa}	2,50±0,04 ^{Ay}
Tuz (%)	Az	1,45±0,04 ^B	1,42±0,12	1,70±0,05	1,80±0,01
	Orta	1,29±0,04 ^B	1,48±0,01	1,67±0,03 ^y	1,93±0,09 ^x
	Çok	1,65±0,05 ^A	1,41±0,08	1,88±0,03	1,72±0,17

A-C: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

a-b: Aynı pişirme yönteminde ve pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

x-y: Aynı döner tipi ve pişirme süresinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

Ortalama±Standart hata

Bununla birlikte tavuk dönerlerin protein içeriğine farklı pişirme süresi ve döner tipinin etkisi (pişirme süresi x döner tipi ikili interaksyonu) istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Çizelge 4.6). Çizelgeye göre, hem yaprak hem de karışım dönerlerde pişirme süresine bağlı olarak protein içeriğinde artış görülmüş ve bu artış istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Her iki döner tipinde de pişirme süresine bağlı olarak görülen bu artışlar gazlı ocakta pişmiş dönerlerden kaynaklanmıştır.

Çizelge 4.6 Tavuk dönerlerin protein içeriğine farklı pişirme yöntemi ve döner tipinin etkisi (%) (n=4)

Döner Tipi	Pişirme Süresi		
	Az Pişmiş	Orta Pişmiş	Çok Pişmiş
Yaprak Döner	21,71±0,49 ^{Ba}	24,91±0,86 ^{Aa}	26,29±0,45 ^A
Karışım Döner	19,68±0,54 ^{Bb}	20,58±0,66 ^{Bb}	25,58±0,70 ^A

A-B: Aynı döner tipinde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$)

a-b: Aynı pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. ($p<0,05$)

Ortalama±Standart hata

Tavuk dönerlerin yağ içeriğine ilişkin veriler Çizelge 4.5’de yer almaktadır. Çizelgeye göre, en düşük yağ içeriği elektrikli ocakta az pişmiş karışım dönerlerde (% 15,46), en yüksek yağ içeriği ise çok pişirme süresinde gazlı ocakta pişirilmiş karışım dönerlerde (% 20,00) tespit edilmiştir. Tavuk dönerlerde gazlı ocakta pişmiş yaprak dönerler hariç, yağ içeriğinin pişirme süresine bağlı olarak bütün gruplarda % 10-25 arasında değişen düzeylerde arttığı gözlenmiştir ($p<0,05$).

Tavuk dönerlerin kül içeriğine ilişkin değerler de Çizelge 4.5’de yer almaktadır. Buna göre kül içeriği tavuk dönerlerde % 1,87 ile % 2,97 arasında değişmektedir. En düşük kül içeriği karışım dönerlerde gazlı ocakta az pişmiş dönerlerde, en yüksek kül oranı ise karışım dönerlerde çok pişirme süresinde gazlı ocakta pişirilmiş örneklerde tespit edilmiştir. Tavuk–yaprak ve tavuk-karışım dönerlerde hem gazlı hem de elektrikli ocakta pişmiş gruplarda pişirme süresine bağlı olarak kül içeriğinde görülen değişim istatistik olarak önemli bulunmuştur. Elektrikli ocakta pişmiş karışım dönerler haricindeki bütün gruplarda pişirme süresine bağlı olarak kül içeriğinde artış gözlenmiştir ($p<0,05$).

Tuz içeriği tavuk dönerlerde % 1,29 ile % 1,93 arasında değişmektedir (Çizelge 4.5). En düşük tuz oranı yaprak dönerlerde gazlı ocakta orta pişirme süresinde pişmiş dönerlerde, en yüksek tuz oranı ise karışım dönerlerde orta pişirme süresinde elektrikli ocakta pişirilmiş örneklerde tespit edilmiştir. Bununla birlikte tavuk dönerlerin tuz içeriğine farklı pişirme süresi ve pişirme yönteminin etkisi (pişirme süresi x pişirme yöntemi ikili interaksyonu) istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 Tavuk dönerlerde farklı pişirme süresi ve pişirme yönteminin tuz miktarı üzerine etkisi (%) (n=4)

Pişirme Yöntemi	Pişirme Süresi		
	Az Pişmiş	Orta Pişmiş	Çok Pişmiş
Gazlı Pişirme	1,58±0,08 ^B	1,48±0,11 ^{Bb}	1,76±0,07 ^{Aa}
Elektrikli Pişirme	1,70±0,17	1,69±0,13 ^a	1,56±0,12 ^b

A-B: Aynı pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$)

a-b : Aynı pişirme süresinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$)

Ortalama±Standart hata

Çizelgeye göre, gazlı ocakta pişirilen tavuk dönerlerin tuz içeriğinde pişirme süresine bağlı olarak görülen değişim istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Bu farklılık gazlı ocakta pişirilmiş yaprak dönerlerden kaynaklanmıştır.

4.2.2 TBARM değeri

TBARM analizi, üründe pişirme işlemi sonucu oluşan lipid oksidasyon düzeyini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çünkü lipid oksidasyon ürünlerinin karbonil kaynağı olarak Strecker degradasyonunda rol almak suretiyle başta PhIP bileşiği olmak üzere HAA oluşumunu tetiklediği bildirilmiştir (Zamora vd. 2012; 2013). Ayrıca TBARM değeri, ikincil oksidasyon ürünü olan ve oksidasyon sonucu üründe biriken mutajenik ve karsinojenik özellikte bir bileşik olan malondialdehit (MA) düzeyi hakkında da bilgi verir. Ek olarak, et ürünlerinde oksidasyon sonucu ransit koku ve tat oluşumu sebebiyle duyu kalitede de düşme gözlenir (Demirok 2014).

4.2.2.1 Et dönerlerin TBARM değerleri

Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilen et dönerlerde TBARM değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir. Çizelgeye göre, et dönerlerin TBARM içeriğinin 1,35 mg MA/kg ile 2,27 mg MA/kg arasında değişim gösterdiği gözlenmiştir. En düşük TBARM değeri karışım dönerlerde gazlı ocakta az pişmiş grupta (1,35 mg MA/kg) en yüksek TBARM içeriği ise yine karışım dönerlerde elektrikli ocakta çok pişmiş grupta tespit edilmiştir (2,27 mg MA/kg).

Çizelge 4.8 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin TBARM değerleri (mg MA/kg)(n=4)

Döner Tipi		Yaprak		Karışım	
Pişirme Yöntemi		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
TBARM	Az	1,67±0,02	1,65±0,10	1,35±0,34 ^{By}	1,81±0,01 ^x
	Orta	1,69±0,01	1,74±0,06	1,43±0,10 ^{By}	2,01±0,31 ^x
	Çok	1,81±0,03	1,66±0,03 ^b	2,01±0,04 ^A	2,27±0,06 ^a

A-B: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

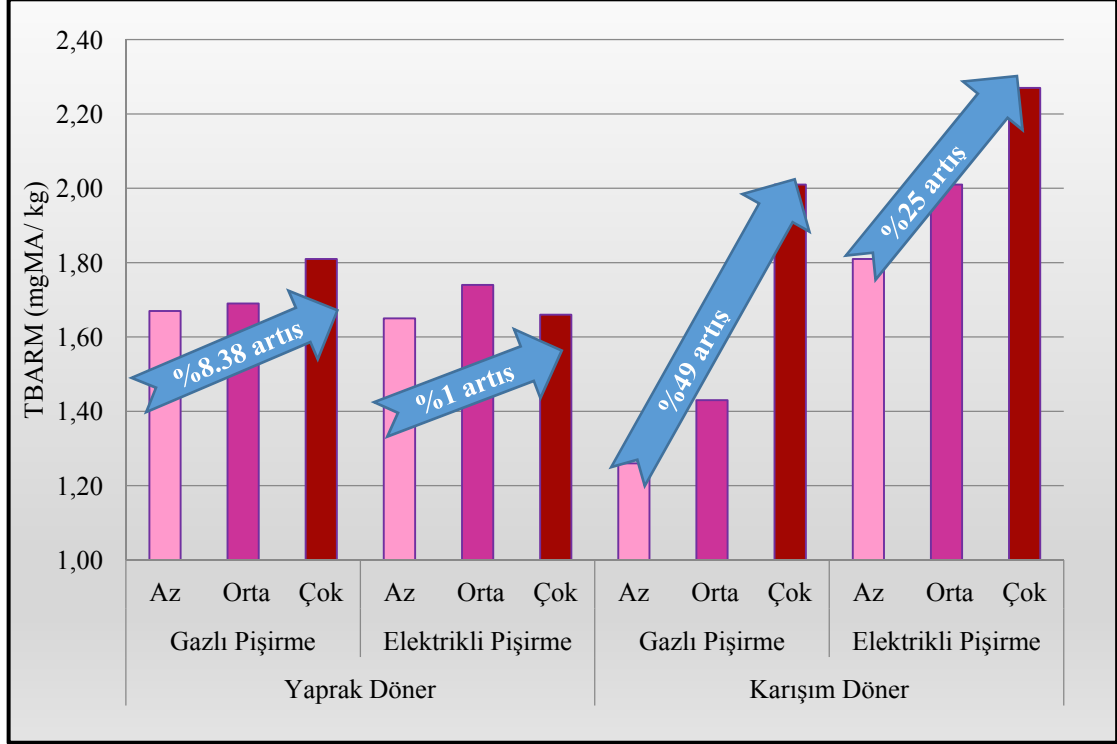
a-b: Aynı pişirme yönteminde ve pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

x-y: Aynı döner tipi ve pişirme süresinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

Ortalama±Standart hata

Yapılan çalışmada, gazlı ocakta pişmiş et-yaprak dönerlerin TBARM miktarında pişirme süresine bağlı olarak toplamda % 8,39 oranında bir artış görülmüştür (p>0,05). TBARM miktarı, az pişirme süresinde 1,67 mg MA/kg iken orta pişirme süresinde 1,69 mg MA/kg'a ve çok pişirme süresinde 1,81 mg MA/kg'a yükselmiştir. Et-karışım dönerlerin TBARM değerinde de pişirme süresine bağlı olarak artış görülmüştür (p<0,05). TBARM değeri az pişmiş grupta 1,35 mg MA/kg iken % 49 artışla çok pişmiş grupta 2,01 mg MA/kg değerine ulaşmıştır. Pişirmeye bağlı bu artış çok pişmiş grupta az ve orta pişmiş gruplara göre daha önemli bulunmuştur (p<0,05). Yanı sıra, elektrikli ocakta pişmiş karışım dönerlerde de pişirme ile TBARM miktarında artış görülmüş (% 25 artış) ise de bu artış istatistik olarak önemli bulunmamıştır (p>0,05).

Çalışmada, farklı yöntemlerle pişirilmiş et dönerlerin TBARM değerlerinde pişirme süresine bağlı olarak görülen değişim Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Farklı yöntemlerle pişirilmiş et dönerlerin TBARM değerlerinde pişirme süresine bağlı değişim

Döner tipleri açısından değerlendirildiğinde, elektrikli ocakta piştirme sonucunda bütün piştirme sürelerinde karışım dönerlerin yaprak dönerlerden daha yüksek TBARM değerine sahip olduğu görülmüştür. Bununla birlikte yalnızca çok piştirme süresinde elektrikli ocakta pişmiş karışım dönerlerin TBARM değerinin (2,27 mg MA/kg) yaprak dönerlerden daha yüksek (1,66 mg MA/kg) bulunması istatistik olarak önemli olmuştur ($p < 0,05$). Piştirme yöntemleri açısından değerlendirildiğinde ise, karışım dönerlerde, az ve orta pişmiş gruplarda, elektrikli ocakta piştirme sonucunda gazlı ocakta pişirmeye göre daha yüksek TBARM oluşumu gözlenmiştir ($p < 0,05$).

Et dönerlerde TBARM oluşumuna farklı döner tipi ve piştirme sürelerinin etkisi (döner tipi x piştirme süresi ikili etkileşimi) ile farklı döner tipi ve piştirme yöntemlerinin etkisi (döner tipi x piştirme yöntemi ikili etkileşimi) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10).

Çizelge 4.9 Et dönerlerde farklı döner tipi ve pişirme süresinin TBARM oluşumuna etkisi(mg MA/kg) (n=4)

Döner Tipi	Pişirme Süresi		
	Az Pişmiş	Orta Pişmiş	Çok Pişmiş
Yaprak Döner	1,66±0,04	1,72±0,03	1,74±0,05 ^b
Karışım Döner	1,53±0,16 ^B	1,72±0,21 ^B	2,14±0,08 ^{Aa}

A-B: Aynı döner tipinde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

a-b: Aynı pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Ortalama±Standart hata

Çizelge 4.9'a göre, pişirme süresine bağlı olarak karışım dönerlerin TBARM değerinde % 39,9 artış görülmüş ve bu artış çok pişmiş grupta az ve orta pişmiş gruba göre daha önemli olmuştur (p<0,05). Yanı sıra, çok pişirme süresinde, karışım dönerlerin TBARM değeri (2,14 mg MA/kg) yaprak dönerlerden daha yüksek (1,74 mg MA/kg) bulunmuştur (p<0,05).

Farklı döner tipi ve pişirme yöntemleri arasındaki interaksiyon verilerini içeren Çizelge 4.10 incelendiğinde, karışım dönerlerde, elektrikli ocakta pişirme sonucunda (2,03 mg MA/kg) gazlı ocakta pişirmeye göre (1,56 mg MA/kg) daha yüksek TBARM oluşumu gözlenmiştir (p<0,05). Bu durumun sebebinin elektrikli ocakta pişirme süresinin daha uzun olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

TBARM değerine döner tiplerinin etkisi incelendiğinde, karışım dönerlerin (2,03 mg MA/kg) yaprak dönerlerden (1,68 mg MA/kg) daha yüksek TBARM değerine sahip olduğu görülmüştür (p<0,05). Bu durumun karışım dönerlerin formülasyonu gereği bileşiminde % 20 kıyma içermesi ve dolayısıyla oksidasyona daha hassas olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Literatür ile kıyaslandığında çalışmada et dönerler için tespit edilen TBARM değerleri, Demirok vd. (2014) tarafından pişmiş et dönerler için rapor edilen 1,64 mg MA/kg değeri ile uyum göstermekle birlikte farklı araştırmacılar tarafından rapor edilen değerlerden yüksek bulunmuştur (Gönülalan vd. 2004; Bingöl vd 2013).

Çizelge 4.10 Et dönerlerde farklı döner tipi ve pişirme yönteminin TBARM oluşumuna etkisi (mg MA/kg) (n=4)

Döner Tipi	Pişirme Yöntemi	
	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
Yaprak Döner	1,72±0,03	1,68±0,04 ^b
Karışım Döner	1,56±0,15 ^A	2,03±0,12 ^{Ba}

A-B: Aynı döner tipinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

a-b: Aynı pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir. (p<0,05)

Ortalama±Standart hata

4.2.2.1.1 Tavuk dönerlerin TBARM değerleri

Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilen tavuk dönerlerde TBARM değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde tavuk dönerlerin TBARM değerinin 1,05 mg MA/kg ile 1,66 mg MA/kg arasında değişim gösterdiği gözlenmiştir. En düşük TBARM değeri yaprak dönerlerde gazlı ocakta az pişmiş grupta tespit edilmiştir (1,05 mg MA/kg). En yüksek TBARM içeriği ise yine yaprak dönerlerde elektrikli ocakta çok pişmiş grupta tespit edilmiştir (1,66 mg MA/kg).

Çizelge 4.11 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin TBARM değerleri (mg MA/kg) (n=4)

Döner Tipi	Yaprak		Karışım		
	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	
TBARM	Az	1,05±0,04 ^C	1,20±0,09 ^B	1,10±0,02 ^B	1,11±0,11 ^B
	Orta	1,31±0,01 ^B	1,45±0,06 ^{Aa}	1,17±0,09 ^B	1,19±0,13 ^{ABb}
	Çok	1,58±0,04 ^A	1,66±0,03 ^{Aa}	1,45±0,06 ^A	1,35±0,02 ^{Ab}

A-C: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

a-b: Aynı pişirme yönteminde ve pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

Ortalama±Standart hata

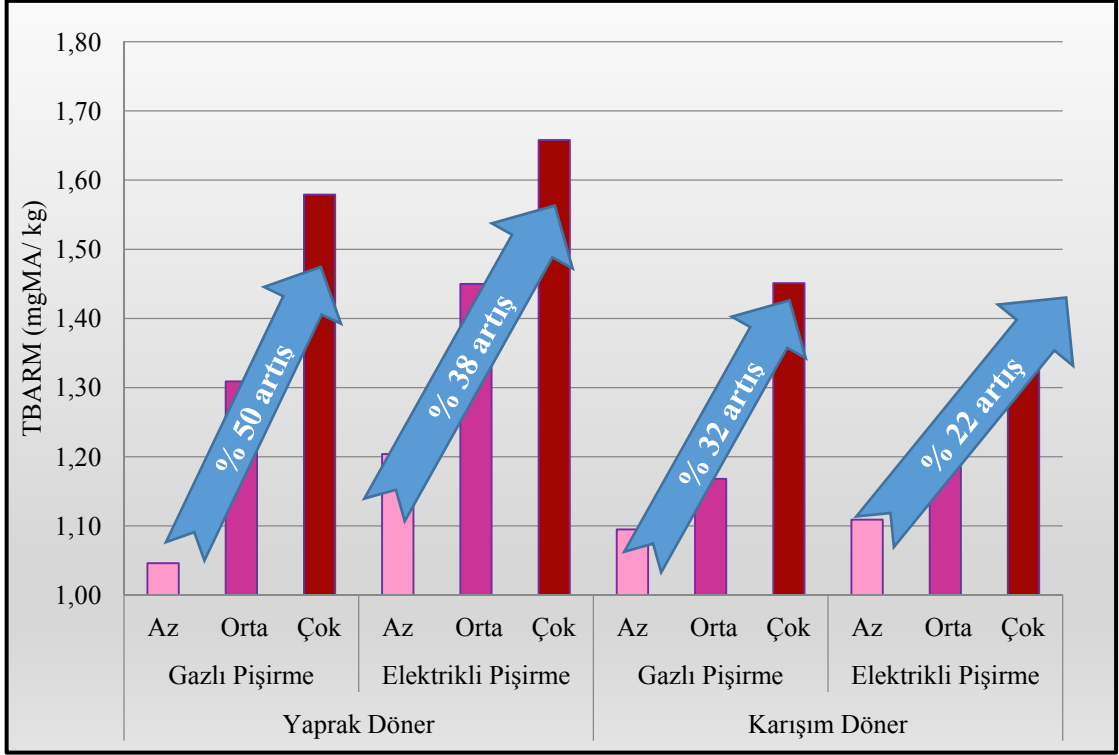
Çalışmada, tavuk-yaprak ve tavuk-karışım dönerlerde TBARM değerine pişirme sürelerinin etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Gazlı ocakta pişirilen tavuk-yaprak dönerlerin TBARM değeri az pişirme süresinde 1,05 mg MA/kg iken % 50 artarak çok pişirme süresinde 1,58 mg MA/kg'a yükselmiştir. TBARM değerinde görülen bu artış çok pişirmiş dönerlerde, orta ve az pişirmiş dönerlere göre daha önemli olmuştur ($p<0,05$). Elektrikli ocakta pişmiş tavuk-yaprak dönerlerde ise TBARM değeri gazlı ocakta olduğu gibi, pişirme süresine bağlı olarak artmıştır (% 38) ($p<0,05$).

Karışım dönerlerde pişirme süresine bağlı olarak TBARM değerindeki değişim incelendiğinde, yaprak dönerlerde olduğu gibi hem gazlı hem de elektrikli ocakta pişmiş gruplarda TBARM değerinde pişirme süresine bağlı artış görülmüştür ($p<0,05$). Buna göre, gazlı ocakta pişmiş tavuk-karışım dönerlerin TBARM içeriğinde pişirme süresine bağlı olarak % 32 artış tespit edilmiş ve bu artış istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Elektrikli ocakta pişmiş dönerlerin TBARM değerinde görülen artış ise % 22 tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Sonuç olarak bütün gruplarda pişirme süresine bağlı olarak TBARM miktarında artış görülmüştür. Buna ilişkin değerlendirme Şekil 4.2'de verilmiştir.

Et ve et ürünlerinde meydana gelen oksidasyonun, ürünün hem besinsel hem de duyuşal kalitesini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Tüketime hazır iyi kalite bir üründe TBARM değeri maksimum 3 mg MA/kg düzeyinde olmalıdır (Demirok 2014). Çalışmada elde edilen tavuk dönerlerin TBARM değerleri incelendiğinde en yüksek değerin 1,66 mg MA/kg olduğu görülmüştür ki tüm gruplarda sonuçlar 3 mg MA/kg'ın altındadır.

TBARM değerine döner tiplerinin etkisi incelendiğinde; elektrikli ocakta pişirme uygulanmış dönerlerde tüm pişirme sürelerinde yaprak dönerlerin TBARM değerinin karışım dönerlere daha yüksek olduğu görülmüştür. Ancak bunlardan sadece orta ve çok pişmiş gruplarda döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).



Şekil 4.2 Farklı yöntemlerle pişirilmiş tavuk dönerlerin TBARM değerlerinde pişirme süresine bağlı değişim

Çalışmada ayrıca TBARM içeriğine pişirme yöntemlerinin etkisi de incelenmiş ve yaprak dönerlerde bütün gruplarda, elektrikli ocakta pişmiş örneklerde gazlı ocakta pişmiş örneklere göre daha yüksek TBARM oluşumu gözlenmiştir ancak görülen bu farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).

4.2.3 HAA oluşumuna etkili öncü bileşikler

Eterde doğal olarak bulunan kreatin, kreatinin, serbest aminoasitler ve glukoz ısı işlem sonucu karsinojenik ve mutajenik özellikteki HAA'ların oluşumuna neden olan öncü bileşenlerdir (Solyakov and Skog 2002; Öz 2006; Liao vd. 2009; Kızıllı vd. 2011; Haskaraca vd. 2014). Bu noktadan hareketle, araştırma kapsamında farklı pişirme yöntemleri ve pişirme sürelerinde pişirilen et ve tavuk dönerlerde, HAA oluşumuna etki eden öncü bileşikler altında; kreatin, kreatinin, toplam serbest aminoasit ve glukoz analizleri yapılmıştır.

4.2.3.1 Et dönerlerde HAA oluşumuna etkili öncü bileşikler

Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerde, HAA oluşumuna etkili öncü bileşikler kapsamında analizi yapılan kreatin, kreatinin, toplam serbest amino asit (toplam SAA) ve glukoz miktarlarına ilişkin değerler Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Kreatin ve kreatinin miktarı

Et ürünleri, pişirme boyunca serbest aminoasitler ve şekerler ile reaksiyona girebilen kreatin ve kreatinin içerir (Felton vd. 1994). Etin mutajenik aktivitesinin temelinde kreatin vardır (Jagerstad vd. 1991). Isıl işlem boyunca kreatin kreatinine dönüşür. Sıcaklığın 100 °C’nin üstüne çıkmasıyla birlikte kreatin miktarında hızlı bir azalış, kreatinin miktarında ise hızlı bir artış görülür (Öz 2006).

Çizelge 4.12’ye göre, farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin kreatin içeriğinin 6,34 -10,43 mg/g km arasında değişen değerler aldığı gözlenmiştir. En düşük kreatin içeriği karışım dönerlerde elektrikli ocakta çok pişmiş gruplarda, en yüksek kreatin içeriği ise karışım dönerlerde az pişirme süresinde gazlı ocakta pişirilmiş gruplarda tespit edilmiştir.

Araştırmada, çiğ et-yaprak dönerlerin kreatin miktarı 11,75 mg/g km olarak belirlenmiş olup hem gazlı hem de elektrikli ocakta pişirme ile azalma görülmüştür. Kreatin miktarı gazlı ocakta, az pişirme süresinde % 30, orta pişirme süresinde % 33 ve çok pişirme süresinde % 41 azalmıştır ($p<0,05$). Benzer şekilde elektrikli ocakta pişirilen yaprak dönerlerde de, pişirme süresine bağlı olarak kreatin içeriğinde azalma görülmüştür. Bu azalma, az pişirme süresinde % 39, orta pişirme süresinde % 42 ve çok pişirme süresinde % 43 olarak hesaplanmıştır. Çiğ et-karışım dönerlerin kreatin içeriği ise 12,68 mg/g km olarak tespit edilmiştir. Gazlı ve elektrikli ocakta pişirme sonucunda pişirme süresine bağlı olarak dönerlerin kreatin miktarında azalma gözlenmiştir. Bu azalma, gazlı ocakta pişmiş dönerlerde sırasıyla, % 18, % 38 ve % 39 oranında; elektrikli ocakta pişmiş dönerlerde ise sırasıyla % 48, % 49,8 ve % 50 olarak hesaplanmıştır ($p<0,05$).

Sonuç olarak, kreatin içeriği pişirme süresine bağlı olarak bütün gruplarda azalmıştır. Bu durumun, kreatin bileşiminin, ısıl işlem süresince Maillard reaksiyon ürünleri ile reaksiyona girmesi veya HAA oluşumunda rol alması dolayısıyla azalmasından kaynaklandığı düşünölmektedir.

Kreatin içeriğine döner tiplerinin etkisi incelendiğinde, yalnızca gazlı ocakta az pişirme süresinde pişirilen et-yaprak ve et-karışım dönerler arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Gazlı ocakta, az pişirme süresinde pişirilen yaprak dönerlerin kreatin içeriği 8,19 mg/g km, karışım dönerlerin ise 10,43 mg/g km olarak tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Elektrikli ocakta, bütün pişirme sürelerinde yaprak dönerlerin karışım dönerlerden daha yüksek kreatin içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir ($p > 0,05$). Kreatin içeriğine pişirme yönteminin etkisi incelendiğinde, karışım dönerlerde bütün pişirme sürelerinde gazlı ocakta pişirme sonucunda elektrikli ocakta pişirmeye göre kreatin içeriği daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$).

Çizelge 4.12 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerinin kreatin, kreatinin, toplam serbest aminoasit ve glukoz içerikleri (mg/g km) (n=4)

Döner Tipi		Yaprak		Karışım		Ort±SH (Pişirme süresi)
Pişirme Yöntemi		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	
Kreatin	Çiğ	11,75±0,29 ^A	11,75±0,29 ^A	12,68±0,13 ^A	12,68±0,13 ^A	12,21±0,64 ^A
	Az	8,19±0,57 ^{Bxb}	7,19±0,01 ^{By}	10,43±0,62 ^{ABxa}	6,53±0,30 ^{By}	8,08±0,58 ^B
	Orta	7,87±0,04 ^{Bx}	6,82±0,20 ^{By}	7,80±0,08 ^{Bx}	6,35±0,19 ^{By}	7,21±0,25 ^B
	Çok	6,91±0,07 ^B	6,72±0,23 ^B	7,74±0,23 ^{Bx}	6,34±0,02 ^{By}	6,93±0,20 ^B
Kreatinin	Çiğ	0,55±0,08 ^C	0,55±0,08 ^C	0,46±0,02 ^C	0,46±0,02 ^B	0,50±0,04 ^C
	Az	0,62±0,05 ^C	0,66±0,04 ^B	0,61±0,05 ^B	0,55±0,05 ^B	0,61±0,02 ^C
	Orta	0,80±0,02 ^B	0,78±0,06 ^B	0,61±0,02 ^B	0,74±0,01 ^A	0,73±0,03 ^B
	Çok	0,93±0,81 ^A	1,09±0,06 ^{Aa}	0,91±0,20 ^A	0,74±0,01 ^{Ab}	0,92±0,06 ^A
Toplam SAA	Çiğ	1658,28±11 ^A	1658,28±11 ^A	2149,11±15,6 ^A	2149,11±15,6 ^A	1903,7± 92,8 ^A
	Az	1627±195 ^A	1386±138 ^{AB}	1378±38,1 ^B	1319±140 ^B	1428±113 ^B
	Orta	1313±136 ^B	1326±48,5 ^{BC}	1407±56,0 ^B	1164±9,00 ^B	1302,5±44,2 ^{BC}
	Çok	1122±56,7 ^B	1059±188 ^C	1044±20,1 ^B	1022±118 ^B	1061,7±45,7 ^C
Glukoz	Çiğ	5,95±0,20 ^A	5,95±0,20 ^{AB}	5,42±0,73 ^A	5,42±0,73 ^A	5,68±0,23 ^A
	Az	3,43±0,06 ^{BCy}	4,07±0,14 ^{Bxa}	3,75±0,66 ^B	3,45±0,10 ^{Bb}	3,81±0,21 ^B
	Orta	3,79±0,25 ^{Bax}	3,16±0,24 ^{Cy}	3,01±0,09 ^{Cb}	3,49±0,22 ^B	3,39±0,16 ^{BC}
	Çok	3,12±0,16 ^C	3,14±0,41 ^C	3,35±0,19 ^C	3,13±0,24 ^C	3,18±0,11 ^C

A-C: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

a-b: Aynı pişirme yönteminde ve pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

x-y: Aynı döner tipi ve pişirme süresinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

Ort ±SH: Ortalama±Standart hata

Araştırmada, farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin kreatinin miktarı 0,55 -1,09 mg/g km arasında değişmektedir (Çizelge 4.12). Çalışmada, en düşük kreatinin miktarı karışım dönerlerde elektrikli ocakta az pişmiş gruplarda, en yüksek kreatinin miktarı ise yaprak dönerlerde çok pişirme süresinde elektrikli ocakta pişirilmiş örneklerde tespit edilmiştir.

Et dönerlerin kreatinin içeriğine ortalama pişirme süresinin etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Et dönerlerde kreatinin miktarının pişirme süresine bağlı değişimi, az pişirme süresinde ortalama 0,61 mg/g km; orta pişirme süresinde 0,73 mg/g km ve çok pişirme süresinde 0,92 mg/g km olarak tespit edilmiştir. Çizelgeye göre, kreatinin miktarının bütün gruplarda pişirme süresine bağlı olarak arttığı gözlenmiştir ($p<0,05$).

Çiğ yaprak dönerlerin kreatinin miktarı 0,55 mg/g km olup gazlı ocakta pişirme sonucunda az pişirme süresinde 0,62 mg/g km'ye, orta pişirme süresinde 0,80 mg/g km'ye ve çok pişirme süresinde ise 0,93 mg/g km'ye yükselmiştir ($p<0,05$). Pişirmeye bağlı olarak gazlı ocakta pişirilen yaprak dönerlerin kreatinin miktarında % 69 artış görülmüştür. Elektrikli ocakta pişirilen yaprak dönerlerde ise kreatinin miktarı az pişirme süresinde 0,66 mg/g km, orta pişirme süresinde 0,78 mg/g km olup çok pişirme süresinde 1,09 mg/g km düzeyinde tespit edilmiştir ($p<0,05$). Pişirmeye bağlı olarak elektrikli ocakta pişirilen yaprak dönerlerin kreatinin miktarında yaklaşık olarak % 100 artış görülmüştür.

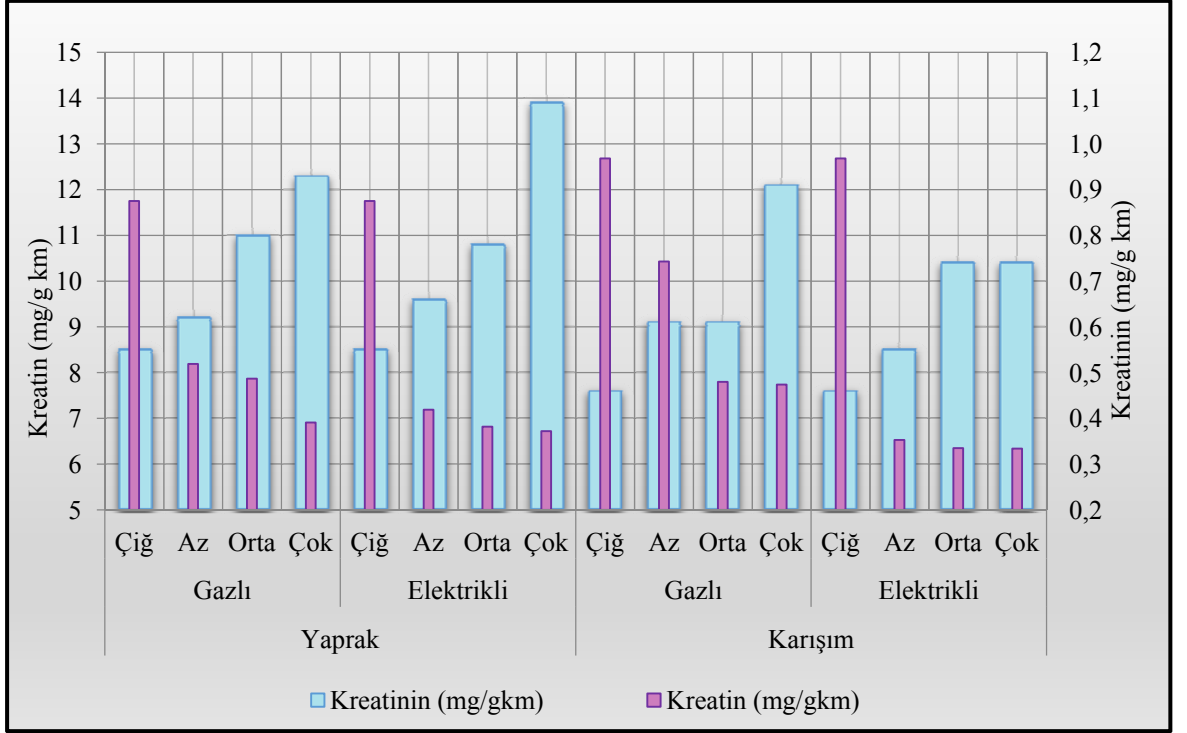
Çiğ karışım dönerlerin kreatinin içeriği 0,46 mg/g km olup gazlı ocakta az pişirme sonucunda bu değer, 0,61 mg/g km seviyesine, orta pişirme sonucunda 0,61 mg/g km'e çok pişirme sonucunda ise 0,91 mg/g km'ya yükselmiştir ($p<0,05$). Pişirmeye bağlı olarak gazlı ocakta pişirilen karışım dönerlerde kreatinin içeriğinde yaklaşık olarak % 97 artış görülmüştür. Elektrikli ocakta pişirmede az pişirme süresinde kreatinin içeriği en düşük değerini almış ve 0,55 mg/g km olarak tespit edilmiştir. Kreatinin içeriği orta derecede pişirme ile 0,74 mg/g km ve çok pişirme süresinde 0,74 mg/g km düzeyinde belirlenmiştir. Sonuç olarak, her iki döner tipinde (yaprak, karışım) ve her iki pişirme yönteminde (gazlı, elektrikli) pişirme süresine bağlı olarak kreatinin miktarlarında görülen değişim istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Araştırmada, kreatinin miktarına pişirme yönteminin, istatistik olarak önemli bir etkisi bulunmazken döner tiplerinin etkisi önemli olmuştur. Buna göre, yaprak dönerlerin kreatinin miktarı (ortalama 0,81 mg/g km) karışım dönerlerden (ortalama 0,69 mg/g km) daha yüksektir ($p<0,05$).

Farklı sürelerde pişirilmeleri sonucunda et dönerlerin kreatin miktarlarında azalma tespit edilen çalışma sonuçları ile benzer şekilde, Ahn and Grün (2005) ile Öz (2006) çalışmalarında pişirme süresine bağlı olarak pişmiş etlerde kreatin içeriğinde azalma rapor etmişlerdir. Gibis ve Weiss (2010) yapmış oldukları araştırmada, etlerin pişirilmeleri sırasında kreatin miktarının pişirme süresince azaldığını ve bu azalmanın kreatinlerin kreatinin ve HAA oluşumuna katılmasından kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir. Gibis vd. (2015) tarafından farklı pişirme sürelerinde ve sıcaklıklarında pişirilen bacon'larda 150-170 °C'de pişirilen örneklerde pişirme süresinin artmasına bağlı olarak (3-6 dk) kreatinin içeriğinde % 100 artış görülmüş bununla birlikte kreatin miktarında pişirme süresi ve sıcaklığının artmasına bağlı olarak ciddi bir azalma görülmüştür.

Araştırma sonucunda, farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerde kreatin ve kreatinin arasında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim Şekil 4.3'de yer almaktadır.

Yağsız etin kreatin konsantrasyonu bağ dokuya kıyasla daha yüksek olup nispeten sabittir. Bu nedenle özellikle kıymadan elde edilen burger köfte tipi ürünlerde kreatin konsantrasyonu kıymanın kalitesini belirleyen bir faktördür (Persson vd. 2003). Yapılan bir çalışmada, 180 ve 220 °C'de pişirilen dana burger köftelerde iki farklı pişirme süresinde (3,5-5,5 dk), pişirmeye bağlı olarak kreatinin kreatinine dönüşüm oranı incelenmiş ve 180 °C'de pişirilen köftelerde 3,5 dk pişirme sonucunda dönüşüm oranı % 14,5 iken 5,5 dk için % 24,1 olarak tespit edilmiştir. 220 °C'de pişirme sonucunda ise sırasıyla % 15,1 ve % 28,7 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak dönüşüm oranı pişirme süresinin ve pişirme sıcaklığının artmasıyla birlikte artış göstermiştir (Persson vd. 2003).



Şekil 4.3 Farklı yöntemlerle pişirilmiş et dönerlerde kreatin ve kreatinin değerlerinde pişirme süresine bağlı değişim

Toplam serbest aminoasit miktarı

Serbest amino asitlerin HAA oluşumu üzerinde önemli etkileri vardır (Tai vd. 2001). Bu bileşikler, glukoz ile reaksiyona girmek suretiyle HAA oluşumunda rol alırlar (Liao vd. 2009).

Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilen et-yaprak ve et-karışım dönerlerde belirlenen toplam SAA içerikleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Araştırma kapsamında toplam serbest aminoasit (toplam SAA) miktarının et dönerlerde, 1022 mg/g km ile 1627 mg/g km arasında değişen değerler aldığı gözlenmiştir.

Çalışmada, et dönerlerin ortalama toplam SAA içeriğine pişirme süresinin etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Buna göre toplam SAA içeriği pişirme süresine bağlı olarak azalış göstermiş ve az pişirme süresinde ortalama 1428 mg/g km iken orta pişirme süresinde 1302,5 mg/g km’ye çok pişirme süresinde ise 1061,7 mg/g km’ye düşmüştür.

Çiğ-yaprak dönerlerin toplam SAA içeriği 1658,28 mg/g km olarak tespit edilmiştir. Gazlı ocakta pişirmede az pişirme süresinde 1627 mg/g km olan SAA miktarı orta pişirme süresinde 1313 mg/g km'ye, çok pişirme süresinde ise 1122 mg/g km'ye düşmüştür. Pişirme süresine bağlı olarak toplam SAA içeriğinde sırasıyla, % 2, % 21 ve % 33 oranında azalma gözlenmiştir ($p<0,05$). Elektrikli ocakta pişirme sonucunda ise az pişirme süresinde 1386 mg/g km olan toplam SAA içeriği çok pişirme ile 1059 mg/g km'a düşmüştür. Pişirmeye bağlı olarak yaprak dönerlerin toplam SAA içeriğinde % 36'ya varan azalma gözlenmiştir.

Karışım dönerlerde ise çiğ dönerlerin toplam SAA içeriği 2149 mg/g km olarak tespit edilmiş ve gazlı ocakta az pişirme sonunda 1378 mg/g km'ye; çok pişirme sonunda ise 1044 mg/g km'ye düşmüştür. Gazlı ocakta pişirme sonunda toplam SAA içeriğinde görülen azalma istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Elektrikli ocakta pişirmede ise toplam SAA içeriğindeki azalma az pişirme süresinde 1319 mg/g km olarak; çok pişirme süresinde ise 1022 mg/g km olarak tespit edilmiştir ($p<0,05$). Her iki pişirme yönteminde de toplam SAA içeriğinde % 50'den fazla azalma gözlenmiştir.

Toplam SAA içeriğine döner tipinin etkisi incelendiğinde, elektrikli ocakta pişirme sonucunda tüm pişirme sürelerinde yaprak dönerlerin, karışım dönerlerden daha yüksek toplam SAA içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir ($p>0,05$). Pişirme yönteminin etkisi açısından incelendiğinde ise karışım dönerlerde, tüm pişirme sürelerinde gazlı ocakta pişirmenin elektrikli ocakta pişirmeye göre daha yüksek SAA oluşumuna sebep olduğu gözlenmiştir. Ancak ne döner tipinin ne de pişirme yönteminin toplam SAA içeriğine etkisi istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).

Demirok vd. (2011) yapmış oldukları çalışmada pişmiş et-yaprak dönerlerde toplam SAA içeriğini 2717,3 mg/100g km olarak rapor etmişlerdir.

Glukoz miktarı

Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilen et-yaprak ve et-karışım dönerlerde belirlenen glukoz miktarları Çizelge 4.12'de verilmiştir. Araştırma kapsamında glukoz içeriğinin et dönerlerde, 3,01 mg/g km ile 4,07 mg/g km arasında değişen değerler aldığı görülmüştür.

Çalışmada, et dönerlerde glukoz miktarı açısından pişirme yöntemi, döner tipi ve pişirme süresine bağlı olarak üçlü interaksiyon tespit edilmiştir.

Araştırma kapsamında, çiğ et-yaprak dönerlerin glukoz miktarı 5,95 mg/g km olarak tespit edilmiştir. Yaprak dönerlerde, pişirme süresine bağlı olarak hem gazlı hem de elektrikli pişirme sonucunda glukoz miktarında azalma görülmüş ve bu azalmalar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Gazlı ocakta pişirme sonucunda glukoz miktarı çok pişmiş dönerlerde 3,12 mg/g km olarak belirlenmiş ve toplamda yaklaşık % 47,5 azalma tespit edilmiştir ($p<0,05$). Elektrikli ocakta pişirme sonucunda ise glukoz miktarı çok pişirme süresinde 3,14 mg/g km'ye azalmıştır. Pişirme süresine bağlı olarak glukoz içeriğinde % 48 azalma gözlenmiştir ($p<0,05$).

Çiğ karışım dönerlerin glukoz miktarı ise 5,42 mg/g km olarak tespit edilmiştir. Gazlı ocakta pişirilen karışım dönerlerde az pişirme süresinde 3,75 mg/g km olan glukoz miktarı pişirme ile azalarak çok pişirme süresinde 3,35 mg/g km'ye düşmüştür (toplamda % 38 azalma). Elektrikli ocakta pişirilen karışım dönerlerde ise az pişirme süresinde 3,45 mg/g km olan glukoz miktarı çok pişirme sonucunda 3,13 mg/g km seviyesine düşmüştür (% 42 azalma). Pişirmeyle görülen bu azalmalar her iki pişirme yönteminde de istatistik olarak önemli olmuştur ($p<0,05$).

Çalışmada, döner tipleri arasındaki farkın glukoz içeriğine etkisi incelenmiş ve az pişirme süresinde elektrikli ocakta pişmiş yaprak dönerlerin (4,07 mg/g km) karışım dönerlerden (3,45 mg/g km); orta pişirme süresinde ise gazlı ocakta pişmiş yaprak dönerlerin (3,79 mg/g km) karışım dönerlerden (3,01 mg/g km) daha yüksek glukoz içerdiği tespit edilmiştir ($p<0,05$).

4.2.3.2 Tavuk dönerlerde HAA oluşumuna etkili öncü bileşikler

Kreatin ve kreatinin miktarı

Araştırma kapsamında, farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin kreatin ve kreatinin içeriğine ilişkin değerler Çizelge 4.13’de yer almaktadır. Çizelgeye göre tavuk dönerlerin kreatin içeriğinin 6,52 mg/g km ile 11,42 mg/g km arasında değişen değerler aldığı gözlenmiştir. En düşük kreatin miktarı yaprak dönerlerde gazlı ocakta orta pişmiş dönerlerde, en yüksek kreatin miktarı ise karışım dönerlerde az pişirme süresinde gazlı ocakta pişirilmiş dönerlerde tespit edilmiştir.

Çiğ tavuk-yaprak dönerlerde 11,50 mg/g km olarak belirlenen kreatin miktarı (Çizelge 4.13) pişirme süresine bağlı olarak azalmıştır. Bunun sonucu olarak kreatin miktarı, gazlı ocakta az pişirme süresinde 11,15 mg/g km (% 3 azalma), orta pişirme süresinde 9,08 mg/g km (% 21 azalma) ve çok pişirme süresinde ise 7,92 mg/g km (% 31 azalma) olarak ölçülmüştür. Elektrikli ocakta pişirilen yaprak dönerlerde ise çiğ dönerlerin kreatin miktarı referans alındığında, az pişirme süresinde % 19 azalma (9,26 mg/g km), çok pişirme süresinde ise % 35 azalma (7,44 mg/g km) gözlenmiştir. Yaprak dönerlerde pişirme süresine bağlı olarak görülen değişim her iki pişirme yönteminde de istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çiğ tavuk-karışım dönerlerin kreatin miktarı 12,55 mg/g km olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.13). Tavuk-karışım dönerlerde de hem gazlı hem de elektrikli ocakta pişirme sonucunda kreatin içeriğinde pişirme süresine bağlı olarak azalma görülmüştür ($p<0,05$). Gazlı ocakta az pişirme sonucunda kreatin miktarı % 9 azalmayla 11,42 mg/g km’ye, orta pişirme sonucunda % 14 azalmayla 10,78 mg/g km’ye, çok pişirme sonucunda ise % 23 azalmayla 9,65 mg/g km’ye düşmüştür. Kreatin içeriğinde görülen bu azalma istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Elektrikli ocakta pişirme de ise az pişirme sonucunda kreatin miktarı % 17 azalmayla 10,44 mg/g km’ye orta pişirme sonucunda % 23 azalmayla 9,70 mg/g km’ye ve çok pişirme sonucunda ise % 26 azalmayla 9,33 mg/g km’ye düşmüştür ($p<0,05$). Sonuç olarak, kreatin miktarı pişirme süresine bağlı olarak hemen hemen bütün gruplarda azalmıştır.

Çizelge 4.13 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin kreatin, kreatinin, toplam serbest aminoasit ve glukoz içerikleri (mg/g km) (n=4)

Döner Tipi		Yaprak		Karışım		Ort±SH (Pişirme süresi)
Pişirme Yöntemi		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	
Kreatin	Çiğ	11,50±0,39 ^A	11,50±0,39 ^A	12,55±0,78 ^A	12,55±0,78 ^A	12,03±0,59 ^A
	Az	11,15±0,04 ^{Ax}	9,26±0,51 ^{By}	11,42±0,46 ^{AB}	10,44±0,23 ^B	10,57±0,34 ^B
	Orta	9,08±0,69 ^{Bx}	6,52±0,12 ^{Cby}	10,78±1,00 ^{BC}	9,70±0,23 ^{Ba}	9,02±0,64 ^C
	Çok	7,93±0,78 ^{Bb}	7,44±0,05 ^{Cb}	9,65±0,10 ^{Ca}	9,33±0,79 ^{Ba}	8,59±0,41 ^C
Kreatinin	Çiğ	0,47±0,13 ^D	0,47±0,13 ^C	0,33±0,05 ^C	0,33±0,05 ^B	0,39±0,04 ^D
	Az	0,63±0,01 ^C	0,72±0,16 ^B	0,62±0,02 ^B	0,55±0,01 ^A	0,63±0,02 ^C
	Orta	0,80±0,17 ^B	0,89±0,01 ^{Aa}	0,66±0,01 ^B	0,66±0,01 ^{Ab}	0,75±0,05 ^B
	Çok	0,93±0,13 ^{Ab}	0,97±0,02 ^{Aa}	1,19±0,06 ^{Axa}	0,63±0,11 ^{Ayb}	0,93±0,08 ^A
Toplam SAA	Çiğ	3043,50±90,6 ^A	3043,50±90,6 ^A	4009,83±82,2 ^A	4009,83±82,2 ^A	3527±183 ^A
	Az	2369±15,5 ^{Bb}	2993±138 ^{A^B}	3122±162 ^{Bax}	2570±71,1 ^{By}	2763±123 ^B
	Orta	2537±137 ^{Bb}	2594±132 ^B	3384,4±90,3 ^{Bax}	2583±42,2 ^{By}	2775±139 ^B
	Çok	2519±115 ^B	2050±61,3 ^C	2519±11 ^C	2049,5±61,3 ^B	2457±120 ^B
Glukoz	Çiğ	4,83±0,06	4,83±0,06 ^A	5,59±0,29 ^A	5,59±0,29 ^A	5,21±0,16 ^A
	Az	4,38±0,79	4,67±0,04 ^A	5,36±0,23 ^A	4,39±0,42 ^B	4,70±0,30 ^A
	Orta	4,71±0,57	5,33±0,12 ^A	5,05±0,06 ^A	4,26 ±0,88 ^B	4,84±0,25 ^A
	Çok	4,41±0,34	3,90±0,35 ^B	3,80±0,24 ^B	3,51±0,50 ^C	3,91±0,19 ^B

A-D: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

a-b : Aynı pişirme yönteminde ve pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

x-y : Aynı döner tipi ve pişirme süresinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

Ortalama±Standart hata

Bu durumun, kreatin bileşiminin ısıtma işlem süresince Maillard reaksiyon ürünleri ile reaksiyona girmesi veya HAA oluşumunda rol alması dolayısıyla azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Gibis and Weiss 2010).

Araştırmada, kreatin içeriğine döner tiplerinin etkisi de incelenmiş ve karışım dönerlerin yaprak dönerlere kıyasla daha yüksek kreatin içeriğine sahip olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Bu doğrultuda karışım dönerlerin ortalama kreatin miktarı 10,80 mg/g km iken yaprak dönerlerin 9,23 mg/g km olarak tespit edilmiştir. Bu farkın dönerler arasındaki (%) bileşim farklılığından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Gazlı ocakta orta ve çok pişirme seviyelerinde pişirilen karışım dönerlerde kreatin miktarı karışım dönerlerde (10,78 mg/g km ve 9,65 mg/g km) aynı pişirme sürelerinde yaprak dönerlere göre (9,08 mg/g km ve 7,93 mg/g km) daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). Elektrikli ocakta pişirme sonucunda da benzer şekilde orta ve çok pişmiş karışım dönerlerde kreatin miktarı (9,70 mg/g km ve 9,33 mg/g km) yaprak dönerlerden (6,52 mg/g km ve 7,44 mg/g km) yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$).

Kreatin içeriğine pişirme yönteminin etkisi incelendiğinde, hem karışım hem de yaprak dönerlerde, gazlı ocakta pişmiş gruplarda elektrikli ocakta pişmiş gruplara göre daha yüksek kreatin içeriği tespit edilmiştir. Ancak karışım dönerlerde bu durum istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0,05$). Yaprak dönerlerde ise az ve orta pişmiş gruplarda pişirme yöntemlerindeki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Kreatin ve onun siklizasyon reaksiyon ürünü olan kreatinin, IQ tipi HAA'lar ile PhIP bileşiminin oluşumunda önemli rol oynayan öncü bileşiklerdir (Murkovic 2004; Gibis vd. 2015). İmidazokinolin ve imidazokinokzalinlerin, Maillard reaksiyon ürünlerinden (örn. 2-metil-piridin, 2,5-dimetil-pirazin) etilasetat ile oluşması için öncü bileşik olarak kreatinine ihtiyaç duyulmaktadır (Gibis vd. 2015)

Araştırma kapsamında, kreatinin içeriğinin karışım dönerlerde elektrikli ocakta çok pişmiş gruplar haricinde bütün gruplarda pişirmeye bağlı olarak artış gösterdiği gözlenmiştir (Çizelge 4.13).

Bu durum, Öz (2006) tarafından, etlerin pişirilmesi esnasında ısı işlem boyunca kreatinin kreatinine dönüştüğü, sıcaklığın 100 °C'nin üstüne çıkmasıyla birlikte kreatin miktarında hızlı bir azalış, kreatinin miktarında ise hızlı bir artış görülmesi konusundaki görüşü ile uyum sağlamaktadır.

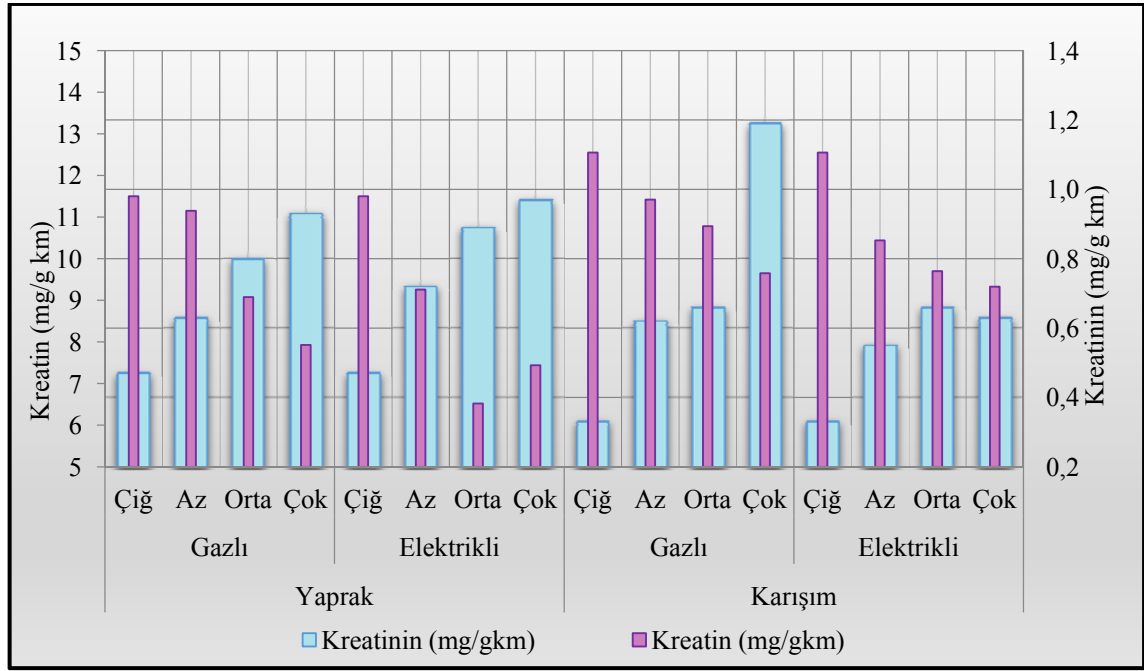
Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerde kreatinin içeriği 0,55 mg/g km ile 1,19 mg/g km arasında değişmektedir (Çizelge 4.13). En düşük kreatinin içeriği karışım dönerlerde elektrikli ocakta az pişmiş gruplarda, en yüksek kreatinin içeriği ise karışım dönerlerde çok pişirme süresinde gazlı ocakta pişirilmiş örneklerde tespit edilmiştir.

Kreatinin içeriğine pişirme süresinin etkisi incelendiğinde, her iki döner tipinde ve pişirme yönteminde kreatinin içeriğine pişirme sürelerinin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Bu doğrultuda, az pişirme süresinde tavuk dönerlerin ortalama kreatinin miktarı 0,63 mg/g km, orta pişirme süresinde 0,75 mg/g km ve çok pişirme süresinde 0,93 mg/g km olarak tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Çiğ tavuk-yaprak dönerlerin kreatinin içeriği 0,44 mg/g km iken gazlı ocakta pişirme sonucunda az pişirme süresinde % 35,9 artarak 0,63 mg/g km'ye; orta pişirme süresinde % 71 artarak 0,80 mg/g km'ye ve çok pişirme süresinde % 100 artarak 0,93 mg/g km'ye yükselmiştir. Elektrikli ocakta pişirilen yaprak dönerlerde de kreatinin içeriği az pişirme süresinde 0,72 mg/g km, orta pişirme süresinde 0,89 mg/g km ve çok pişirme süresinde 0,97 mg/g km tespit edilmiştir. Pişirme süresine bağlı olarak kreatinin içeriğinde toplamda % 100'den fazla artış görülmüş ve her iki pişirme yönteminde de bu artışlar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çiğ tavuk-karışım dönerlerin kreatinin miktarı 0,33 mg/g km olarak tespit edilmiştir. Bu değer pişirme ile artış göstermiş ve gazlı ocakta az pişirme süresinde 0,62 mg/g km'ye (% 85 artış), orta pişirme süresinde 0,66 mg/g km'ye (% 99,7 artış) ve çok pişirme süresinde ise en yüksek kreatinin miktarı olan 1,19 mg/g km'ye yükselmiştir (% 257 artış). Elektrikli ocakta pişirilen karışım dönerlerde ise az pişirme süresinde kreatinin miktarı 0,55 mg/g km (% 67 artış) iken çok pişirme süresinde 0,63 mg/g km'ye yükselmiştir (% 89 artış) ($p<0,05$). Sonuç olarak, tavuk dönerlerin kreatinin miktarında

pişirme süresine bağlı olarak görülen artışın, literatürde de belirtildiği gibi (Dolara vd. 1979; Öz 2006) ısıtma işlemi boyunca kreatinin parçalanarak kreatinine dönüşmesi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu ilişki, farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerde kreatin ve kreatinin arasında pişirmeye bağlı olarak görülen değişimi gösteren Şekil 4.4’de görülmektedir.



Şekil 4.4 Farklı yöntemlerle pişirilmiş tavuk dönerlerde kreatin ve kreatinin değerlerinde pişirme süresine bağlı değişim

Tavuk dönerlerde pişirme yönteminin, kreatinin oluşumuna etkisi incelendiğinde, yaprak dönerlerde kreatinin oluşumuna gazlı ya da elektrikli pişirmenin istatistik olarak önemli bir etkisi bulunmamıştır ($p>0,05$). Karışım dönerlerde ise tüm gruplarda (az, orta, çok) gazlı ocakta pişirme sonucunda elektrikli ocakta pişirmeye göre daha yüksek kreatinin oluşumu gözlenmiştir. Ancak, sadece çok pişmiş grupta fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Çok pişmiş dönerlerin kreatinin içeriği gazlı ocakta pişirmede 1,19 mg/g km iken elektrikli ocakta pişirmede 0,63 mg/g km olarak tespit edilmiştir. Gazlı ocakta, elektrikli ocakta pişmiş örneklerle kıyasla daha yüksek kreatinin oluşumu, gazlı ocakta pişirme esnasında döner ocağı radyanından çıkan alev doğrudan etin yüzeyine nüfuz etmesinin ısı transferinin etkinliğini artırması ve öncü bileşiklerin yüzeyde konsantrasyonunun artmasına sebep olması ile açıklanabilir.

Liao vd. (2010) yapmış oldukları çalışmada, tavada kızartma, derin yağda kızartma, ızgarada pişirme ve kavurma olmak üzere dört farklı pişirme yöntemi uyguladıkları tavuk göğüs etlerinde kreatin ve kreatinin içeriğini (kreatin+kreatinin toplamı) en düşük 11,25 mg/g km (ızgarada pişirme) ve en yüksek 16,10 mg/g km (derin yağda kızartma) olarak rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, çiğ örneklerde tespit ettikleri değerleri de göz önünde bulundurarak (21,74 mg/g km) pişirmeye bağlı olarak örneklerin kreatin+kreatinin içeriklerinde % 48,25'e varan azalma tespit etmişler ve bu durumu, bu bileşiklerin Maillard ürünleri ile reaksiyona girmeleri ya da HAA oluşumuna katılmaları dolayısıyla gözlenen azalma olarak yorumlamışlardır. Benzer şekilde, Gibis and Weiss (2010) yapmış oldukları çalışmada, tavuk etlerinin pişirilmeleri sırasında kreatin miktarının pişirme süresince azaldığını ve bu azalmanın kreatinlerin kreatinin ve HAA oluşumuna katılmasından kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir. Ahn and Grün (2005) de çalışmalarında pişirme süresine bağlı olarak pişmiş etlerde kreatin içeriğinde azalma görüldüğünü rapor etmişlerdir. Tüm bu görüşler, araştırma kapsamında elde edilen verilere göre farklı pişirme sürelerinde pişirilmeleri sonrasında tavuk dönerlerin kreatin miktarlarının azalmasına açıklık getirmekte ve bu azalmanın nedeninin ısı işlem esnasında kreatin bileşiğinin kreatinine ve HAA'ya dönüşümünden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Toplam serbest aminoasit miktarı

Araştırma kapsamında, farklı pişirme sürelerinde ve farklı pişirme yöntemleri ile pişirilen tavuk-yaprak ve karışım dönerlerin toplam serbest amino asit miktarına ilişkin veriler Çizelge 4.13'de yer almaktadır. Çizelge incelendiğinde, toplam serbest aminoasit (toplam SAA) miktarının tavuk dönerlerde, 2049,50 ile 3384,40 mg/g km arasında değişen değerler aldığı görülmektedir. En düşük toplam SAA miktarı elektrikli ocakta çok pişirme süresinde pişmiş karışım dönerlerde, en yüksek toplam SAA miktarı ise gazlı ocakta orta pişirme süresinde pişmiş karışım dönerlerde tespit edilmiştir.

Tavuk dönerlerin toplam SAA içeriğine pişirme süresinin etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Tavuk dönerlerde SAA miktarının pişirme süresine bağlı değişimi, az pişirme süresinde ortalama 2763 mg/g km; orta pişirme süresinde ortalama 2775 mg/g km ve çok pişirme süresinde ortalama 2457 mg/g km olarak tespit edilmiştir.

Çiğ yaprak dönerlerin toplam SAA içeriği 3043,5 mg/g km olarak tespit edilmiştir. Gazlı ocakta pişirme sonucunda toplam SAA içeriği pişirme ile % 17 azalmış ve çok pişirme süresinde miktarı 2519 mg/g km'ye düşmüştür ($p<0,05$). Benzer durum elektrikli ocakta pişmiş dönerlerde de görülmüştür. Pişirme süresine bağlı olarak elektrikli ocakta pişmiş dönerlerde toplam SAA miktarı % 32,7 azalarak çok pişmiş örneklerde 2050 mg/g km'ye düşmüştür ($p<0,05$). Çiğ karışım dönerlerin toplam SAA içeriği ise 4009,8 mg/g km olarak tespit edilmiştir ve gazlı ocakta pişirme sonucunda çok pişmiş grupta miktarı 2519 mg/g km'ye düşmüştür (% 37,2 azalma). Elektrikli ocakta pişirme sonucunda ise çok pişmiş grupta 2049,5 mg/g km'ye düşmüştür (% 48,8 azalma). Toplam SAA miktarındaki bu azalma literatür ile paralellik göstermektedir (Skog and Jagerstad 1991; Liao vd. 2009). Liao vd. (2009) üç farklı pişirme sıcaklığı (100 °C, 125 °C ve 150 °C) uyguladıkları tavuk örneklerinde toplam SAA içeriğini sırasıyla 482,59 mg/100 g, 395,64 mg/100 g ve 361,91 mg/100 g olarak rapor etmişler ve toplam SAA içeriğindeki bu azalmayı serbest aminoasitlerin ısı ile parçalanmalarından veya proses süresince glukoz ile reaksiyona girerek HAA oluşumunda rol oynamasından kaynaklanmış olabileceği şeklinde yorumlamışlardır.

Toplam SAA içeriğine döner tiplerinin etkisi incelendiğinde, gazlı ocakta az ve orta pişirme sürelerinde pişmiş karışım dönerlerin (3122 mg/g km ve 3384,4 mg/g km) yaprak dönerlerden (2369 mg/g km ve 2537 mg/g km) daha yüksek SAA içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bu farklılığın, çiğ karışım dönerlerin, çiğ yaprak dönerlerden daha yüksek toplam serbest aminoasit içermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yanı sıra, araştırma kapsamında toplam SAA miktarına pişirme yöntemlerinin de etkisi olmuştur. Yaprak dönerlerde pişirme yöntemleri arasında bir fark bulunmazken karışım dönerlerde gazlı ocakta, az ve orta pişmiş gruplarda (3122 mg/g km ve 3384,4 mg/g km), elektrikli ocakta aynı gruplara kıyasla (2570 mg/g km ve 2049,5 mg/g km) toplam SAA miktarı yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).

Literatürde fenilalanin, lösin, izolösin ve tirozin gibi aminoasitlerin PhIP bileşiğinin oluşumunda rol alan öncü aminoasitler olduğunu rapor eden çalışmalar mevcuttur (Solyakov and Skog 2002; Haskaraca vd. 2014). Bu yüzden, çalışmada toplam SAA

içeriğinde görülen azalma, bazı serbest amino asitlerin ısıtma işlem süresince HAA oluşumunda rol almak üzere parçalanması veya glukoz ile reaksiyona girmesinden kaynaklanmış olabilir.

Glukoz miktarı

Farklı pişirme yöntemi ve süresi uygulanmış tavuk-yaprak ve tavuk-karışım dönerlerde belirlenen glukoz içerikleri Çizelge 4.13’de verilmiştir. Çalışma kapsamında glukoz içeriğinin tavuk dönerlerde 3,51 mg/g km ile 5,36 mg/g km arasında değişen değerler aldığı gözlenmiştir. En düşük glukoz içeriği karışım dönerlerde elektrikli ocakta çok pişmiş gruplarda, en yüksek glukoz içeriği ise karışım dönerlerde az pişirme süresinde gazlı ocakta pişirilmiş tavuk dönerlerde tespit edilmiştir.

Araştırma kapsamında, tavuk dönerlerde glukoz içeriğine pişirme süresinin etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Bu doğrultuda, az pişirme süresinde ortalama 4,70 mg/g km olan glukoz miktarı orta pişirme süresinde 3,91 mg/g km’ye düşmüştür. Liao vd. (2010) yapmış oldukları çalışmada ısıtma işlem sonucu glukoz miktarında azalma görüldüğünü bu azalmanın glukozun ısı ile degradasyonundan, aminositler ile glukoz arasındaki reaksiyonlardan veya glukozun HAA oluşumuna katılmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Araştırmada, glukoz miktarında pişirme ile görülen azalmanın bu görüşü destekler nitelikte olduğu görülmektedir.

Yaprak dönerlerde glukoz miktarının pişirme süresine bağlı olarak değişimi incelenmiş ve çiğ yaprak dönerlerde 4,83 mg/g km olan glukoz miktarının gazlı ocakta çok pişirme sonucunda % 8,7 azalarak 4,41 mg/g km olduğu görülmüştür ($p>0,05$). Bununla birlikte, elektrikli ocakta bu azalma % 19 oranında ve 3,90 mg/g km olarak kaydedilmiştir ($p<0,05$). Karışım dönerlerde hem gazlı hem de elektrikli pişmiş gruplarda pişirmeye bağlı olarak glukoz içeriğinde azalma gözlenmiştir ($p<0,05$). Çiğ karışım dönerlerin glukoz içeriği 5,59 mg/g km olarak tespit edilmiş ve bu değer gazlı ocakta çok pişirme süresinde % 32 azalarak 3,80 mg/g km’ye düşmüştür. Benzer durum elektrikli ocakta pişirme sonucunda da görülmüş ve pişirme süresine bağlı olarak glukoz içeriğinde % 37 oranında azalma tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Çalışmada ayrıca, döner tipleri arasındaki farkın glukoz içeriğine istatistik olarak önemli bir etkisi gözlenmemiştir ($p>0,05$). Bununla birlikte her ne kadar istatistik olarak önemli bulunmasa da elektrikli ocakta pişen gruplarda (az, orta, çok) karışım dönerlerin yaprak dönerlerden daha düşük glukoz içerdiği görülmüştür ($p>0,05$). Pişirme yöntemlerinin etkisi incelendiğinde ise karışım dönerlerde bütün pişirme sürelerinde (az, orta, çok) elektrikli ocakta pişmiş dönerlerin gazlı ocakta pişmiş dönerlere göre daha düşük glukoz içerdiği görülmüştür ($p>0,05$).

Skog and Jagerstad (1991) tarafından yapılan bir çalışmada glukozun, PhIP bileşiğinin oluşumunda fenilalanin ve kreatin ile birlikte önemli bir rol oynadığı bu nedenle de pişirmeye bağlı olarak azaldığı rapor edilmiştir. Hasnol vd. (2014) tavuk etlerinin 300 °C'de pişirilmesi sonucunda glukoz içeriğini 3,49 g/100g düzeyinde rapor etmişlerdir.

4.2.4 Heterosiklik aromatik amin sonuçları

4.2.4.1 Geri kazanım

Araştırmada HAA'ların geri kazanımlarını belirlemek için standart ilave metodu kullanılmıştır. Pişmiş dönerlere ekstraksiyon öncesinde bilinen konsantrasyonlarda HAA karışımı eklenmiştir. Ardından yapılan analiz sonrası geri kazanım belirlenmiştir.

HAA bileşenlerinin belirleme sınırı (LOD-limit of detection) ve tayin sınırı (LOQ-limit of quantitation) değerleri Sinyal/Gürültü (S/N) oranları (sırasıyla 3 (S/G=3) ve 10 (S/G=10) dikkate alınarak hesaplanmıştır. Buna göre, Çizelge 4.14'de analizi yapılan HAA'ların geri kazanım yüzdeleri (%) ile belirleme sınırı (bs) tayin sınırı (ts) değerleri yer almaktadır.

Örneklerdeki HAA konsantrasyonu ise farklı konsantrasyonlardaki (0,5; 1; 2,5; 5 ve 10 ng/g) mixlerle hazırlanmış standart kurve kullanılarak belirlenmiştir. Bu kurvelere ait regresyon eğrisi (bileşenlerin pik alanlarına karşılık gelen nanogramları kullanılarak) standart miks solusyonunun her bir bileşeni için hesaplanmıştır.

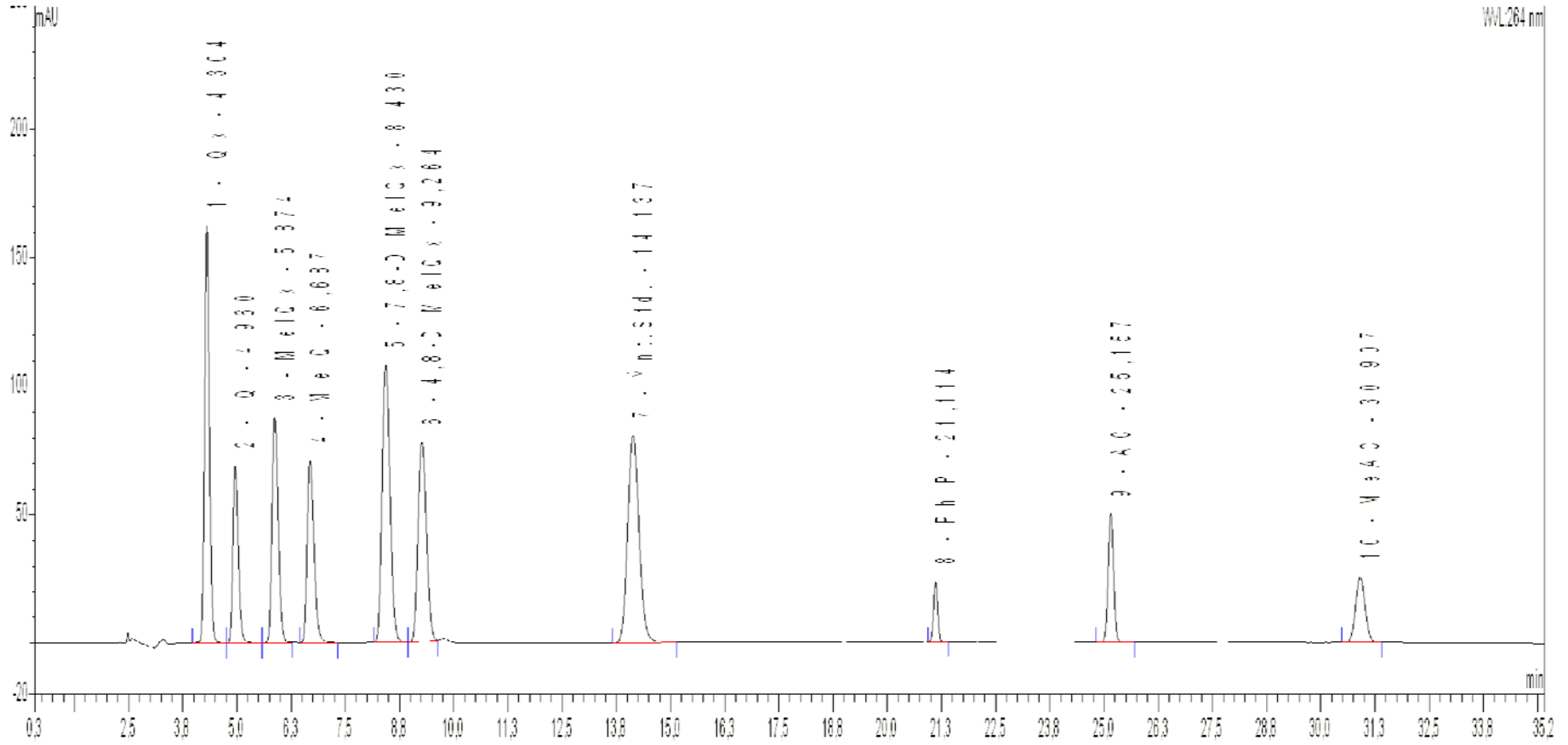
Çizelge 4.14 Analizi yapılan HAA'ların geri kazanımları ile belirleme sınırı (bs) ve tayin sınırı (ts) değerleri

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

Bu mikse ait kromatogram örneği Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Standartlar için regresyon çizgisinin katsayıları (r^2) 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; PhIP için 0,9994; AαC için 0,9994; MeAαC için 0,9995 olarak belirlenmiştir.

HPLC’de yürütülen farklı konsantrasyonlardaki HAA miks stok solüsyonlarının karşılaştırmalı gösterimi Şekil 4.5’de görülmektedir. Yapılan analizlerde HAA piklerinin geliş zamanları yaklaşık olarak IQ için 4,960 dk, IQx için 4,304 dk. MeIQ için 6,687 dk. MeIQx için 5,874 dk. 4,8- DiMeIQx için 9,264 dk, 7,8- DiMeIQx için 8,430 dk. PhIP için 21,114 dk. AαC için 25,157 dk. MeAαC için 30,907 dk. olarak belirlenmiştir.

Puangombat vd. (2012) tarafından yapılan araştırmada, HAA’lara ilişkin geri kazanımlar IQx için % 72, IQ için % 61, MeIQ için % 63, MeIQx için % 68, 4,8-DiMeIQx için % 60 ve PhIP bileşiği için % 65 olarak rapor edilmiştir. Szterk vd. (2012) 5 ayrı örnek hazırlama metodu kullanılarak pişirilen et örneklerinde HAA’ları incelemiştir.



Şekil 4.5 HAA bileşenlerini içeren standart mikse (10 ng/g) ait kromatogram

Buna göre bildirilen geri kazanımlar IQx için % 47,3~87,2; IQ için % 58,1~95,7; MeIQ için % 36~86,; MeIQx için % 63,1~101,5; 4,8- DiMeIQx için % 34,1~77,9; 7,8- DiMeIQx için % 36,9~87,2 ve PhIP bileşiği için % 9,3~46,4 arasında değişmektedir. Dünder vd 2012 tarafından yapılan çalışmada geri kazanım oranları IQ için % 63,2, MeIQx için % 69,4; MeIQ için % 52,7; 4,8- DiMeIQx için % 64,1 ve PhIP bileşiği için % 59,2 olarak rapor edilmiştir. Jinap vd. (2013) çalışmasında HAA'ların tespiti için geri kazanım oranlarını IQ için % 60, MeIQ için % 49, MeIQx için % 67, 4,8- DiMeIQx için % 67, 7,8- DiMeIQx için % 98, PhIP bileşiği için % 58 olarak rapor etmişlerdir. Hasnol vd. (2014) farklı şeker tipleri ile marine edilmiş ızgara tavuklarda HAA oluşumunu incelediği çalışmasında geri kazanım oranlarını IQ için % 77,7, IQx için % 63,2, MeIQ için % 92,4, MeIQx için % 83,9, 4,8- DiMeIQx için % 114,8, AC için % 78,5, PhIP bileşiği için % 72,5 olarak rapor etmişlerdir.

4.2.4.2 Et dönerlerin HAA analiz sonuçları

4.2.4.2.1 4,8-DiMeIQx miktarı

4,8-DiMeIQx bileşiği, çalışmada et dönerlerde miktarsal olarak en fazla oluşan heterosiklik aromatik aminlerden birisidir. Et-yaprak ve et-karışım dönerlerin farklı pişirme yönteminde ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmeleri sonucunda oluşan 4,8-DiMeIQx bileşiğine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.15'de verilmiştir.

Araştırmada, et dönerlerde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin 0,020-2,865 ng/g arasında değişen düzeylerde olduğu görülmüştür. En düşük bileşik yaprak dönerlerde az pişirme derecesinde elektrikli ocakta pişirilmiş örneklerde görülmüşken en yüksek bileşik karışım dönerlerde elektrikli ocakta çok pişmiş dönerlerde tespit edilmiştir.

Çalışmada 4,8-DiMeIQx bileşiğinin oluşumuna pişirme yöntemi, pişirme süresi ve döner tipinin etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Bu doğrultuda pişirme süresinin etkisi incelendiğinde, bütün gruplarda süreye bağlı olarak 4,8-DiMeIQx bileşiğinin miktarında artış gözlenmiş ve bu artışlar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.15 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin 4,8-DiMeIQx miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi		Yaprak		Karışım	
		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
4,8-DiMeIQx	Az	0,037±0,003 ^B	0,020±0,012 ^B	0,078±0,001 ^B	0,083±0,009 ^B
	Orta	0,246±0,133 ^{By}	0,655±0,056 ^{Axa}	0,136±0,025 ^B	0,187±0,023 ^{Bb}
	Çok	1,656±0,253 ^{Axa}	0,783±0,026 ^{Ayb}	0,517±0,039 ^{Ayb}	2,865±0,062 ^{Axa}

A-B: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$)

a-b: Aynı pişirme yönteminde ve pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$)

x-y: Aynı döner tipi ve pişirme süresinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$)

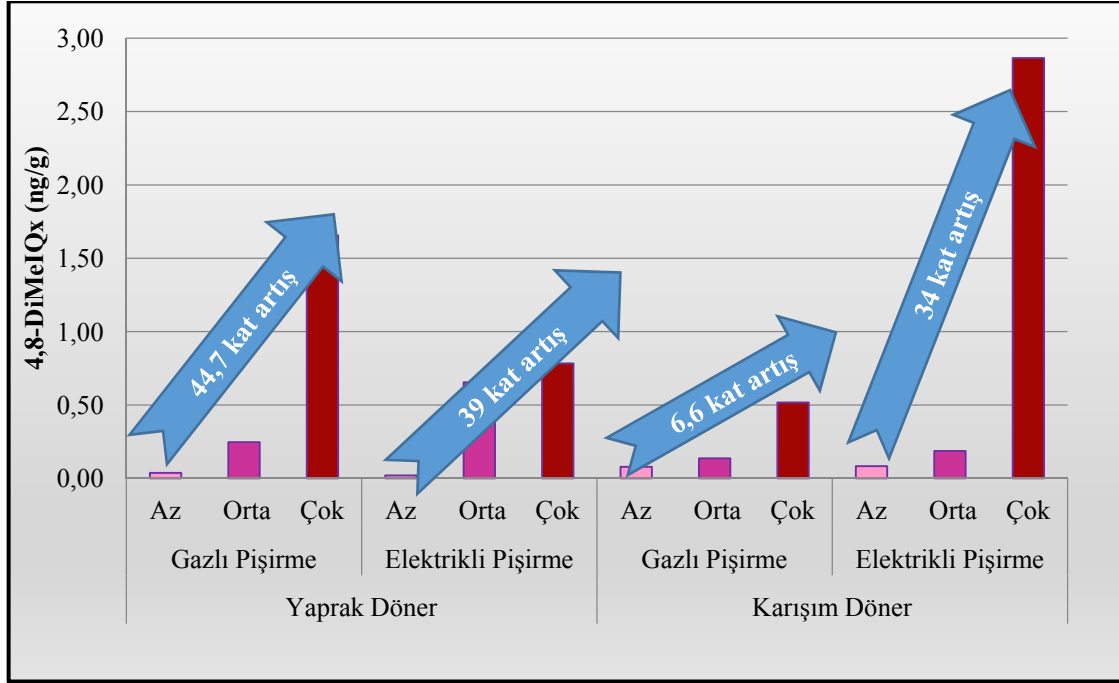
Ort±SH: Ortalama±Standart hata

Yaprak dönerlerde gazlı ocakta pişirme sonucunda az pişirme süresinde 0,037 ng/g olarak tespit edilen bileşiğin miktarı orta pişirme süresinde 0,246 ng/g'a, çok pişirme süresinde 1,656 ng/g'a yükselmiştir. Pişirme ile 4,8-DiMeIQx bileşiğinin miktarında toplamda 44,7 kat artış gözlenmiştir ($p<0,05$).

Elektrikli ocakta pişirilen yaprak dönerlerde ise az pişirme süresinde 0,020 ng/g olan bileşik miktarı, orta pişirme süresinde 0,655 ng/g düzeyine, çok pişirme süresinde ise toplamda 39 kata varan artışla 0,783 ng/g düzeyine yükselmiştir ($p<0,05$). Yaprak dönerlerde her iki pişirme yönteminde, pişirme süresine bağlı olarak 4,8-DiMeIQx bileşiğinin miktarında görülen değişim istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Karışım dönerlerde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin pişirme süresine bağlı değişimi incelendiğinde, gazlı ocakta az pişirme süresinde 0,078 ng/g olan bileşiğin miktarı 2 kat artışla orta pişirme süresinde 0,136 ng/g'a; 6,6 katlık bir artışla da çok pişirme süresinde 0,517 ng/g'a yükselmiştir. Elektrikli ocakta pişirme de ise az pişirme süresinde 0,083 ng/g olan 4,8-DiMeIQx bileşiği 2,25 katlık bir artışla orta pişirme süresinde 0,187 ng/g'a; 34 katlık artışla çok pişirme süresinde ise 2,865 ng/g'a yükselmiştir. Sonuç olarak her iki döner tipinde ve pişirme yönteminde bütün gruplarda pişirmeye bağlı olarak 4,8-DiMeIQx bileşiğinde artış görülmüş ve bu artışlar istatistik olarak

önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Pişirme süresine bağlı olarak 4,8-DiMeIQx bileşiğinde görülen değişim Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6 Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin 4,8-DiMeIQx miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri

4,8-DiMeIQx bileşiği açısından döner tipleri arasındaki farklılıklara bakıldığında, gazlı ocakta çok piştirme süresinde yaprak dönerlerin (1,656 ng/g), karışım dönerlerden (0,517 ng/g) daha yüksek bileşik içerdiği, elektrikli ocakta ise orta piştirme süresinde benzer şekilde yaprak dönerlerin (0,655 ng/g), karışım dönerlerden (0,187 ng/g) daha yüksek 4,8-DiMeIQx bileşiği içerdiği gözlenmiştir ($p<0,05$).

4,8-DiMeIQx bileşiği oluşumuna piştirme yöntemlerinin etkisi incelendiğinde, orta pişmiş yaprak dönerlerde ve çok pişmiş karışım dönerlerde, elektrikli pişirmede gazlı pişirmeye göre daha yüksek 4,8-DiMeIQx bileşiği oluşumu gözlenmiştir ($p<0,05$).

Araştırmada bulunan değerler 0,020-2,865 ng/g arasında değişmekle birlikte literatürde rapor edilen birçok araştırma sonucundan yüksektir (Salmon vd. 2000; Busquet vd. 2004; Turesky vd. 2005; Toribio vd. 2007; Öz ve Kaya 2011b; Alaejos and Afonso 2011). Bununla birlikte, Shin vd. (2003) 225° C’de 20 dakika boyunca pişirdikleri

köftelerde 4,8-DiMeIQx bileşimini 2,8-3,1 ng/g; Balogh vd. (2000) 175° C’de 12 ve 20 dakika pişirdikleri köftelerde 4,8-DiMeIQx bileşimini sırasıyla 0,8 ng/g ve 0,9 ng/g, sıcaklığın 200° C’ye yükseltilmesi ile köftelerde tespit edilen 4,8-DiMeIQx miktarını ise sırasıyla 0,9 ng/g ve 4,5 ng/g olarak rapor etmişlerdir. Araştırmacıların pişirme sıcaklığını ve pişirme süresini arttırması sonucunda köfte örneklerinde oluşan 4,8-DiMeIQx miktarında artış gözlenmiş ve bu durum çalışmamız ile paralel bulunmuştur. Jinap vd. (2013) iki farklı pişmişlik derecesinde (orta pişmiş, çok pişmiş) ızgarada pişirilen et çöp şişlerde 4,8-DiMeIQx bileşimini bütün gruplarda belirleme sınırının (bs) altında rapor etmişlerdir.

Ayrıca, 4,8-DiMeIQx bileşiği, analiz edilen diğer HAA bileşiklerine kıyasla, en fazla oluşan bileşik olmuştur. Benzer şekilde, Szterk (2015) iki ayrı pişirme sıcaklığında (180 °C ve 280 °C) ızgarada pişirdiği dana etlerinde 4,8-DiMeIQx bileşimini 4,50-7,55 ng/g olarak tespit etmiş ayrıca 4,8-DiMeIQx bileşiminin fazla oluşan bileşik olarak rapor etmiştir.

Yukarıda özetlenen çalışma sonuçlarının birbirinden farklı değerler içermesindeki en temel nedenin pişirme koşulları ile etlerin kimyasal bileşiminde (öncü bileşik içeriği vs.) görülen farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.4.2.2 PhIP miktarı

Et-yaprak ve et-karışım dönerlerin farklı pişirme yöntemlerinde ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmeleri sonucunda oluşan PhIP bileşimine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Et dönerlerde PhIP bileşiminin miktarı bs ile 0,561 ng/g arasında değişmekte olup en yüksek değerler karışım dönerlerde çok pişirme süresinde gazlı ocakta (0,245 ng/g) ve elektrikli ocakta (0,561 ng/g) pişmiş gruplarda tespit edilmiştir.

Çalışmada, az pişirme süresinde pişmiş bütün döner gruplarında PhIP bileşiminin miktarı belirleme sınırının altında bulunmuştur.

Çizelge 4.16 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin PhIP miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi		Yaprak		Karışım	
Pişirme Yöntemi		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
PhIP	Az	<bs	<bs	<bs	< bs ^B
	Orta	0,205±0,004 ^x	<ts ^y	<bs	<ts ^B
	Çok	0,133±0,048 ^x	<ts ^y ^b	0,245±0,172	0,561±0,198 ^{Aa}

A-B: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)
a-b: Aynı pişirme yönteminde ve pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)
x-y: Aynı döner tipi ve pişirme süresinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)
Ortalama±Standart hata, bs: belirleme sınırı, ts:tayin sınırı

Bununla birlikte çok pişirme süresinde elektrikli ocakta pişmiş yaprak dönerler hariç diğer bütün döner gruplarında miktarsal düzeyde PhIP oluşumu gözlenmiştir. Bu durum, pişirme süresinin artmasına bağlı olarak PhIP bileşiğinin oluşumunda artış görüldüğünü göstermektedir. Ancak, bu artış yalnızca elektrikli ocakta pişmiş karışım dönerlerde istatistik açıdan önemli bulunmuştur (p<0,05). Buna göre, karışım dönerlerde hem gazlı hem de elektrikli gruplarda az ve orta pişirme sürelerinde PhIP bileşiğinin miktarı bs veya ts iken çok pişirme süresinde gazlı ocakta 0,245 ng/g'a, elektrikli ocakta 0,561 ng/g'a yükselmiştir. Yaprak dönerlerde ise gazlı ocakta çok pişirme süresinde 0,133 ng/g olan bileşiğin miktarı elektrikli ocakta çok pişirme süresinde ise tayin sınırının altında bulunmuştur (p>0,05).

Et dönerlerde pişirme yöntemlerinin PhIP bileşiğinin oluşumuna etkisi incelendiğinde, gazlı ocakta pişmiş yaprak dönerlerin, orta ve çok pişmiş gruplarında, elektrikli ocakta aynı gruplara göre daha yüksek PhIP bileşiği içerdiği görülmüştür (p<0,05). Döner tiplerindeki farklılığın PhIP oluşumuna etkisi incelendiğinde ise elektrikli ocakta çok pişirme süresinde pişmiş karışım dönerlerin (0,561 ng/g) yaprak dönerlerden (ts) daha yüksek PhIP içerdiği gözlenmiştir (p<0,05).

Literatür ile karşılaştırıldığında çalışmada bulunan PhIP değerleri oldukça düşük düzeyde kalmaktadır. Çünkü pişmiş etlerde 31,8 ng/g'a varan düzeylerde HAA bileşiğinin tespit edildiği çalışmalar mevcuttur (Shin vd. 2003; Balogh vd. 2000; Turesky vd. 2005; Busquets vd. 2004; Oz ve Kaya 2011). PhIP bileşiğinde görülen bu farklılıkların en önemli sebebi, pişirme sıcaklığı ve süresini de içeren pişirme koşulları ile hammaddelerin başlangıç öncü bileşik düzeylerinin etkisidir. Farklı olarak, Wong vd. (2005) ticari olarak satışa sunulmuş tüketime hazır pişmiş dana etlerinde PhIP bileşiğini 0,52 ng/g aralığında rapor etmişlerdir ki bu sonuçlar çalışma yakın değerleri içermektedir.

4.2.4.2.3 MeIQ miktarı

Et-yaprak ve et-karışım dönerlerin farklı pişirme yönteminde ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmeleri sonucunda oluşan MeIQ bileşiğine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Yapılan araştırmada, et dönerlerde MeIQ bileşiğinin $0,123 \text{ ng/g}$ arasında değişen düzeylerde olduğu görülmüştür. En yüksek bileşik oluşumu elektrikli ocakta, çok pişirme süresinde pişmiş, yaprak (0,123 ng/g) ve karışım (0,085 ng/g) dönerlerde tespit edilmiştir.

Bununla birlikte, karışım dönerlerde sadece elektrikli ocakta çok pişmiş grupta miktar bazında MeIQ bileşiği tespit edilmiş bunun dışındaki bütün gruplarda bileşik tayin sınırının altında bulunmuştur.

Farklı pişirme sürelerinin MeIQ bileşiğinin oluşumuna etkisi incelendiğinde, hem yaprak hem de karışım dönerlerde elektrikli ocakta pişirme sonucunda pişirme süresine bağlı artış istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Yaprak dönerlerde elektrikli ocakta pişirme sonucunda az ve orta pişirme sürelerinde 0,053 ng/g olarak tespit edilen MeIQ bileşiğinin miktarı çok pişirme süresinde 2 kat artmış ve 0,123 ng/g'a yükselmiştir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.17 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin MeIQ miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi		Yaprak		Karışım	
		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
MeIQ	Az	<ts	0,053±0,000 ^B	<ts	<ts ^B
	Orta	0,053±0,000	0,053±0,029 ^B	<ts	<ts ^B
	Çok	0,067±0,014 ^{ay}	0,123±0,042 ^{Aax}	<ts ^{by}	0,085±0,004 ^{Abx}

A-B: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

a-b: Aynı pişirme yönteminde ve pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

x-y: Aynı döner tipi ve pişirme süresinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

Ortalama±Standart hata, ts: tayin sınırı

Benzer şekilde, elektrikli ocakta pişen karışım dönerlerde az ve orta pişirme sürelerinde tayin sınırının altında bulunan bileşiğin miktarı çok pişirme süresinde 0,085 ng/g'a yükselmiştir. Her iki durumda da, gözlenen artışlar istatistik olarak önemli bulunmuş olup, çok pişirme süresinde az ve orta pişirme süresine göre daha önemlidir (p<0,05).

Araştırmada, et dönerlerde MeIQ bileşiğinin oluşumuna döner tiplerinin etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Bu kapsamda yaprak dönerlerin ortalama MeIQ içeriği 0,062 ng/g olup bu değer karışım dönerler için ortalama 0,034 ng/g olarak tespit edilmiştir. Bu farklılık hem gazlı hem de elektrikli ocakta çok pişmiş grupta, yaprak dönerlerden kaynaklanmıştır. Bununla birlikte, pişirme yöntemlerinin de MeIQ oluşumuna etkisi incelenmiş ve hem yaprak hem de karışım dönerlerin çok pişmiş gruplarında elektrikli ocakta pişirme sonucunda gazlı ocakta pişirmeye kıyasla daha yüksek MeIQ oluşumu gözlenmiştir (p<0,05).

Literatürde çeşitli yöntemlerle pişirilen etlerde, tayin sınırının altında MeIQ bileşiğinin tespit edildiği çalışmalar bulunmakla birlikte (Sinha vd. 1998; Knize vd. 1998; Shin vd. 2003; Busquets vd. 2004; Warzecha vd. 2004; Wong vd. 2005; Toribio vd. 2007; Öz vd. 2010) Öz ve Kaya (2011a) 175-225° C'de 15 dakika süreyle kızartılmış etlerde MeIQ bileşiğini 1,34 ng/g aralığında rapor etmiştir. Jinap vd. (2013) 270-300° C sıcaklıkta

7-8 dk elektrikli ızgarada pişirilen etlerde MeIQ bileşimini 36,4-34,76 ng/g düzeyinde rapor etmiştir. Balogh vd. (2000) 175° C’de 12 ve 20 dakika pişirdikleri köfte örneklerinde sırasıyla 0,1 ng/g ve 0,3 ng/g MeIQ oluşumu tespit ederken; sıcaklığın 200° C’ye çıkarılmasıyla söz konusu köfte örneklerinde tespit edilen MeIQ miktarı sırasıyla 0,5 ng/g ve 2,1 ng/g seviyesine yükselmiştir.

Çalışmada elde edilen verilere benzer olarak Szterk vd. (2012) tarafından yürütülen çalışmada 180° C’de 40 dk fırında kavrularak pişirilmiş etlerde MeIQ bileşiği <bs-0,13 ng/g olarak rapor edilmiştir.

4.2.4.2.4 7,8-DiMeIQx miktarı

Et-yaprak ve et-karışım dönerlerin farklı pişirme yönteminde ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmeleri sonucunda oluşan 7,8-DiMeIQx miktarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Yapılan araştırmada et dönerlerde 7,8-DiMeIQx bileşiğinin <bs-0,116 ng/g arasında değişen miktarlarda oluştuğu görülmüştür. En yüksek 7,8-DiMeIQx miktarı, gazlı ocakta çok pişmiş karışım dönerlerde (0,119 ng/g) ve gazlı ocakta çok pişmiş yaprak dönerlerde (0,116 ng/g) tespit edilmiştir.

Çizelge incelendiğinde, 7,8-DiMeIQx bileşiğinin oluşumuna pişirme süresi, pişirme yöntemi ve döner tipinin üçlü etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Araştırmada, et dönerlerde farklı pişirme sürelerinin 7,8-DiMeIQx bileşiğine etkisi hem yaprak hem de karışım dönerlerde gazlı ve elektrikli ocakta pişirilen gruplarda artış göstermiş ancak yalnızca gazlı ocakta pişirme sonucunda istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Buna göre, yaprak dönerlerde bileşiğin miktarı az ve orta pişirme sürelerinde tayin sınırının altında iken pişirmeyle birlikte çok pişirme süresinde 0,116 ng/g’a yükselmiştir, benzer şekilde bileşiğin miktarı karışım dönerlerde de az ve orta pişirme sürelerinde tayin sınırının altında, çok pişirme süresinde ise 0,119 ng/g olarak tespit

Çizelge 4.18 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin 7,8-DiMeIQx miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi		Yaprak		Karışım	
Pişirme Yöntemi		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
7,8-DiMeIQx	Az	<ts ^B	0,020±0,002	< ts ^B	< bs
	Orta	< ts ^B	0,021±0,003	< ts ^B	< bs
	Çok	0,116±0,035 ^{Axb}	0,052±0,023 ^y	0,119±0,033 ^{Axa}	0,056±0,023 ^y

A-B: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

a-b: Aynı pişirme yönteminde ve pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

x-y: Aynı döner tipi ve pişirme süresinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

Ortalama±Standart hata, bs: belirleme sınırı, ts:tayin sınırı

edilmiştir. Her iki döner tipinde de pişirmeye bağlı artış istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Çalışmada, döner tiplerinin 7,8-DiMeIQx bileşiğinin oluşumuna etkisi incelendiğinde çok pişirme süresinde karışım dönerlerde yaprak dönerlerden daha yüksek 7,8-DiMeIQx bileşiğinin oluşumu gözlenmiştir. Gazlı ocakta pişirme sonucunda karışım dönerlerde 0,119 ng/g, yaprak dönerlerde ise 0,116 ng/g olarak tespit edilen bileşik; elektrikli ocakta pişirme sonucunda karışım dönerlerde 0,056 ng/g, yaprak dönerlerde ise 0,052 ng/g olarak belirlenmiştir. Döner tiplerinde görülen bu farklılık istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Pişirme yöntemlerinin 7,8-DiMeIQx bileşiğinin oluşumuna etkisi incelendiğinde ise hem yaprak hem de karışım dönerlerde çok pişirme süresinde, gazlı ocakta pişirme sonucunda elektrikli ocakta pişirmeye göre göre daha yüksek bileşik olduğu gözlenmiştir. Yaprak dönerlerde gazlı ocakta 0,116 ng/g olan bileşik, elektrikli ocakta 0,052 ng/g olarak; karışım dönerlerde gazlı ocakta 0,119 ng/g olan bileşik elektrikli ocakta 0,056 ng/g olarak tespit edilmiştir. Pişirme yöntemlerinde görülen bu farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Araştırmada 7,8-DiMeIQx için tespit edilen sonuçlar <bs ile 0,119 ng/g arasında değişmektedir. Literatürde, 7,8-DiMeIQx bileşiğinin belirleme sınırının altında, bulunduğu çalışmalar mevcuttur (Busquets vd. 2004, Wong vd. 2005, Toribio vd. 2007, Öz vd. 2010). Bununla birlikte tespit ettiğimiz değerler Öz (2011) tarafından hazır köftelerde HAA içeriğinin araştırıldığı çalışmada rapor edilen sonuçlardan (0,10-0,43 ng/g) ve Klassen vd. (2002) tarafından 160-220° C’de 14 dakika kızartılan etlerde rapor edilen sonuçlardan (0,1-1,74 ng/g) daha düşüktür.

4.2.4.2.5 IQ miktarı

Et- yaprak ve et-karışım dönerlerin farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sürelerinde pişirilmesi sonucunda oluşan IQ miktarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin IQ miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi	Yaprak		Karışım		Ort±SH (Pişirme süresi)	
	Pişirme Yöntemi	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme		Elektrikli Pişirme
IQ	Az	0,052±0,012 ^B	0,126±0,005	0,057±0,015	0,058±0,008 ^B	0,073±0,012 ^B
	Orta	0,070±0,002 ^B	0,165±0,038	0,071±0,001	0,073±0,004 ^B	0,095±0,017 ^B
	Çok	0,346±0,095 ^A	0,231±0,011	0,144±0,013	0,513±0,279 ^A	0,308±0,076 ^A

A-B: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)
Ort±SH: Ortalama±Standart hata

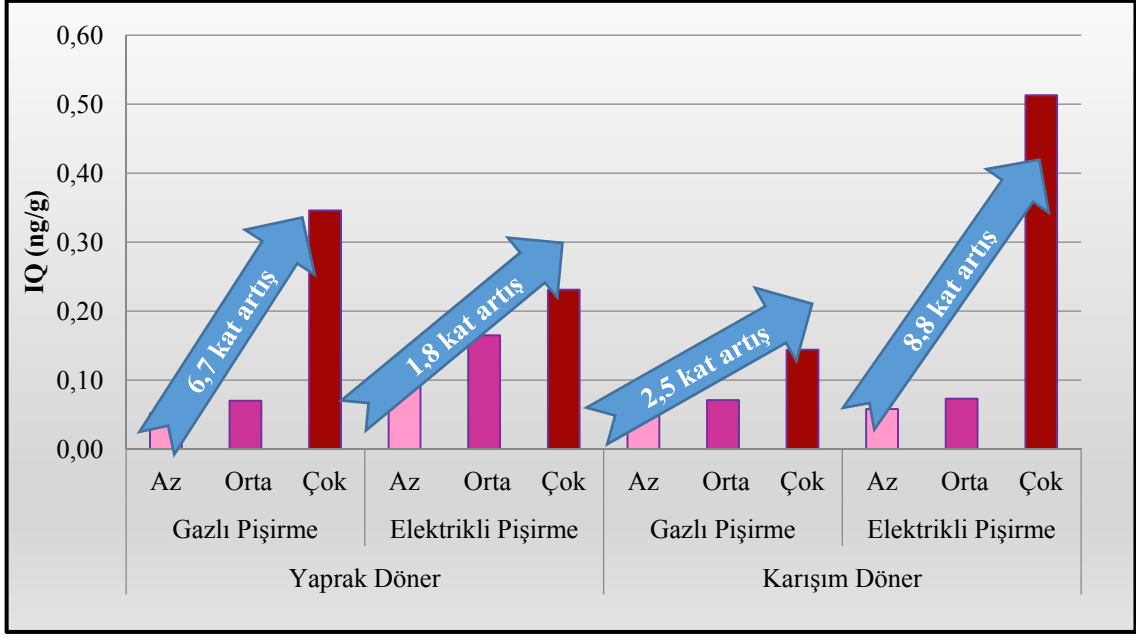
Araştırmada, et yaprak ve karışım dönerlerde IQ bileşiğinin 0,052- 0,513 ng/g arasında değişen miktarlarda olduğu görülmüştür. En düşük IQ miktarı gazlı ocakta az pişirme süresinde pişirilmiş yaprak dönerlerde, en yüksek IQ bileşiği ise elektrikli ocakta çok pişirme süresinde pişirilmiş karışım dönerlerde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.19 incelendiğinde, IQ bileşiği için pişirme süresine bağlı değişim istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Çalışmada, az pişirme süresinde ortalama

0,073 ng/g olan bileşimin miktarı orta pişirme süresinde ortalama 0,095 ng/g'a, çok pişirme süresinde ise ortalama 0,308 ng/g'a yükselmiştir. Pişirmeye bağlı olarak IQ miktarı yaklaşık 4 katına çıktığı görülmüş ve bu fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Pişirme süresine bağlı bu artış gazlı ocakta pişirilen yaprak dönerler ile elektrikli ocakta pişirilen karışım dönerlerden kaynaklanmıştır. Et-yaprak dönerlerde gazlı ocakta pişirme sonucunda az pişirme süresinde 0,052 ng/g olan IQ miktarı çok pişirme süresinde yaklaşık 6,7 katına çıkarak 0,346 ng/g'a yükselmiştir ($p<0,05$).

Elektrikli ocakta pişirme sonucunda da gazlı ocakta olduğu gibi pişirmeye bağlı olarak artış görülmüştür (1,8 kat), ancak bu artış istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Et- karışım dönerlerde gazlı ocakta pişirme sonucunda 0,057 ng/g IQ bileşimi tespit edilmiş bununla birlikte pişirmeyle bileşimin miktarı 2,5 kat artarak, çok pişirme süresinde 0,144 ng/g'a ulaşmıştır ($p>0,05$). Elektrikli ocakta pişirilen et- karışım dönerlerde ise 0,058 ng/g olan bileşimin miktarı pişirme ile 8,8 kat artmış ve 0,513 ng/g'a ulaşmıştır. Her iki grupta da pişirme süresine bağlı görülen bu artışlar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Bununla birlikte, et dönerlerde IQ bileşiminin oluşumuna döner tipinin (yaprak, karışım) veya pişirme yönteminin (gazlı, elektrikli) istatistik olarak önemli bir etkisi olmamıştır. Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin IQ miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim Şekil 4.7'de verilmiştir.

Literatür ile karşılaştırıldığında, Shin vd. (2003), Busquets vd. (2004), Warzecha vd. (2004), Wong vd. (2005), Toribio vd. (2007), çalışmalarında IQ bileşimini kırmızı etlerde belirleme veya tayin sınırının altında rapor etmişlerdir. Öz ve Kaya (2011a) 175-225° C'de 15 dakika kızartılmış dana etinde IQ içeriğini $< 0,86$ ng/g aralığında bulmuştur.



Şekil 4.7 Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin IQ miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri

Aynı zamanda Öz vd. (2010) tarafından mikrodalga, fırın, elektrikli ızgara, kömürlü ızgara ve kızartma gibi farklı pişirme yöntemlerinin uygulandığı çalışmada, 200° C’de 3-12 dakika arasında değişen pişirme sürelerinde pişirilen dana etlerinde IQ bileşiği < bs ile 0,78 ng/g arasında değişen değerlerde tespit edilmiştir. En yüksek IQ bileşiği kömürlü ızgarada pişirilen örneklerde tespit edilmiştir (0,78 ng/g). Görülen bu farklılıkların uygulanan pişirme yöntemlerindeki ve/veya pişirme sürelerindeki farklılıktan kaynaklanabileceği bildirilmiştir.

Yapılan çalışmalar genellikle et ve et ürünlerinde oluşan HAA miktarının, pişirme sıcaklığı ve süresindeki artış ile paralel olarak arttığı ve yüksek sıcaklıkta, özellikle uzun pişirme süreleri sonucunda daha yüksek miktarlarda HAA oluştuğunu ortaya koymuştur (Knize vd. 1994, Skog vd. 1997). Örneğin; Balogh vd. (2000) yapmış oldukları araştırmada 175° C’de 12-20 dakika pişirilen dana köftelerde IQ bileşiğini 0,7-1,3 ng/g arasında değişen değerlerde tespit etmişken 200° C’de aynı sürelerde yapılan pişirme işlemi sonucunda IQ bileşiğinin miktarı sırasıyla 1,7 ve 4,4 ng/g’a yükselmiştir.

Öz (2006) yapmış olduğu çalışmada, 200° C’de 15 dakika pişirdiği % 15 yağ ve % 1 tuz içeren köfte örneklerinde IQ oluşumu tespit edememiştir. Söz konusu çalışmada; 200° C’de 15 dakika pişirilen % 15 yağ içeren kontrol grubu köftelerde ise, 1,55 ng/g IQ oluşumu tespit edilirken; ilave edilen % 1 oranındaki tuzun kontrol grubu köftelere göre IQ oluşumunu % 100 oranında azalmasına sebep olduğu belirtilmiştir. Khan vd. (2009) kızartılmış dana ciğer ve dana dil örneklerinde IQ bileşiğini bütün gruplarda <bs olarak rapor etmişlerdir. Öz (2011) çalışmasında ticari işletmelerde satılan kızartılmış dana etlerinde IQ içeriğini 0,44 ile 1,59 ng/g arasında değişen aralıkta rapor etmiştir.

4.2.4.2.6 IQx miktarı

Et- yaprak ve et-karışım dönerlerin farklı pişirme yöntemi ile farklı pişirme sürelerinde pişirilmesi sonucunda oluşan IQx miktarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.20’de verilmiştir. Araştırmada, pişirme yöntemi, döner tipi ve pişirme süresinin IQx bileşiğinin oluşumuna etkisi önemli bulunmuştur.

Çalışmada, IQx miktarının bs-0,032 ng/g arasında değişen miktarlarda olduğu görülmüştür. En yüksek IQx bileşiği elektrikli ocakta çok pişirme düzeyinde pişirilmiş karışım dönerlerde (0,032 ng/g) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.20 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin IQx miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi		Yaprak		Karışım	
		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
IQx	Az	< ts	< ts	< ts	< bs ^B
	Orta	0,014±0,005 ^a	< ts	< bs ^b	< bs ^B
	Çok	0,017±0,002 ^a	0,018±0,005 ^b	< ts ^{yb}	0,032±0,001 ^{Axa}

A-B: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

a-b: Aynı pişirme yönteminde ve pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

x-y: Aynı döner tipi ve pişirme süresinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

Ortalama±Standart hata, bs: belirleme sınırı, ts:tayin sınırı

IQx bileşiği için, pişirme süresine bağlı değişim elektrikli ocakta pişmiş karışım dönerlerde istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). IQx bileşiğinin, elektrikli ocakta az ve orta pişirme seviyelerinde belirleme sınırının altında; çok pişirme süresinde ise 0,032 ng/g olduğu görölmüştür. İstatistik açıdan, tespit edilen bu farklılık önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Yaprak dönerlerde gazlı ve elektrikli ocakta pişirme sonucunda IQx bileşiğinde artış görölmüşse de, bu artış istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Karışım dönerlerde ise gazlı ocakta pişirme sonucunda IQx miktarının belirleme ve tayin sınırının altında değerler aldığı gözlenmiştir.

IQx bileşiği için döner tipleri arasındaki farklılık incelendiğinde, gazlı ocakta orta ve çok pişirme sürelerinde pişmiş örneklerde yaprak dönerlerin (0,014 ng/g; 0,017 ng/g) karışım dönerlerden daha yüksek bileşik içeriğine sahip olduğu gözlenmiş ve farklılığın istatistik olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Elektrikli pişirme uygulanmış örneklerde ise çok pişirme süresinde karışım dönerlerde (0,032 ng/g) yaprak dönerlerden (0,018 ng/g) daha yüksek düzeyde IQx bileşiği tespit edilmiştir ($p<0,05$).

IQx bileşiği için pişirme yöntemleri arasındaki farklılık incelendiğinde, yaprak dönerlerde hiçbir grupta pişirme yöntemleri açısından fark önemli bulunmazken karışım dönerlerde çok pişirme süresinde elektrikli ocakta pişirmenin (0,032 ng/g) gazlı ocakta pişirmeye göre (ts) daha yüksek IQ bileşiği oluşumuna neden olduğu görölmüştür ($p<0,05$).

Çalışmada, et dönerlerin IQx miktarı tüm gruplarda $0,032$ ng/g arasında değişmiştir. Puangsombat vd. (2011) mikrodalga pişirme yöntemiyle (1000 W) pişirilmiş hot-dog'larda IQx bileşiğini belirleme sınırının altında rapor etmişlerdir. Szterk vd. (2012) fırında pişirme (180° C'de 40 dak.), kızartma (180° C'de 8,1-10,6 dak.) ve elektrikli ızgarada pişirme (230° C'de 1,6-3,2 dak.) uygulanmış dana etlerinde IQx bileşiğini bütün gruplarda belirleme sınırının altında belirlemişlerdir. Aynı araştırmacılar, 2013 yılında yaptıkları bir çalışmada, elektrikli ızgarada pişirilen (280° C'de 7 dakika) dana etlerinde aynı bileşiği benzer şekilde belirleme sınırının altında belirlemişlerdir. Bunların dışında farklı olarak, Öz (2011) hazır köftelerde IQx bileşiğini 2,61 ng/g

düzeyinde tespit etmiştir. Turesky vd. (2005) 150-300° C’de 12-24 dakika süreyle kızartılmış etlerde IQx bileşiğini 0,12-0,39 ng/g düzeyinde tespit etmişlerdir.

4.2.4.2.7 MeIQx miktarı

Et-yaprak ve et-karışım dönerlerin farklı pişirme yönteminde ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmeleri sonucunda oluşan MeIQx miktarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin MeIQx miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi		Yaprak		Karışım	
		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
MeIQx	Az	< ts	< ts	< ts ^B	< bs ^B
	Orta	< ts	< ts	< ts ^B	< ts ^B
	Çok	< ts ^b	0,141±0,028 ^b	0,349±0,160 ^{Aa}	0,344±0,078 ^{Aa}

A-B: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

a-b: Aynı pişirme yönteminde ve pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

bs: belirleme sınırı, ts:tayin sınırı

Yapılan araştırmada et dönerlerde MeIQx miktarının ts-0,349 ng/g arasında değişen düzeylerde olduğu görülmüştür. En yüksek MeIQx değerleri karışım dönerlerde gazlı ocakta (0,349 ng/g) ve elektrikli ocakta (0,344 ng/g) çok pişmiş gruplarda gözlenmiştir.

Yaprak dönerlerde, gazlı ocakta pişirme sonucunda, bütün pişirme sürelerinde (az, orta, çok), elektrikli pişirme sonucunda ise az ve orta pişirme sürelerinde MeIQx bileşiğinin miktarı tayin sınırının altında belirlenmiştir. Yalnızca çok pişirme süresinde MeIQx bileşiği 0,141 ng/g olarak tespit edilmiştir. Karışım dönerlerde hem gazlı hem de elektrikli ocakta pişirme sonucunda az ve orta pişirme sürelerinde MeIQx bileşiği <bs ve <ts olarak bulunmuşken çok pişirme süresinde sırasıyla 0,349 ng/g ve 0,344 ng/g olarak rapor edilmiştir.

Sonuç olarak, MeIQx bileşiminde yaprak dönerlerde istatistik olarak önemli bir artış gözlenmezken karışım dönerlerde hem gazlı hem elektrikli ocakta pişirme sonucunda görülen artış önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Döner tipleri arasındaki farklılığın MeIQx bileşimine etkisi incelendiğinde, çok pişirme süresinde hem gazlı hem de elektrikli ocakta pişirme sonucunda, karışım dönerlerin yaprak dönerlerden daha yüksek MeIQx bileşimine sahip olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Gazlı ocakta pişirilen gruplarda MeIQx bileşimi yaprak dönerlerde tayin sınırının altında iken karışım dönerlerde 0,349 ng/g; elektrikli ocakta pişirilen gruplarda ise MeIQx bileşiminin miktarı karışım dönerlerde 0,344 ng/g, yaprak dönerlerde ise 0,141 ng/g olarak tespit edilmiştir.

Araştırmada MeIQx miktarının 0,349 ng/g aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bulunan değerlerin, Klassen vd. (2002), Polak vd. (2009), Öz vd. (2010) gibi araştırmacıların çalışma sonuçları ile uyum gösterdiği bununla birlikte Gibis and Weiss (2010), Viegas vd. (2012), Wong vd. (2012), Jinap vd. (2013), Yao vd. (2013) Toribio vd. (2007) ve Turesky vd. (2005) tarafından rapor edilen sonuçlardan daha düşük kaldığı gözlenmiştir ki, bu durum araştırma koşullarındaki (pişirme süresi, pişirme sıcaklığı vb) farklılıklardan kaynaklanmış olabilir.

Balogh vd. (2000) 175° C’de 12 ve 20 dakika pişirdikleri köfte örneklerinde sırasıyla 0,5 ng/g ve 0,8 ng/g MeIQx oluşumu tespit ederken; sıcaklığın 200° C’ye çıkarılmasıyla söz konusu köfte örneklerinde tespit edilen MeIQx miktarı sırasıyla 1,5 ng/g ve 4,2 ng/g seviyesine çıkmıştır. Araştırmacıların pişirme sıcaklığını 175° C’den 200° C’ye ve pişirme süresini 12 dakikadan 20 dakikaya çıkarması sonucunda köfte örneklerinde oluşan MeIQx miktarında gözlenen artış deneme dizaynına göre yapmış olduğumuz araştırma sonuçlarında gözlenen artış eğilimi açısından paralellik göstermektedir.

4.2.4.2.8 AaC miktarı

Et-yaprak ve et-karışım dönerlerin farklı pişirme yöntemlerinde ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmeleri sonucunda oluşan AaC miktarına ilişkin sonuçlar Çizelge

4.22’de verilmiştir. Yapılan araştırmada, et dönerlerde bütün gruplarda AαC bileşiğinin belirleme veya tayin sınırının altında olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.22 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin AαC miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi		Yaprak		Karışım	
		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
AαC	Az	< bs	< bs	< bs	< bs
	Orta	< bs	< bs	< bs	< bs
	Çok	< bs	< bs	< ts	< ts

bs: belirleme sınırı, ts: tayin sınırı

Et-yaprak dönerlerde, gazlı ve elektrikli ocakta pişirme sonucunda tüm pişirme düzeylerinde AαC bileşiği belirleme sınırının altında bulunmuştur. Et- karışım dönerlerde gazlı ve elektrikli ocakta pişirme sonucunda az ve orta pişirme sürelerinde AαC bileşiği belirleme sınırının altında iken çok pişirme süresinde bu durum tayin sınırının altında bulunmuştur.

AαC bileşiği aminokarbolinlerin (prolitik HAA’lar) α-karbolinler alt grubunda yer alan bir bileşik olup (Sugimura vd. 1982; Skog vd. 2000) çok yüksek sıcaklıklarda (300° C’nin üzerinde) proteinlerin pirolizi ile oluşmaktadır (Murkovic 2004; Turesky 2007). Çalışmada sıcaklığın 300° C’nin üzerine çıkmaması AαC bileşiğinin birçok grupta belirleme sınırının altında (< bs) ve tayin sınırının altında (< ts) oluşmasını sağlamıştır. Çalışma sonuçlarına benzer şekilde, AαC bileşiğini belirleme sınırının altında (< bs) rapor eden araştırmalar mevcuttur (Pais vd. 1999; Öz vd. 2010; Toribio vd. 2007; Szterk vd. 2012).

Busquets vd. (2004) 180-210° C’de 4 dk. tavada pişirdiği dana etlerinde AαC bileşiğini 0,5 ng/g düzeyinde, Turesky vd. (2005) 230-300° C’de 20 dk. kömürlü ızgarada

pişirdiği dana etlerinde AαC bileşiğini 2,8-7,75 ng/g düzeyinde; Viegas vd. (2012) farklı pişirme yöntemlerinin etkisini incelediği çalışmasında meşe odunu mangalında (18 cm pişirme mesafesi, 200° C’de 18 dk) pişirilen etlerde AαC bileşiğini 1,44 ng/g düzeyinde; Hindistan cevizi kabuğu odunu mangalında (8 cm pişirme mesafesi, 200° C’de 23 dk) pişirilen etlerde AαC bileşiğini 1,54 ng/g düzeyinde tespit etmişlerdir.

4.2.4.2.9 MeAαC miktarı

Et-yaprak ve et-karışım dönerlerin farklı pişirme yöntemleri ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmeleri sonucunda oluşan MeAαC miktarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Araştırmada, et-yaprak ve et-karışım dönerlerin farklı pişirme yöntemleri ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmeleri sonucunda bütün gruplarda MeAαC miktarı belirleme sınırının altında (< bs) bulunmuştur. MeAαC bileşiği için belirleme sınırı 0,01 ng/g’dır.

Çizelge 4.23 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin MeAαC miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi		Yaprak		Karışım	
		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
MeAαC	Az	< bs	< bs	< bs	< bs
	Orta	< bs	< bs	< bs	< bs
	Çok	< bs	< bs	< bs	< bs

bs: belirleme sınırı

Öte yandan, Turesky vd. (2005) 230-300° C’de 20 dk boyunca kömürlü ızgarada pişirilen dana etlerinde MeAαC miktarını 0,09-0,29 ng/g düzeyinde; Toribio vd. (2007) 180-210° C’de 4 dk. tavada pişirdiği dana etlerinde MeAαC miktarını 0,15 ng/g düzeyinde, Viegas vd. (2012) farklı pişirme yöntemlerinin etkisini incelediği çalışmasında meşe odunu mangalında (18 cm pişirme mesafesi, 200° C’de 18 dk)

pişirilen etlerde MeAαC miktarını 0,49 ng/g düzeyinde; hindistan cevizi kabuğu odunu mangalında (8 cm pişirme mesafesi, 200° C’de 23 dk) pişirilen etlerde MeAαC miktarını 0,52 ng/g düzeyinde tespit etmişlerdir ve bulunan bu sonuçlar çalışma sonuçlarımıza kıyasla yüksek kalmıştır.

Çalışma sonuçlarına benzer şekilde Öz vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada farklı pişirme yöntemleri uygulanarak (mikrodalga pişirme, fırında pişirme, sıcak yüzeyde pişirme, tavada pişirme, ızgara pişirme) pişirilen dana etlerinde bütün gruplarda MeAαC bileşiği belirleme sınırının altında (< bs) bulunmuştur.

4.2.4.3 Tavuk dönerlerin HAA analiz sonuçları

4.2.4.3.1 4,8-DiMeIQx miktarı

Tavuk-yaprak ve tavuk-karışım dönerlerin farklı pişirme yöntemi ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmeleri sonucunda oluşan 4,8-DiMeIQx miktarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.24’de verilmiştir. Araştırmada tavuk dönerlerde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin 0,046-3,330 ng/g arasında değişen düzeylerde olduğu görülmüştür. En düşük bileşik yaprak dönerlerde gazlı ocakta az pişirme süresinde pişirilmiş örneklerde görülmüşken en yüksek bileşik karışım dönerlerde gazlı ocakta çok pişirme süresinde pişmiş dönerlerde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.24 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin 4,8-DiMeIQx miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi	Yaprak		Karışım		Ort±SH (Pişirme süresi)	
	Pişirme Yöntemi	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme		Elektrikli Pişirme
4,8-DiMeIQx	Az	0,046±0,021 ^B	0,166±0,034 ^B	0,887±0,069 ^B	0,298±0,067 ^B	0,349±0,124 ^B
	Orta	1,645±0,966 ^A	0,459±0,171 ^B	1,850±1,760 ^B	0,376±0,171 ^B	1,082±0,458 ^{AB}
	Çok	2,281±0,283 ^A	1,380±1,360 ^A	3,330±1,190 ^A	1,312±0,821 ^A	2,075±0,488 ^A

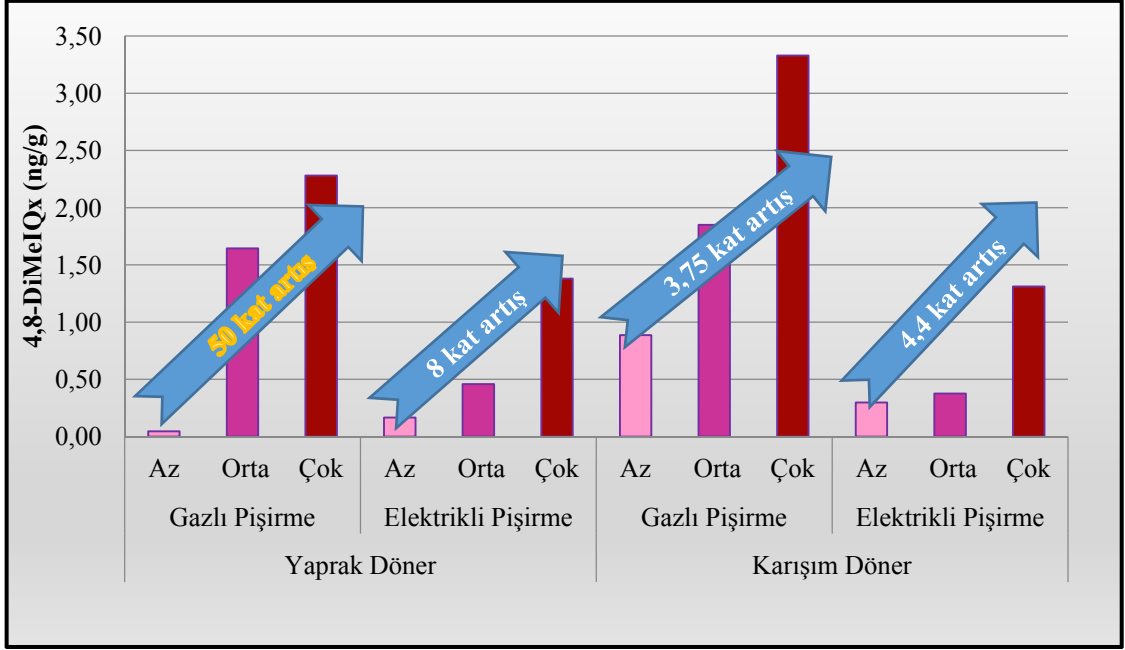
A-B: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)
Ort±SH: Ortalama±Standart hata

4,8-DiMeIQx bileşiği, tavuk dönerlerde miktarsal olarak en fazla oluşan heterosiklik aromatik aminlerden birisi olmuştur. 4,8-DiMeIQx bileşiğine, farklı pişirme sürelerinin etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Çalışmada, az pişirme süresinde ortalama 0,349 ng/g tespit edilen bileşiğin miktarı orta pişirme süresinde ortalama 1,082 ng/g; çok pişirme süresinde ise ortalama 2,075 ng/g olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak 4,8-DiMeIQx miktarında 6 kat artış görölmüş ve bu artış çok pişirme süresinde önemli olmuştur ($p<0,05$).

Yaprak ve karışım dönerlerde, pişirme sürelerinin 4,8-DiMeIQx bileşiğinin oluşumuna etkisi her iki pişirme yönteminde de önemli bulunmuştur. Buna göre, yaprak dönerlerde gazlı ocakta pişirme sonucunda az pişirme süresinde 0,046 ng/g düzeyinde tespit edilen bileşiğin miktarı orta pişirme süresinde 1,645 ng/g düzeyine yaklaşık çok pişirme süresinde ise toplamda 50 kat artarak 2,281 ng/g düzeyine yükselmiştir ($p<0,05$). Elektrikli ocakta ise az pişirme süresinde 0,166 ng/g olan bileşiğin miktarı 8 kat artışla çok pişirme süresinde 1,380 ng/g'a yükselmiştir. Karışım dönerlerde 4,8-DiMeIQx içeriği gazlı ocakta az pişirme süresinde 0,887 ng/g iken çok pişirme süresinde 3,75 kat artışla 3,330 ng/g'a yükselmiştir ($p<0,05$). Elektrikli ocakta pişirilen karışım dönerlerde ise az pişirme süresinde 0,298 ng/g olan bileşik miktarı çok pişirme süresinde 1,312 ng/g'a yükselmiştir (4,4 kat artış) (şekil 4.8).

4,8-DiMeIQx bileşiğine döner tiplerinin etkisi incelendiğinde, gazlı ocakta bütün pişirme sürelerinde (az, orta, çok) pişirilen karışım dönerlerin yaprak dönerlerden daha yüksek 4,8-DiMeIQx bileşiği içerdikleri görölmüştür. Ancak bu farklılık istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Ayrıca 4,8-DiMeIQx bileşiğine pişirme yöntemlerinin etkisi incelendiğinde, karışım dönerlerde bütün pişirme sürelerinde (az, orta, çok) gazlı ocakta pişirilen dönerlerde elektrikli ocakta pişirilen dönerlere göre daha yüksek 4,8-DiMeIQx oluşumu gözlenmişse de bu durum da istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).

Yapılan araştırmalarda HAA bileşiklerinin dağılımı içinde PhIP bileşiğinden sonra en yaygın bileşiğin MeIQ ve 4,8-DiMeIQx bileşiği olduğunu rapor eden çalışmalar mevcuttur (Skog and Solyakov 2002; Viegas vd. 2012).



Şekil 4.8 Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin 4,8-DiMeIQx miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri

Literatür bilgileri ile karşılaştırıldığında, çalışmada tespit edilen 4,8-DiMeIQx değerleri, Gibis and Weiss (2010) tarafından tavuk etlerinin 200° C’de 20 dk. ızgarada ve 180° C’de 5 dk. tavada pişirilmesi sonucunda rapor edilen 3,55 ng/g ile 1,05 ng/g değerlerine yakın bulunmuştur. Benzer şekilde, Iwasaki vd. (2010) farklı pişirme yöntemleri ve pişirme süresi uyguladıkları tavuk etlerinde 4,8-DiMeIQx bileşimini, ızgarada pişirme sonucunda 200° C’de 8,8-25,8 dk aralığında 0,35-3,53 ng/g arasında değişen düzeylerde; tavada pişirme sonucunda ise 180° C’de 9,5-24,1 dk aralığında 0,05-2,85 ng/g arasında değişen düzeylerde rapor etmişlerdir.

Puangombat vd. (2012) kızartılmış tavuk göğüs ve but etlerinin HAA içeriklerini incelemiş ve tavuk göğüs etlerinde 4,8-DiMeIQx bileşimini 0,54 ng/g; but etlerinde ise 0,06 ng/g düzeyinde rapor etmişlerdir. Farklı olarak Jinap vd. (2013) iki farklı pişmişlik derecesinde (orta pişmiş, çok pişmiş) ızgarada pişirilen tavuk çöp şişlerde 4,8-DiMeIQx bileşimini bütün gruplarda belirleme sınırının altında olarak rapor etmişlerdir.

4.2.4.3.2 PhIP miktarı

Tavuk-yaprak ve tavuk-karışım dönerlerin farklı pişirme yöntemlerinde ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmeleri sonucunda oluşan PhIP miktarlarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.25’da verilmiştir.

Çizelge 4.25 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin PhIP miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi	Yaprak		Karışım		
	Pişirme Yöntemi	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
PhIP	Az	0,202±0,054 ^a	0,140±0,114 ^B	0,090±0,065 ^{Bb}	0,167±0,005
	Orta	0,316±0,190 ^x	0,125±0,009 ^{By}	0,428±0,025 ^{Ax}	0,192±0,050 ^y
	Çok	0,339±0,042	0,541±0,053 ^A	0,420±0,053 ^A	0,342±0,205

A-B: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

a-b: Aynı pişirme yönteminde ve pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

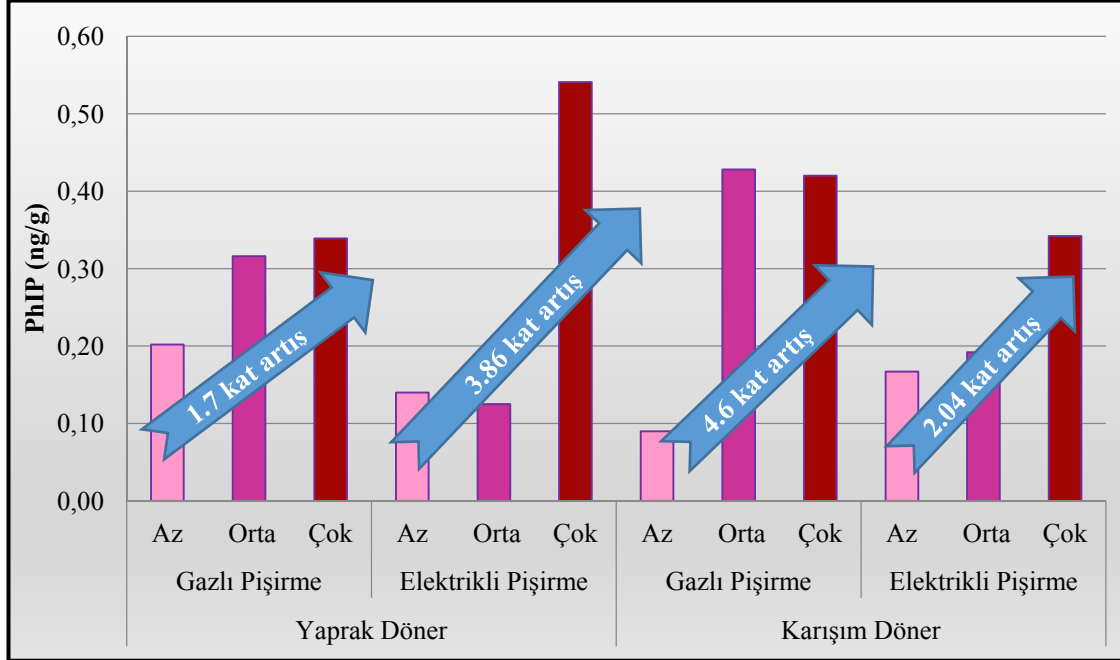
x-y: Aynı döner tipi ve pişirme süresinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

Ortalama±Standart hata

Tavuk dönerlerde PhIP bileşiğinin miktarı 0,090-0,541 ng/g arasında değişmektedir. En düşük miktar az pişirme süresinde gazlı ocakta pişmiş karışım dönerlerde, en yüksek miktar ise çok pişirme süresinde elektrikli ocakta pişirilmiş yaprak dönerlerde tespit edilmiştir.

Pişirme süresine bağlı olarak PhIP bileşiğinin değişimi incelendiğinde, gazlı ocakta pişmiş yaprak dönerlerde az pişirme süresinde 0,202 ng/g olarak tespit edilen PhIP bileşiğinin miktarının çok pişirme sonunda 1,7 kat bir artış ile 0,339 ng/g’a yükseldiği görülmüştür (p>0,05). Elektrikli ocakta pişirilen yaprak dönerlerde ise az pişirme düzeyinde 0,140 ng/g olan PhIP bileşiğinin miktarı 3,86 kat artış göstererek çok pişirme süresinde 0,541 ng/g’a yükselmiştir. Pişirme ile görülen bu değişim istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Karışım dönerlerde, gazlı ocakta pişirme sonucunda pişirme süresine bağlı olarak PhIP bileşiğinin miktarında 4,6 kat artış tespit edilmiş ve bu artış istatistik olarak önemli bulunmuştur bununla birlikte, elektrikli ocakta pişirme

sonucunda pişirme süresine bağlı olarak PhIP bileşiğinin miktarında 2,04 kat artış tespit edilmiştir ($p>0,05$). Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin PhIP miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerde PhIP miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri

Çalışmada tavuk dönerlerde PhIP bileşiğinin oluşumuna piştirme yöntemlerinin etkisi incelendiğinde yaprak dönerlerde gazlı ocakta orta pişmiş örneklerde (0,316 ng/g) elektrikli ocakta pişirmeye kıyasla (0,125 ng/g) daha yüksek PhIP bileşiği oluşumu gözlenmiş olup karışım dönerlerde de benzer şekilde orta pişmiş grupta gazlı ocakta (0,428 ng/g) elektrikli ocakğa kıyasla (0,192 ng/g) daha yüksek PhIP bileşiği oluşumu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Döner tipleri açısından incelendiğinde, gazlı ocakta az piştirme süresinde yaprak dönerlerin (0,202 ng/g) karışım dönerlerden (0,090 ng/g) daha yüksek PhIP içeriğine sahip olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

HAA’lar üzerine yapılan araştırmalarda, pişmiş etlerde PhIP bileşiğinin en yaygın oluşan HAA’lardan birisi olduğu rapor edilmiştir (Zöchling and Murkovic 2002;

Alaejos and Afonso 2011; Rahman vd. 2014). Hatta fenilalanin, kreatinin ve glukoz içeren model sistemlerde 37° C ısının PhIP bileşiğinin oluşumu için yeterli bir sıcaklık olduğu dahi bildirilmiştir (Knize and Felton 2005). Aynı araştırmacılar, çalışmalarında PhIP bileşiğinin öncü bileşiği olan fenilalanin yanı sıra tirozin ve izolösinin diğer et türlerine nazaran tavuk etlerinde daha yüksek oranda olduğunu ve buna paralel olarak da PhIP bileşiği oluşumunun tavuk etlerinde dana ve balık etlerine nazaran daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca yapılan araştırmalarda HAA bileşiklerinin dağılımı içinde diğer bileşiklere nazaran daha yüksek miktarda oluştuğu da rapor edilmiştir (Sinha vd. 1995; Viegas vd. 2012). Çalışmada et dönerlerde az ve orta pişmiş tüm gruplarda bileşik belirleme sınırının altında bulunmuş olup yalnızca çok pişmiş gruplarda miktarsal olarak tespit edilmiştir. Tavuk dönerlerde ise bütün gruplarda PhIP bileşiği oluşumu gözlenmiştir. Bu açıdan bakıldığında, PhIP bileşiğinin tavuk dönerlerde, et dönerlere kıyasla daha geniş bir yelpazede oluştuğu söylenebilir ki bu durum literatür ile uyum göstermektedir. Yanı sıra, et dönerlerin toplam SAA miktarı 1022-1627 mg/g km arasında (Çizelge 4.12) değişmiş bununla birlikte aynı bileşiğin miktarı tavuk dönerlerde 2050-3384,4 mg/g km arasında değişmiştir (Çizelge 4.13). Tavuk dönerlerin, PhIP bileşiği oluşumunda görev alan serbest aminoasitleri et dönerlere göre daha fazla içermesi, tavuk dönerlerde PhIP bileşiğinin daha fazla oluşması ile ilişkilendirilmiştir.

Ev koşullarında kızartılmış tavuk ve etlerde PhIP bileşiğinin oluşumuna ilişkin yapılan çalışmalar incelendiğinde, İspanya'da ızgara tavuklarda 2,3-46,9 ng/g düzeyinde (Busquets vd. 2004); Kanada'da hamburger köfte ve kızartılmış tavuk etlerinde 0,2-2,1 ng/g düzeyinde (Klassen vd. 2002); Avusturya'da ızgarada pişmiş dana etlerinde 1,3-11,1 ng/g düzeyinde (Ristic vd. 2004) ve ABD'de ızgara tavuklarda 1,44 ng/g düzeyinde (Knize vd. 1998) değişen miktarlarda PhIP bileşiği oluştuğu tespit edilmiştir (çalışmaların pişirme koşulları ve analiz metotları birbirinden farklılık göstermektedir).

Literatürde bildirilen PhIP miktarlarının çalışma sonuçlarından daha düşük bulunduğu araştırmalar da mevcuttur. Örneğin, Öz vd. (2010) farklı pişirme yöntemleri (mikrodalga pişirme, fırında pişirme, sıcak yüzeyde pişirme, tavada pişirme ve barbekü pişirme) uyguladıkları tavuklarda PhIP bileşiğini bütün yöntemlerde belirleme sınırının altında rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Jinap vd. (2013) hem ızgarada pişirilmiş

tavuklarda (270-300° C’de 5-6 dk) hem de derin yağda kızartılmış tavuklarda (160° C’de 2-3 dk) PhIP bileşimini belirleme sınırının altında rapor etmişlerdir. Bununla birlikte birçok araştırmada PhIP bileşiği çalışmada rapor edilen değerlerden daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Örneğin; Iwasaki vd. (2010) ızgarada ve tavada pişirilen tavuklarda bileşiğin miktarını sırasıyla 34,6 ng/g ve 29,47 ng/g olarak rapor etmişlerdir. Gibis and Weiss (2010) araştırmasında 180° C’de 5 dk tavada kızartma uygulanan tavuklarda PhIP bileşimini 18,33 ng/g; 200° C’de 20 dk kömür ızgarasında pişirilen tavuklarda 31,06 ng/g düzeyinde tespit etmişlerdir. Hasnol vd (2014) ızgarada pişirilen tavuklarda (300° C) 28,4-29,7 ng/g arasında değişen düzeylerde; Aasyling vd. (2013) barbekü tavuklarda 18,0 ng/g; Viegas vd (2012) ızgara tavuklarda 8,75 ng/g; Puangsombat vd. (2012) kızartılmış tavuk göğüs etlerinde (200° C’de 20 dk) 6,06 ng/g düzeyinde PhIP bileşiği tespit etmişlerdir.

Çalışma sonuçlarımızla benzer sonuçları içeren araştırmalar incelendiğinde ise Skog vd (1997) 150-200° C’de 30 dk. kavurma işlemi ile pişirilmiş tavuk etlerinde PhIP bileşimini 0,3 ng/g’dan düşük düzeyde rapor etmişlerdir. Chen and Yang (1998) 200° C’de 10 dk kızartılarak pişirilen tavuk etlerinde 0,21 ng/g; Gasperlin vd. (2009) infrared (kızılötesi) ızgarada 220° C’de pişirilen tavuk etinde 0,29-1,21 ng/g; Liao vd. (2010) 200° C’de 20 dk. kavurma işlemi ile pişirilmiş tavuk etlerinde PhIP bileşimini 0,04 ng/g düzeyinde rapor etmişlerdir. Puangsombat vd. (2012) kızartılmış tavuk göğüs ve but etlerinin HAA içeriklerini incelemiş ve tavuk göğüs etlerinde 4,8-DiMeIQx bileşimini 0,54 ng/g; but etlerinde ise 0,06 ng/g düzeyinde belirlemişlerdir.

4.2.4.3.3 MeIQ miktarı

Tavuk-yaprak ve tavuk-karışım dönerlerin farklı pişirme yönteminde ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmeleri sonucunda oluşan MeIQ bileşiği belirlenmiş, elde edilen sonuçlar Çizelge 4.26’da verilmiştir.

Yapılan araştırmada tavuk dönerlerde MeIQ bileşiğinin 0,061- 0,655 ng/g arasında değişen düzeylerde olduğu görülmüştür. En düşük MeIQ içeriği yaprak dönerlerde gazlı ocakta az pişirme uygulanmış grupta (0,061 ng/g) tespit edilmişken, en yüksek bileşik karışım dönerlerde elektrikli ocakta çok pişirme uygulanmış grupta tespit

Çizelge 4.26 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin MeIQ miktarları (ng/g) (n=4)

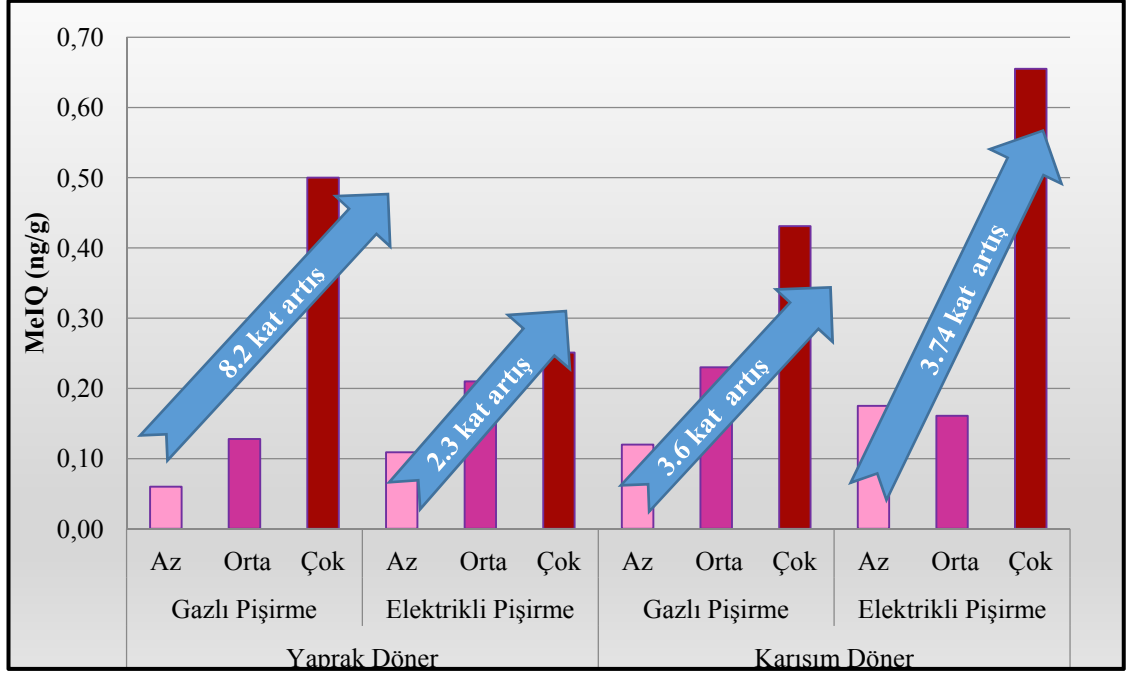
Döner Tipi	Yaprak		Karışım		Ort±SH (Pişirme süresi)	
	Pişirme Yöntemi	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme		Elektrikli Pişirme
MeIQ	Az	0,061±0,007 ^B	0,109±0,040	0,120±0,072	0,175±0,017 ^B	0,116±0,019 ^B
	Orta	0,128±0,081 ^B	0,210±0,034	0,232±0,120	0,161±0,057 ^B	0,183±0,034 ^B
	Çok	0,500±0,086 ^A	0,251±0,076	0,431±0,026	0,655±0,490 ^A	0,459±0,110 ^A

A-B: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$)
Ort±SH: Ortalama±Standart hata

edilmiştir (0,655 ng/g). Bunu yaprak dönerlerde gazlı ocakta çok pişirme uygulanmış grup (0,500 ng/g) takip etmiştir.

MeIQ bileşiğinin oluşumuna, pişirme sürelerinin etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Bu doğrultuda, az pişirme süresinde ortalama 0,116 ng/g olarak tespit edilen MeIQ miktarı orta pişirme süresinde ortalama 0,183 ng/g'a yükselmiş, çok pişirme süresinde ise ortalama 0,459 ng/g olarak ölçülmüştür. Pişirmeye bağlı olarak MeIQ bileşiğinde % 295 (4 kat) artış gözlenmiş ve bu artış çok pişirme süresinde orta ve az pişirme süresine göre önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Araştırmada, MeIQ miktarına pişirme süresinin etkisi tavuk-yaprak dönerlerde gazlı ocakta; tavuk-karışım dönerlerde ise elektrikli ocakta pişmiş gruplardan kaynaklanmıştır. Yaprak dönerlerde gazlı ocakta pişirme sonucunda az pişirme süresinde 0,061 ng/g düzeyinde tespit edilen bileşiğin miktarı yaklaşık 2 kat artarak orta pişirme süresinde 0,128 ng/g düzeyine yaklaşık 4 kat artarak ise çok pişirme süresinde 0,500 ng/g düzeyine yükselmiştir ($p<0,05$). Karışım dönerlerde ise elektrikli pişirme sonucunda MeIQ içeriği az pişirme süresinde 0,175 ng/g iken çok pişirme süresinde 3,7 kat artışla 0,655 ng/g'a yükselmiştir ($p<0,05$). Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin MeIQ miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10 Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin MeIQ miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri

MeIQ bileşiğinin oluşumuna döner tiplerinin ve pişirme yöntemlerinin etkisi hiçbir grupta istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).

Literatürde MeIQ bileşiğinin, ev tipi koşullarda pişmiş tavuk etlerinde PhIP bileşiğinden sonra en yaygın oluşan HAA'lardan birisi olduğu rapor edilmiştir (Zöchling and Murkovic 2002; Knize and Felton 2005). Yapılan çalışmalar incelendiğinde, Öz vd. (2010) tarafından farklı pişirme yöntemleri uygulanarak (mikrodalga pişirme, fırında pişirme, sıcak yüzeyde pişirme, tavada pişirme, ızgara pişirme) pişirilen tavuk etlerinde MeIQ bileşiği; sıcak yüzeyde pişirme sonucunda 0,20-0,44 ng/g arasında, ızgarada pişirme sonucunda ise 0,33-1,05 ng/g arasında değişen miktarlarda tespit edilmiş, diğer yöntemlerde ise MeIQ miktarı belirleme sınırının altında bulunmuştur. MeIQ bileşiğinin belirleme sınırının altında bulunduğu birçok araştırma bulunmaktadır (Pais vd. 1999; Wong vd. 2005; Gasperlin vd. 2009; Liao vd. 2010). Busquets vd. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada 175-200° C'de 13 dakika boyunca tavada pişirilen tavuk etinde MeIQ içeriği 0,1 ng/g'dan az bulunmuştur.

Bunların dışında MeIQ miktarının, çok daha yüksek oranlarda tespit edildiği çalışmalar da bulunmaktadır (Warzecha vd. 2004; Jinap vd. 2013).

4.2.4.3.4 7,8-DiMeIQx miktarı

Tavuk-yaprak ve tavuk-karışım dönerlerin farklı pişirme yönteminde ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmeleri sonucunda oluşan 7,8-DiMeIQx bileşiğine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Yapılan araştırmada tavuk dönerlerde 7,8-DiMeIQx bileşiği 0,035- 0,256 ng/g arasında değişen düzeylerde oluşmuştur. En düşük 7,8-DiMeIQx içeriği karışım dönerlerde elektrikli ocakta az pişirme uygulanmış grupta (0,035 ng/g) tespit edilmişken en yüksek bileşik karışım dönerlerde gazlı ocakta çok pişirme uygulanmış grupta tespit edilmiştir (0,256 ng/g).

Çizelge 4.27 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin 7,8-DiMeIQx miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi	Yaprak		Karışım		Ort±SH (Pişirme süresi)	
	Pişirme Yöntemi	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme		Elektrikli Pişirme
7,8-DiMeIQx	Az	0,060±0,013 ^B	0,052±0,014	0,093±0,006 ^{Bx}	0,035±0,013 ^y	0,059±0,009 ^B
	Orta	0,093±0,034 ^{AB}	0,134±0,011	0,133±0,114 ^B	0,072±0,030	0,108±0,025 ^B
	Çok	0,195±0,041 ^A	0,092±0,016	0,256±0,034 ^{Ax}	0,076±0,00 ^y	0,155±0,030 ^A

A-B: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

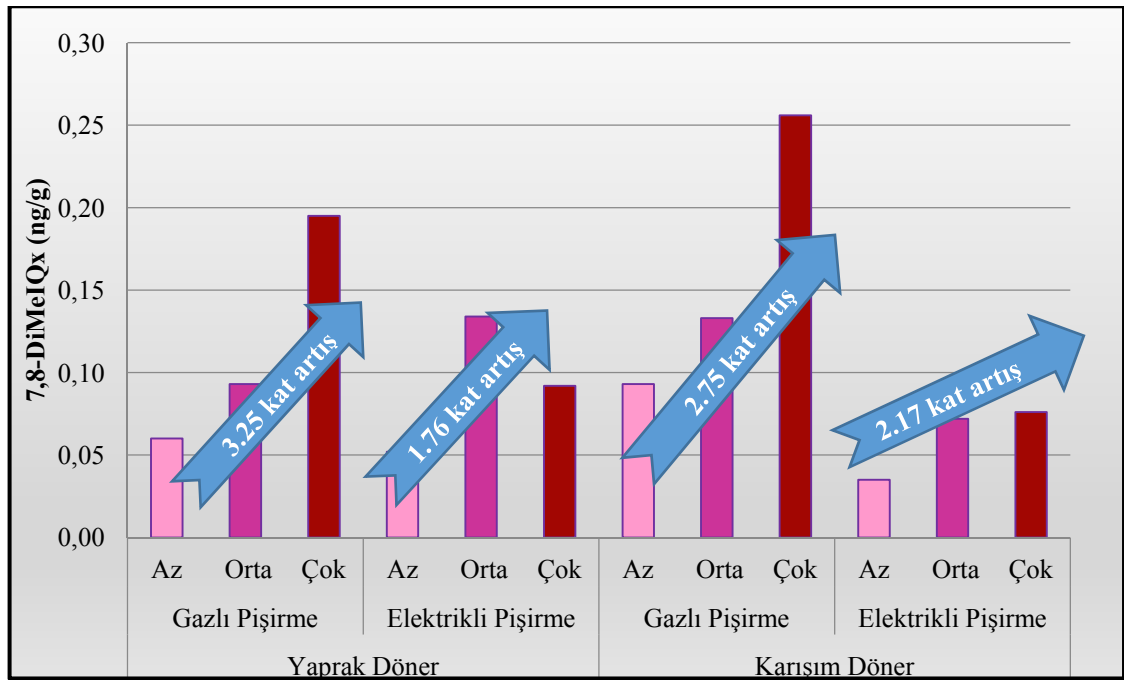
x-y: Aynı döner tipi ve pişirme süresinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

Ort±SH: Ortalama±Standart hata

Araştırmada, tavuk dönerlerde 7,8-DiMeIQx oluşumuna pişirme süresine bağlı değişimin etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Bu doğrultuda, az pişirme süresinde ortalama 0,059 ng/g olan 7,8-DiMeIQx miktarı, orta pişirme süresinde ortalama 0,108 ng/g’a yükselmiş, çok pişirme süresinde ise ortalama 0,155 ng/g olmuştur. Pişirmeye bağlı olarak 7,8-DiMeIQx bileşiğinde 2,5 katlık bir artış

görülmüştür. Tavuk dönerlerde 7,8-DiMeIQx miktarında, pişirme süresine bağlı olarak görülen bu artış hem yaprak hem de karışım dönerlerde gazlı ocakta pişirilen gruplardan kaynaklanmıştır.

Gazlı ocakta pişirme sonucunda; yaprak dönerlerde az pişirme süresinde 0,060 ng/g olan 7,8-DiMeIQx miktarı pişirmeyle birlikte yaklaşık 3,25 kat artarak çok pişirme süresinde 0,195 ng/g'a yükselmiştir. Karışım dönerlerde ise bu değişim, az pişirme süresinde 0,093 ng/g'dan başlayarak çok pişirme süresinde (2,7 kat artış ile) 0,256 ng/g olarak gözlenmiştir. Her iki döner tipinde de pişirmeye bağlı görülen bu artış istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin 7,8-DiMeIQx miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11 Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin 7,8-DiMeIQx miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri

Araştırmada ayrıca tavuk dönerlerde 7,8-DiMeIQx oluşumuna pişirme yönteminin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu doğrultuda, gazlı pişirme sonucunda ortalama 0,138 ng/g olan 7,8-DiMeIQx bileşiği, elektrikli ocakta pişirmede ortalama 0,077 ng/g olarak tespit edilmiştir. Gözlenen bu farklılık çok pişirme derecesinde pişirilen karışım

dönerlerden kaynaklanmıştır. Gazlı pişirme uygulanmış karışım dönerlerde 7,8-DiMeIQx bileşiği 0,256 ng/g olarak tespit edilmiş iken elektrikli pişirme uygulanmış karışım dönerlerde 0,076 ng/g olarak belirlenmiştir. Bunun sebebinin, gazlı ocakta pişirme esnasında döner radyanından çıkan alevın doğrudan etin yüzeyine nüfuz etmesi ve ısı transferinin etkinliğinin artması ile yüzeyde (su içeriğinin azalmasına bağılı olarak öncü bileşik konsantrasyonunun artması) daha yüksek miktarda HAA bileşikleri oluşmasına yol açması olabilir.

Araştırmada 7,8-DiMeIQx bileşiği için rapor edilen sonuçlar 0,035- 0,356 ng/g arasında değişmektedir. Literatür bilgileri incelendiğinde, 7,8-DiMeIQx bileşiğinin belirleme sınırının altında bulunduğu çalışmalar mevcuttur (Liao vd. 2010; Öz vd. 2010; Busquets vd. 2004). Yanı sıra, Cheng and Yang (1998) çalışmasında 200° C’de 10 dk kızartılmış tavuklarda 7,8-DiMeIQx bileşiğini 0,16 ng/g düzeyinde rapor etmiş; Busquets vd. (2004) tavuk etlerinin 175-200° C’de 13 dk. boyunca tavada pişirilmesi sonucunda 7,8-DiMeIQx bileşiğini <0,04 ng/g olarak rapor etmiş; Wong vd. (2005) tüketime hazır olarak satışı yapılan tavuk etlerinde 7,8-DiMeIQx miktarının nd-0,15 ng/g aralığında değişen miktarlarda oluştuğunu rapor etmiştir ki bu sonuçlar çalışma sonuçlarımızla paralellik göstermektedir. Bunların dışında diğeri birçok çalışmadan farklı olarak Jinap vd. (2013) tarafından 270° C’de ızgarada pişirilen tavuk etlerinde 7,8-DiMeIQx bileşiği 3,06-5,55 ng/g arasında değişen düzeylerde rapor edilmiştir.

4.2.4.3.5 IQ miktarı

Tavuk- yaprak ve tavuk-karışım dönerlerin farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sürelerinde pişirilmesi sonucunda tespit edilen IQ bileşiğine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Çalışmada, IQ bileşiğinin et dönerlerde ts-0,357 ng/g arasında değişen miktarlarda oluştuğu görülmüştür. En düşük IQ bileşiği elektrikli ocakta az pişirme süresinde pişirilmiş yaprak dönerlerde, en yüksek IQ bileşiği ise elektrikli ocakta çok pişirme süresinde pişirilmiş karışım dönerlerde tespit edilmiştir. Elektrikli ocakta az pişirme derecesinde pişirilen tavuk yaprak dönerlerde bileşiğin miktarı tayin sınırının altında (< ts) bulunmuştur.

Çizelge 4.28 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin IQ miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi	Yaprak			Karışım		Ort±SH (Pişirme süresi)
	Pişirme Yöntemi	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	
IQ	Az	0,038±0,009 ^B	< ts	0,186±0,069	0,045±0,026 ^B	0,072±0,029 ^B
	Orta	0,081±0,052 ^B	0,063±0,010	0,171±0,152	0,063±0,015 ^B	0,095±0,035 ^B
	Çok	0,232±0,006 ^A	0,151±0,060	0,259±0,036	0,357±0,220 ^A	0,249±0,052 ^A

A-B: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)
Ort±SH: Ortalama±Standart hata, ts:tayin sınırı

Çizelge 4.28 incelendiğinde, IQ bileşiği için pişirme süresine bağlı değişim istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Çalışmada, az pişirme süresinde ortalama 0,072 ng/g olan IQ miktarı orta pişirme süresinde ortalama 0,095 ng/g'a, çok pişirme süresinde ise ortalama 0,249 ng/g'a yükselmiştir. Pişirmeye bağlı olarak IQ bileşiğinde yaklaşık 3,5 katlık bir artış görülmüştür. İstatistik olarak önemli bu fark, çok pişirme süresinde az ve orta pişirme süresine göre önemli düzeyde yüksek olarak belirlenmiştir (p<0,05). Pişirme süresine bağlı bu artış gazlı ocakta pişirilen yaprak dönerler ile elektrikli ocakta pişirilen karışım dönerlerden kaynaklanmıştır.

Tavuk-yaprak dönerlerde gazlı ocakta pişirme sonucunda az pişirme süresinde 0,038 ng/g olan IQ bileşiğinin miktarı çok pişirme süresinde yaklaşık 6 kat artarak 0,232 ng/g'a yükselmiştir. Elektrikli ocakta pişirilen tavuk- karışım dönerlerde ise 0,045 ng/g olan bileşiğin miktarı pişirme ile 8 kat artış göstermiş ve 0,357 ng/g'a ulaşmıştır. Her iki grupta da pişirme süresine bağlı görülen bu artışlar istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Araştırmada, tavuk dönerlerde IQ bileşiğinin oluşumuna döner tiplerinin etkisi incelendiğinde, hem gazlı hem de elektrikli ocakta pişirme sonucunda, tüm pişirme sürelerinde (az, orta, çok) karışım dönerlerde yaprak dönerlere göre daha yüksek IQ bileşiği oluşumu gözlenmiş ancak tespit edilen bu farklılık istatistik olarak önemli

bulunmamıştır ($p>0,05$). Bu durumun tek istisnası, her iki döner tipinde de aynı miktarda IQ bileşiğinin tespit edildiği orta pişirme süresinde elektrikli ocakta pişirme işlemi olmuştur.

Tavuk dönerlerde IQ bileşiğinin oluşumuna pişirme yöntemlerinin etkisi incelendiğinde, tavuk-yaprak dönerlerde bütün pişirme sürelerinde (az, orta, çok), gazlı ocakta pişirilen dönerlerde elektrikli ocakta pişirilen örneklere göre daha yüksek IQ bileşiği olduğu gözlenmiştir ($p>0,05$). Tavuk- karışım dönerlerde ise az ve orta pişirme derecelerinde gazlı ocakta pişirmenin bununla birlikte çok pişirme derecesinde ise elektrikli ocakta pişirmenin daha yüksek IQ bileşiği oluşumuna sebep olduğu görülmüştür. Ancak pişirme yöntemlerinde görülen bu farklılıklar da istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).

Oz vd. (2010) tarafından farklı pişirme yöntemleri uygulanarak (mikrodalga pişirme, fırında pişirme, sıcak yüzeyde pişirme, tavada pişirme, ızgara pişirme) pişirilen tavuk etlerinde bütün pişirme yöntemlerinde IQ bileşiği, araştırmada tespit edilen sonuçlardan yüksek bulunmuştur. Çalışmada en yakın değerler fırında pişirme ($< ts-0,54$ ng/g) ve sıcak yüzeyde pişirme ($< ts-0,68$ ng/g) yöntemlerinde tespit edilmiştir. Bununla birlikte aynı çalışmada pişirme sürelerinin 3-20 dk arasında değiştiği de bildirilmiştir ki uygulanan pişirme süresinin, HAA oluşumuna önemli ölçüde etki ettiğine ilişkin birçok araştırma bulunmaktadır (Knize vd. 1994; Skog vd. 1997; Balogh vd. 2000; Bordas vd. 2004; Gerbl vd. 2004; Lan vd. 2004; Yao vd. 2013). Görülen bu farklılıkların uygulanan pişirme yöntemlerindeki ısı kaynağı ile doğrudan teması ve/veya pişirme sürelerindeki farklılıktan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Gibis and Weiss (2010) tarafından yapılan bir çalışmada farklı pişirme yöntemi (tavada pişirme, derin yağda kızartma, kavurma ve ızgara) ve pişirme süresi (5-20 dk) uygulanmış tavuklarda IQ bileşiğinin bs-1,76 ng/g arasında değişen değerler aldığı rapor edilmiştir. En yüksek IQ değeri tavada kızartılan (5 dk) gruplarda tespit edilmiştir (1,76 ng/g). Bunun dışında derin yağda kızartma (5 dk), kavurma (20 dk) ve ızgarada pişirme (20 dk) uygulamalarında IQ bileşiğinin belirleme sınırının altında (bs) bulunduğu bildirilmiştir. Tüketime hazır olarak satışa sunulan ürünlerin HAA içeriğinin araştırıldığı bir çalışmada Puangsombat vd (2011) piliç çevirmede IQ içeriğinin 0,01-

2,91 ng/g arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Viegas vd (2012) ızgara tavuklarda IQ bileşiğini belirleme sınırının altında rapor etmişlerdir.

Bunların yanı sıra Jinap vd (2013), Hasnol vd. (2014) tarafından tavuk etlerinde yapılan çalışmalarda IQ bileşiğinin içeriğinin, pişirme sıcaklıkları, yöntemleri ve sürelerine bağlı olarak 5,53- 41,84 ng/g aralığında değişen yüksek değerler aldığı görülmüştür.

4.2.4.3.6 IQx miktarı

Tavuk- yaprak ve tavuk-karışım dönerlerin farklı pişirme yöntemi ile farklı pişirme sürelerinde pişirilmesi sonucunda oluşan IQx miktarına ilişkin sonuçlar izelge 4.29'da verilmiştir. Çalışmada, tavuk dönerlerde IQx bileşiğinin bs-0,087 ng/g arasında değişen miktarlarda oluştuğu görülmüştür. En düşük IQx bileşiği elektrikli ocakta az pişirme süresinde pişirilmiş yaprak dönerlerde, en yüksek IQx bileşiği ise elektrikli ocakta çok pişirme süresinde pişirilmiş yaprak dönerlerde, en yüksek IQx bileşiği ise elektrikli ocakta çok pişirme süresinde pişirilmiş karışım dönerler (0,085 ng/g) ile gazlı ocakta çok pişirilmiş yaprak dönerlerde (0,087 ng/g) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.29 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin IQx miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi	Yaprak		Karışım		Ort±SH (Pişirme süresi)
	Pişirme Yöntemi	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	
IQx	Az	< ts ^B	< bs	< ts	< ts ^B
	Orta	< ts ^B	< ts	0,019±0,001	< ts ^B
	ok	0,087±0,039 ^A	0,034±0,024	0,044±0,007	0,085±0,065 ^A

A-B: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)
Ort±SH: Ortalama±Standart hata, bs: belirleme sınırı, ts: tayin sınırı

Yaprak ve karışım dönerlerde az ve orta pişirme süresinde hemen hemen bütün gruplarda, IQx bileşiğinin miktarı tayin sınırının (ts) altında tespit edilmiştir. Bunun bir istisnası elektrikli ocakta az pişmiş yaprak dönerler (<bs) bir diğer istisnası da orta pişirme süresinde gazlı ocakta pişmiş karışım dönerler olmuştur (0,019 ng/g). Her iki

döner tipinde de pişirmeye bağlı olarak IQx bileşiğinin oluşumunda artış görülmüştür. Çok pişirme süresinde bütün döner gruplarında miktar düzeyinde IQx bileşiği oluşumu gözlenmiştir.

IQx bileşiği için pişirme süresine bağlı değişim istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Çalışmada, az ve orta pişirme süresinde ortalama IQx miktarı tayin sınırının (ts) altında tespit edilmiş iken çok pişirme süresinde ortalama 0,062 ng/g'a yükselmiştir ($p<0,05$). Pişirme süresine bağlı olarak görülen bu artış gazlı ocakta pişirilen yaprak dönerler ile elektrikli ocakta pişirilen karışım dönerlerden kaynaklanmıştır. Tavuk-yaprak dönerlerde gazlı ocakta pişirme sonucunda az ve orta pişirme süresinde tayin sınırının altında olan IQx bileşiği çok pişirme süresinde 0,087 ng/g olarak tespit edilmiştir. Tavuk- karışım dönerlerde ise elektrikli ocakta IQx bileşiği az ve orta pişirme süresinde tayin sınırının altında kaydedilmiş olup çok pişirme süresinde 0,085 ng/g'a yükselmiştir. Her iki durumda da pişirme süresine bağlı artış istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çalışmada tavuk dönerlerde IQx bileşiğinin oluşumuna pişirme yöntemi ve döner tiplerindeki farklılığın etkisi de incelenmiş ancak her iki faktör için de istatistik olarak önemli bir fark görülmemiştir ($p>0,05$).

Literatürde IQx bileşiğinin tavuklarda tayin sınırının veya belirleme sınırının altında tespit edildiği araştırmalar mevcuttur (Pais vd. 1999; Gasperlin vd. 2009; Liao vd. 2010; Oz vd. 2010). Buna karşın çalışmadan elde edilen verilere benzer olarak Chiu vd. (1998) 200° C de 5-15 dk kızartılan tavuklarda IQx miktarını 0,07 ng/g olarak Puangsombat vd. (2011) ise tüketime hazır ürünlerden piliç çevirme'de aynı bileşiği 0,09 ng/g seviyesinde tespit etmişlerdir.

4.2.4.3.7 MeIQx miktarı

Tavuk-yaprak ve tavuk-karışım dönerlerin farklı pişirme yönteminde ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmeleri sonucunda oluşan MeIQx miktarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4.30 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin MeIQx miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi	Yaprak		Karışım		Ort±SH (Pişirme süresi)	
	Pişirme Yöntemi	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme		Elektrikli Pişirme
MeIQx	Az	< ts ^B	< ts	< ts ^B	< ts	< ts ^B
	Orta	< ts ^{AB}	< ts	< ts ^{AB}	< ts	< ts ^{AB}
	Çok	0,114±0,033 ^A	< ts	0,128±0,006 ^A	< ts	0,092±0,016 ^A

A-B: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)
Ort±SH: Ortalama±Standart hata, ts:tayin sınırı

Yapılan araştırmada tavuk dönerlerde MeIQx bileşiğinin ts-0,128 ng/g arasında değişen düzeylerde olduğu görülmüştür. En yüksek miktarlar gazlı ocakta çok pişmiş dönerlerde rapor edilmiş olup bu değerler yaprak dönerler için 0,114 ng/g, karışım dönerler için ise 0,128 ng/g'dır. Bunun dışındaki bütün gruplarda MeIQx bileşiğinin miktarı tayin sınırının altında tespit edilmiştir.

MeIQx bileşiğinin oluşumunda pişirme süresine bağlı değişim istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Çalışmada, az ve orta pişirme süresinde ortalama MeIQx miktarı tayin sınırının altında iken çok pişirme süresinde ortalama 0,092 ng/g'a yükselmiştir. Pişirme süresine bağlı olarak görülen bu artış hem yaprak hem de karışım dönerlerde gazlı ocakta pişirilen gruplardan kaynaklanmıştır.

Tavuk-yaprak dönerlerde gazlı ocakta pişirme sonucunda az ve orta pişirme süresinde tayin sınırının altında olan bileşik miktarı çok pişirme süresinde 0,114 ng/g olarak tespit edilmiştir. Tavuk- karışım dönerlerde de benzer şekilde az ve orta pişirme süresinde tayin sınırının altında kaydedilen MeIQx miktarı çok pişirme süresinde en yüksek miktar olan 0,128 ng/g'a yükselmiştir. Her iki durumda da pişirme süresine bağlı bu artış istatistik olarak önemli olmuştur (p<0,05).

Hem yaprak hem de karışım dönerlerde elektrikli ocakta bütün pişirme sürelerinde (az, orta, çok) MeIQx miktarı tayin sınırının altında bulunmuştur. Yanı sıra, her iki döner tipinde de gazlı ocakta çok pişirme süresi hariç az ve orta pişirme sürelerinde MeIQx bileşiği benzer şekilde, tayin sınırının altında bulunmuştur.

Yapılan araştırmalarda, MeIQx bileşiğinin tavuklarda tayin sınırının altında (<ts) bulunduğu çalışmalar bulunmakla birlikte (Chiu vd. 1998, Busquets vd. 2004, Oz vd. 2010, Liao vd. 2010, Viegas vd. 2012) bileşiğin miktarının 18,2-19,1 ng/g ve 5,18-11,3 ng/g olarak belirlendiği çalışmalar da vardır (Hasnol vd., 2014; Jinap vd. 2013). Çalışmada tavuk dönerlerde MeIQx bileşiğinin ts-0,128 ng/g arasında değiştiği görülmüş ve elde edilen verilerin, Oz vd. (2010) tarafından mikrodalga pişirme, elektrikli fırında pişirme, sıcak yüzeyde pişirme, tavada kızartma ve barbekü yöntemleri ile pişirilen tavuklarda rapor edilen <bs-0,28 ng/g sonuçları ile benzer olduğu gözlenmiştir. Benzer olarak Puangsombat vd. (2012) merkez sıcaklık 71° C olacak şekilde 204° C deki tavada kızartılan tavuk butlarında MeIQx bileşiğinin miktarının bs ile 0,09 ng/g arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

4.2.4.3.8 AαC miktarı

Tavuk-yaprak ve tavuk-karışım dönerlerin farklı pişirme yöntemlerinde ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmeleri sonucunda oluşan AαC miktarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Yapılan araştırmada, tavuk dönerlerde AαC bileşiğinin bs-0,094 ng/g arasında değişen düzeylerde olduğu görülmüştür. En yüksek bileşik karışım dönerlerde gazlı ocakta çok pişirme süresinde (0,094 ng/g) ve yaprak dönerlerde gazlı ocakta çok pişirme süresinde (0,077 ng/g) pişmiş dönerlerde tespit edilmiştir.

AαC bileşiğinin oluşumunda pişirme süresine bağlı değişim istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Çalışmada, az ve orta pişirme süresinde bileşiğin ortalama miktarı tayin sınırının altında iken çok pişirme süresinde ortalama 0,058 ng/g’a yükselmiştir. Pişirme süresine bağlı olarak görülen bu artış yaprak ve karışım dönerlerde gazlı ocakta pişirilen gruptan kaynaklanmıştır.

Çizelge 4.31 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin AαC miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi	Yaprak			Karışım		Ort±SH (Pişirme süresi)
	Pişirme Yöntemi	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	
AαC	Az	< ts ^B	0,042±0,030	< ts ^B	< bs	< ts ^B
	Orta	< ts ^B	< ts	< ts ^B	< bs	< ts ^B
	Çok	0,077±0,006 ^A	0,047±0,035	0,094±0,039 ^{Ax}	< bs ^y	0,058±0,016 ^A

A-B: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

x-y: Aynı döner tipi ve pişirme süresinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

Ort±SH: Ortalama±Standart hata, bs: belirleme sınırı, ts:tayin sınırı

Yaprak dönerlerde gazlı ocakta pişirme sonucunda az ve orta pişirme sürelerinde AαC bileşiği tayin sınırının altında bulunmuşken çok pişirme süresinde miktarı artmış ve 0,077 ng/g'a yükselmiştir (p<0,05). Elektrikli ocakta pişirilen tavuk- yaprak dönerlerde ise az pişirme düzeyinde 0,042 ng/g olan AαC bileşiğinin miktarı çok pişirme ile artış göstermiş ve 0,047 ng/g'a yükselmiştir (p>0,05). Tavuk- karışım dönerlerde az ve orta pişirme süresinde tayin sınırının altında kaydedilen AαC bileşiği çok pişirme süresinde en yüksek miktar olan 0,094 ng/g'a yükselmiştir. Pişirme süresine bağlı olarak görülen bu artış istatistik açıdan önemli bulunmuştur (p<0,05). Elektrikli ocakta ise bütün pişirme sürelerinde bileşiğin miktarı belirleme sınırının altında olarak kaydedilmiştir.

Araştırmada ayrıca dönerlerde AαC bileşiğinin oluşumunda pişirme yönteminin etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Buna göre, tavuk dönerlerde gazlı pişirme sonucunda ortalama 0,048 ng/g AαC oluşumu görülmüşken elektrikli pişirme sonucunda tayin sınırının altında AαC tespit edilmiştir (p<0,05). Tespit edilen bu farklılık karışım dönerlerde çok pişirme süresindeki örneklerden kaynaklanmıştır. Gazlı pişirme uygulanmış karışım dönerlerde AαC bileşiği 0,094 ng/g iken elektrikli pişirme uygulanmış karışım dönerlerde belirleme sınırının altında rapor edilmiştir. Pişirme yöntemlerinde görülen bu farklılığın, gazlı ocakta pişirme esnasında döner radyanından çıkan alev in doğrudan etin yüzeyine nüfuz etmesi ve et yüzeyinde ısının daha etkin olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

A α C bileşiği aminokarbolinlerin (prolitik HAA'lar) α -karbolinler alt grubunda yer alan bir bileşik olup (Sugimura vd. 1982, Skog vd. 2000) çok yüksek sıcaklıklarda (300° C'nin üzerinde) proteinlerin pirolizi ile oluşmaktadır (Murkovic 2004; Turesky 2007). Çalışmada sıcaklığın 300° C'nin üzerine çıkmaması A α C bileşiğinin birçok grupta belirleme sınırının ve tayin sınırının altında bulunmasına neden olmuştur. Benzer şekilde Öz vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada farklı pişirme yöntemleri uygulanarak (mikrodalga pişirme, fırında pişirme, sıcak yüzeyde pişirme, tavada pişirme, ızgara pişirme) pişirilen tavuk etlerinde bütün gruplarda A α C bileşiği belirleme sınırının altında bulunmuştur.

Farklı pişirme yöntemleri ve pişirme sıcaklıklarının uygulandığı Liao vd. (2010) tarafından yapılan araştırmada tavada kızartma (180° C), derin yağda kızartma (180° C), kömürlü ızgarada pişirme (200° C) ve kavurma (200° C) gibi farklı pişirme yöntemleri uyguladığı tavuk etlerinde A α C bileşiğini sırasıyla 0,23 ng/g, 0,27 ng/g, 5,58 ng/g ve 0,05 ng/g düzeylerinde tespit etmişlerdir. Busquets vd. (2004) 275° C kızartılmış tavuk etlerinde A α C bileşiğini 1 ng/g'ın altında rapor etmişlerdir.

Hasnol vd. (2014) yaptığı çalışmada 300° C'de ızgarada pişirilmiş tavuk etlerinde A α C bileşiğini 9,33-9,62 ng/g arasında değişen miktarlarda rapor etmişlerdir ki, bulunan bu sonuçlar araştırma sonuçlarımızla kıyaslandığında oldukça yüksek kalmaktadır. Bu durumun sebebinin ise uygulanan yüksek sıcaklıktan kaynaklandığı düşünölmektedir. Viegas vd. (2012) ızgara tavuk etlerinde A α C bileşiğini 1,23 ng/g; Turesky vd. (2005) 300° C'de ızgarada pişirilmiş tavuk etlerinde A α C bileşiğini 8,7 ng/g düzeyinde tespit etmişlerdir.

4.2.4.3.9 MeA α C miktarı

Tavuk-yaprak ve tavuk-karışım dönerlerin farklı pişirme yöntemleri ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmeleri sonucunda oluşan MeA α C miktarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.32'de verilmiştir.

Araştırmada, tavuk-yaprak ve tavuk-karışım dönerlerin farklı pişirme yöntemleri ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmeleri sonucunda bütün gruplarda MeA α C bileşiği

Çizelge 4.32 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin MeAαC miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi		Yaprak		Karışım	
Pişirme Yöntemi		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
MeAαC	Az	< bs	< bs	< bs	< bs
	Orta	< bs	< bs	< bs	< bs
	Çok	< bs	< bs	< bs	< bs

bs: belirleme sınırı

belirleme sınırının altında bulunmuştur. MeAαC bileşiği için belirleme sınırını 0,01 ng/g'dır.

Cheng and Yang (1998) 200° C'de 10 dk kızartılan tavuk etinde, Chiu vd. (1998) 200° C'de 5-25 dk kızartılan tavuk etinde, Pais vd. (1999) 275° C'de 30 dk kızartılan tavuk ve ördek etinde, Busquets vd. (2004) 175-200° C'de 12 dk kızartılan tavuk etinde MeAαC bileşiğini belirleme sınırının altında rapor etmişlerdir. Çalışma sonuçlarına benzer şekilde Öz vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada farklı pişirme yöntemleri uygulanarak (mikrodalga pişirme, fırında pişirme, sıcak yüzeyde pişirme, tavada pişirme, ızgara pişirme) pişirilen tavuk etlerinde bütün gruplarda AαC bileşiği belirleme sınırının altında bulunmuştur.

Öte yandan, Turesky vd. (2005) 20 dk. mangalda pişirilen tavuk etinde 0,23 ng/g, Liao vd. (2010) tavuk ve ördek etlerinin 180° C'de 10 dk tavada kızartılması sonucu sırasıyla 0,02 ng/g ve 0,21 ng/g, aynı sıcaklık ve sürede derin yağda kızartılması sonucu sırasıyla 0,02 ng/g ve 0,04 ng/g, 200° C'de 20 dk mangalda pişirme sonucu sırasıyla 1,57 ng/g ve 0,13 ng/g MeAαC bileşiği oluştuğunu rapor etmişlerdir. Viegas vd. (2012) çalışmalarında 250-300° C'de 3-9 dk ızgara yapılan tavuk etinde 2,05 ng/g düzeyinde MeAαC bileşiği oluştuğunu tespit etmişlerdir. Gibis and Weiss (2010) araştırmasında 180° C'de 5 dk tavada kızartma uygulanan tavuklarda MeAαC bileşiğini 0,02 ng/g;

201° C’de 20 dk kömür ızgarasında pişirilen tavuklarda 1,57 ng/g düzeyinde tespit etmişlerdir.

4.2.4.4 Et dönerlerin toplam HAA miktarı ve HAA’ların (%) dağılımları

Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et-yaprak ve et-karışım dönerlerin hesaplanan toplam HAA miktarlarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.33’de verilmiştir.

Çizelge 4.33 Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin toplam HAA miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi		Yaprak		Karışım	
Pişirme Yöntemi		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
Toplam HAA (ng/g)	Az	0,089±0,015 ^C	0,219±0,010 ^C	0,135±0,016 ^B	0,141±0,017 ^B
	Orta	0,588±0,140 ^B	0,894±0,125 ^{Ba}	0,207±0,025 ^B	0,260±0,027 ^{Bb}
	Çok	2,335±0,152 ^{Ax}	1,348±0,007 ^{Aby}	1,374±0,227 ^{Ay}	4,456±0,085 ^{Axa}

A-C: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)
a-b: Aynı pişirme yönteminde ve pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)
x-y: Aynı döner tipi ve pişirme süresinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)
Ortalama±Standart hata

Araştırmada et dönerlerde toplam HAA içeriğinin 0,089-4,566 ng/g arasında değişim gösterdiği görülmüştür. En düşük toplam HAA içeriği, yaprak dönerlerde gazlı ocakta az pişmiş örneklerde gözlenmişken en yüksek toplam HAA içeriği ise karışım dönerlerde elektrikli ocakta çok pişmiş gruplarda tespit edilmiştir. Yanı sıra, et-yaprak ve et-karışım dönerlerde toplam HAA miktarına farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sürelerinin etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0,05)

Yaprak dönerlerde gazlı ocakta pişirme sonucunda toplam HAA içeriği az pişirme süresinde 0,089 ng/g olarak tespit edilmişken bu değer orta pişirme süresinde 0,588 ng/g’ye çok pişirme süresinde ise 2,335 ng/g’ye yükselmiştir (p<0,05). Toplam HAA miktarında pişirme ile birlikte 26.2 kat artış görülmüştür (p<0,05). Elektrikli

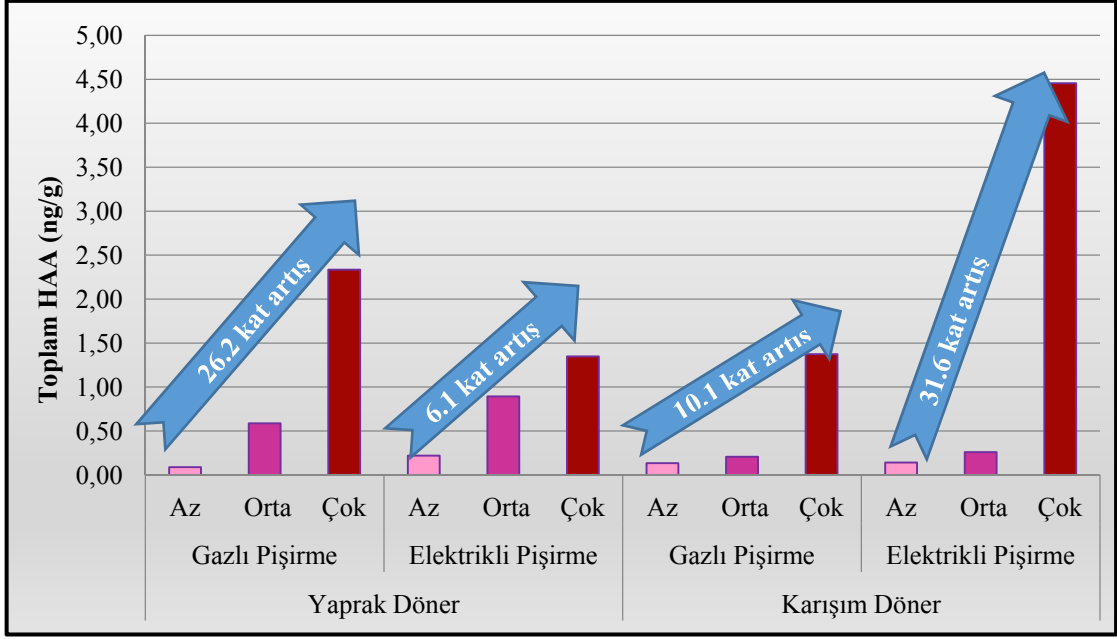
ocakta pişirilen yaprak dönerlerde az pişirme süresinde 0,219 ng/g olan toplam HAA miktarı orta pişirme süresinde 0,894 ng/g'ye ve çok pişirme süresinde 1,348 ng/g'ye yükselmiştir (6.1 kat artış) ($p<0,05$). Et-yaprak dönerlerde her iki pişirme yönteminde de toplam HAA miktarında pişirme süresine bağlı artış gözlenmiş ve bu artışlar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Karışım dönerlerin toplam HAA miktarı incelendiğinde ise gazlı ocakta az pişirme süresinde 0,135 ng/g olan toplam HAA miktarı, orta pişirme süresinde 0,207 ng/g'a ve çok pişirme süresinde ise 1,374 ng/g'ye yükselmiştir ($p<0,05$). Elektrikli ocakta pişirmede az pişirme süresinde 0,141 ng/g olan toplam HAA içeriği orta pişirme süresinde 0,260 ng/g'a; çok pişirme süresinde ise 4,456 ng/g'a yükselmiştir. Et- karışım dönerlerde pişirme süresindeki artışla bağlantılı olarak, gazlı ocakta pişirme sonucunda toplam HAA miktarında 10.1 kat; elektrikli ocakta pişirme sonucunda ise 31.6 kat artış görülmüş ve her iki pişirme yönteminde de görülen bu artışlar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin toplam HAA miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri Şekil 4.12'de verilmiştir.

Bütün gruplarda en yüksek HAA miktarları çok pişmiş dönerlerde tespit edilmiştir. Ayrıca literatürde de belirtildiği gibi (Persson vd. 2002, Messner and Murkovic 2004, Turesky vd. 2007, Polak vd. 2009, Liao vd. 2009) HAA oluşumunun pişirme süresinin artmasıyla artış göstermesi, toplam HAA miktarında görülen artış ile doğrulanmıştır.

Döner tipleri arasındaki farklılığın toplam HAA miktarına etkisi incelendiğinde, elektrikli ocakta orta pişirme süresinde pişirilen yaprak dönerlerin (0,894 ng/g) karışım dönerlerden (0,260 ng/g); elektrikli ocakta çok pişirme süresinde pişirilen karışım dönerlerin (4,456 ng/g) ise yaprak dönerlerden (1,348 ng/g) daha yüksek toplam HAA içeriğine sahip olduğu görülmüştür görülen farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Pişirme yöntemleri arasındaki farklılığın toplam HAA'ya etkisi incelendiğinde ise yalnızca çok pişmiş yaprak ve karışım dönerlerde pişirme yöntemlerindeki farklılık önemli bulunmuştur.



Şekil 4.12 Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin toplam HAA miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri

Yaprak dönerlerde gazlı ocakta pişirme sonucunda (2,335 ng/g) elektrikli ocakta pişirmeye göre (1,348 ng/g) daha yüksek HAA oluşumu gözlenmişken karışım dönerlerde bu durumun tersi olmuştur.

Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerde oluşan toplam HAA miktarına etki eden bileşiklerin % dağılımı Çizelge 4.34’de verilmiştir.

Çalışmada, gazlı ocakta az pişmiş et-yaprak dönerlerde 0,089 ng/g olan toplam HAA’nın % 58,43’ünü IQ bileşiği ve % 41,57’sini 4,8-DiMeIQx bileşiği oluşturmuştur. Orta pişmiş et-yaprak dönerlerde ise 0,588 ng/g olan toplam HAA’nın % 41,84’ünü 4,8-DiMeIQx bileşiği, % 34,86’sını PhIP bileşiği ve % 11,90’ını IQ bileşiği oluşturmuştur. Bunlara ilaveten IQx (% 2,38) ve MeIQ (% 9,01) bileşikleri de tespit edilmiştir. Çok pişirme süresine ilişkin veriler incelendiğinde ise 2,335 ng/g olan toplam HAA’nın % 70,92’sini 4,8-DiMeIQx bileşiği, % 14,82’sini IQ bileşiği, % 5,69’unu PhIP bileşiği ve % 4,97’sini 7,8-DiMeIQx bileşiği oluşturmuştur. IQx ve MeIQ bileşikleri az da olsa tespit edilmiştir (0,017 ng/g; 0,067 ng/g). Bununla birlikte, MeIQx, MeAaC ve AaC bileşikleri tayin sınırı veya belirleme sınırının altında bulunmuştur.

Çizelge 4.34 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerde oluşan toplam HAA'ların bileşik bazında dağılımı (%)

			HAA Bileşikleri (ng/g)									
Döner Tipi	Piştirme Yöntemi	Piştirme Süresi	IQ	IQx	MeIQ	MeIQx	7,8-DiMeIQx	4,8-DiMeIOx	PhIP	AaC	MeAaC	
Yaprak Döner	Gazlı Piştirme	Az Piştirmiş	0,052 ^{±0,012} (% 58,43)	<ts	<ts	<ts	<ts	0,037 ^{±0,003} (% 41,57)	<bs	<bs	<bs	
		Orta Piştirmiş	0,070 ^{±0,002} (% 11,90)	0,014 ^{±0,005} (% 2,38)	0,053 ^{±0,000} (% 9,01)	<ts	<ts	0,246 ^{±0,133} (% 41,84)	0,205 ^{±0,004} (% 34,86)	<bs	<bs	
		Çok Piştirmiş	0,346 ^{±0,095} (% 14,82)	0,017 ^{±0,002} (% 0,73)	0,067 ^{±0,014} (% 2,87)	<ts	0,116 ^{±0,035} (% 4,97)	1,656 ^{±0,253} (% 70,92)	0,133 ^{±0,048} (% 5,69)	<bs	<bs	
		Elektrikli Piştirme	Az Piştirmiş	0,126 ^{±0,005} (% 57,53)	<ts	0,053 ^{±0,000} (% 24,20)	<ts	0,020 ^{±0,002} (% 9,13)	0,020 ^{±0,012} (% 9,13)	<bs	<bs	<bs
			Orta Piştirmiş	0,165 ^{±0,038} (% 18,46)	<ts	0,053 ^{±0,029} (% 5,93)	<ts	0,021 ^{±0,003} (% 2,35)	0,655 ^{±0,056} (% 73,27)	<ts	<bs	<bs
			Çok Piştirmiş	0,231 ^{±0,011} (% 17,13)	0,018 ^{±0,005} (% 1,34)	0,123 ^{±0,042} (% 9,12)	0,141 ^{±0,028} (% 10,46)	0,052 ^{±0,023} (% 3,86)	0,783 ^{±0,026} (% 58,09)	<ts	<bs	<bs
	Karışım Döner	Gazlı Piştirme	Az Piştirmiş	0,057 ^{±0,015} (% 42,22)	<ts	<ts	<ts	<ts	0,078 ^{±0,001} (% 57,78)	<bs	<bs	<bs
			Orta Piştirmiş	0,071 ^{±0,001} (% 34,30)	<bs	<ts	<ts	<ts	0,136 ^{±0,025} (% 65,70)	<bs	<bs	<bs
			Çok Piştirmiş	0,144 ^{±0,013} (% 10,48)	<ts	<ts	0,349 ^{±0,160} (% 25,40)	0,119 ^{±0,033} (% 8,66)	0,517 ^{±0,039} (% 37,63)	0,245 ^{±0,172} (% 17,83)	<ts	<bs
		Elektrikli Piştirme	Az Piştirmiş	0,058 ^{±0,008} (% 41,13)	<bs	<ts	<bs	<bs	0,083 ^{±0,009} (% 58,87)	<bs	<bs	<bs
			Orta Piştirmiş	0,073 ^{±0,004} (% 28,08)	<bs	<ts	<ts	<bs	0,187 ^{±0,023} (% 71,92)	<ts	<bs	<bs
			Çok Piştirmiş	0,513 ^{±0,279} (% 11,51)	0,032 ^{±0,001} (% 0,72)	0,085 ^{±0,004} (% 1,91)	0,344 ^{±0,078} (% 7,72)	0,056 ^{±0,023} (% 1,26)	2,865 ^{±0,062} (% 64,30)	0,561 ^{±0,198} (% 12,59)	<ts	<bs

bs: belirleme sınırı, ts: tayin sınırı

Oluşan bileşiklerin % dağılımı incelendiğinde; 4,8-DiMeIQx bileşiğinin, % 41,57-70,92 arasında; IQ bileşiğinin % 11,90- 58,43 arasında; PhIP bileşiğinin % 5,69-34,86 arasında; MeIQ bileşiğinin % 2,87- 9,01 arasında ve IQx bileşiğinin % 0,73-2,38 arasında değişen oranlarda olduğu görülmüştür. En yüksek miktarlar çok pişirme süresinde 4,8-DiMeIQx bileşiğinde (1,656 ng/g) ve çok pişmiş IQ bileşiğinde (0,346 ng/g) tespit edilmiştir.

Elektrikli pişirme uygulanmış yaprak dönerlerde; az pişirme süresinde 0,219 ng/g olan toplam HAA'nın % 57,53'ünü IQ bileşiği, % 24,20'sini MeIQ bileşiği ve % 9,13'ünü 4,8-DiMeIQx ile 7,8-DiMeIQx bileşikleri oluşturmuştur. Yanı sıra, orta pişirme süresinde toplam HAA'nın (0,894 ng/g) % 73,27'sini 4,8-DiMeIQx bileşiği, % 18,46'sını IQ bileşiği oluşturmuştur. MeIQ ve 7,8-DiMeIQx bileşikleri daha düşük oranlarda oluşmakla birlikte (% 5,93 ve % 2,35) IQx, MeIQx ve PhIP bileşikleri tayin sınırının altında, AαC ve MeAαC bileşikleri ise belirleme sınırının altında bulunmuştur. Çok pişirme süresine ilişkin veriler incelendiğinde toplam HAA'yı (1,348 ng/g) altı bileşiğin oluşturduğu görülmüştür. Bunlar sırasıyla; 4,8-DiMeIQx bileşiği (% 58,09), IQ bileşiği (% 17,13), MeIQx bileşiği (% 10,46), MeIQ bileşiği (% 9,12), 7,8-DiMeIQx bileşiği (% 3,86) ve IQx bileşiği (% 1,34)'tür. PhIP bileşiği tayin sınırının altında, AαC ve MeAαC bileşikleri ise belirleme sınırının altında bulunmuştur.

Oluşan bileşiklerin % dağılımı incelendiğinde; IQ bileşiği % 17,13-57,53 arasında; 4,8-DiMeIQx bileşiği % 9,13-73,27 arasında, MeIQ bileşiği % 5,93-24,20 arasında ve 7,8-DiMeIQx bileşiği % 2,35-9,13 arasında değişen oranlarda oluşmuştur. En yüksek miktarlar orta ve çok pişmiş 4,8-DiMeIQx bileşiğinde (sırasıyla 0,655 ng/g, 0,783 ng/g) tespit edilmiştir.

Et-karışım dönerlerde oluşan toplam HAA'ların bileşik bazında dağılımlarına ilişkin veriler incelendiğinde (Çizelge 4.34), çalışmada, gazlı ocakta az pişmiş et-karışım dönerlerde 0,135 ng/g olan toplam HAA'nın % 57,78'ini 4,8-DiMeIQx ile % 42,22'sini IQ bileşikleri oluşturmuştur. IQx, MeIQ, MeIQx ve 7,8-DiMeIQx bileşikleri tayin sınırının altında; PhIP, AαC ve MeAαC bileşiklerinin ise belirleme sınırının altında tespit edilmiştir. Benzer şekilde orta pişirme süresinde 0,207 ng/g olan toplam HAA'yı oluşturan iki bileşik 4,8-DiMeIQx (% 65,70) ve IQ (% 34,30) bileşikleridir. Ayrıca,

MeIQ, MeIQx ve 7,8-DiMeIQx bileşikleri tayin sınırının altında; IQx, PhIP, AαC ve MeAαC bileşiklerin ise belirleme sınırının altında tespit edilmiştir. Çok pişirme süresine ilişkin veriler incelendiğinde ise 1,375 ng/g olan toplam HAA'nın % 37,63'ünü 4,8-DiMeIQx bileşiği, % 25,40'ını MeIQx bileşiği, % 17,83'ünü PhIP bileşiği, % 10,48'ini IQ bileşiği ve % 8,66'sını 7,8-DiMeIQx bileşiği oluşturmuştur. IQx, MeIQ ve AαC bileşikleri tayin sınırının altında MeAαC bileşiği ise belirleme sınırının altında bulunmuştur.

Oluşan bileşikler % dağılımı açısından incelendiğinde; 4,8-DiMeIQx bileşiğinin, % 37,63-65,70 arasında; IQ bileşiğinin % 10,48-42,22 arasında değişen oranlarda olduğu görülmüştür. Ayrıca MeIQx, 7,8-DiMeIQx ve PhIP bileşiklerinin sadece çok pişirme süresinde olduğu gözlenmiştir. En yüksek HAA miktarları çok pişmiş dönerlerde tespit edilmiş olup bunlar, 4,8-DiMeIQx bileşiğinde 0,517 ng/g, MeIQx bileşiğinde 0,349 ng/g ve PhIP bileşiğinde 0,245 ng/g belirlenmiştir.

Elektrikli ocakta pişmiş et-karışım dönerlerde az pişirme süresinde 0,141 ng/g olan toplam HAA'yı oluşturan iki bileşik % 58,87 ile 4,8-DiMeIQx bileşiği ve % 41,13 ile IQ bileşiği olmuştur. Orta pişirme süresinde de benzer şekilde toplam HAA'yı oluşturan iki bileşik % 71,92 oranı ile 4,8-DiMeIQx bileşiği ve % 28,08 oranı ile IQ bileşiğidir. Hem az hem de orta pişirme sürelerinde IQx, MeIQ, MeIQx, 7,8-DiMeIQx, PhIP, MeAαC ve AαC bileşikleri tayin sınırı veya belirleme sınırının altında bulunmuştur. Bu durum, çok pişirme süresinde değişiklik göstermiştir. Şöyle ki; çok pişirme süresinde toplam HAA'ya yedi bileşiğin etki ettiği görülmüştür. Bu bileşikler, % 64,30 ile 4,8-DiMeIQx bileşiği, % 12,59 ile PhIP bileşiği, % 11,51 ile IQ bileşiği, % 7,72 ile MeIQx bileşiği olup ayrıca daha düşük oranlarda oluşan IQx (% 0,72), MeIQ (% 1,91) ve 7,8-DiMeIQx (% 1,26) bileşikleri olmuştur. Bununla birlikte, MeAαC ve AαC bileşiklerini tayin sınırı veya belirleme sınırının altında bulunmuştur.

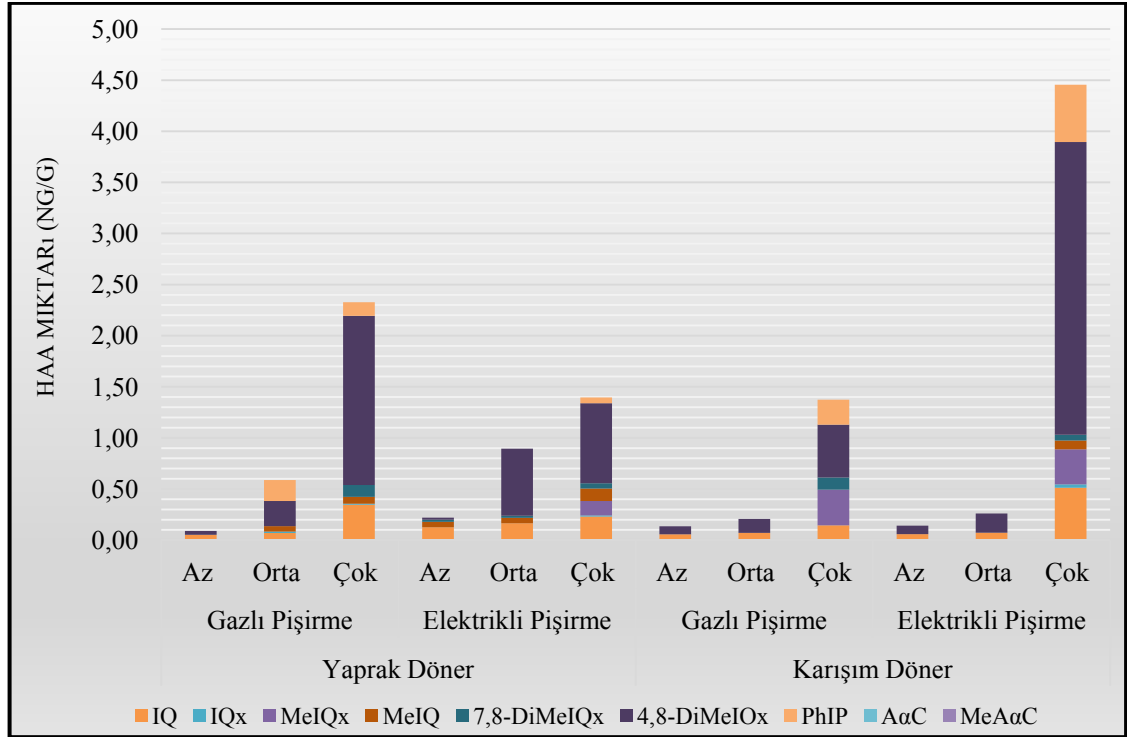
Oluşan bileşikler % dağılımı açısından incelendiğinde; 4,8-DiMeIQx bileşiğinin, % 58,87-71,92 arasında; IQ bileşiğinin % 11,51-41,13 arasında değişen oranlarda olduğu görülmüştür. IQx, MeIQ, MeIQx, 7,8-DiMeIQx ve PhIP bileşiklerini sadece çok pişmiş dönerlerde oluşmuştur. En yüksek HAA miktarları ise çok pişirme süresinde;

4,8-DiMeIQx bileşiminde (2,865 ng/g), PhIP bileşiminde (0,561 ng/g), IQ bileşiminde (0,513 ng/g) ve MeIQx bileşiminde (0,344 ng/g) tespit edilmiştir.

Szterk (2015), 180° C ve 280° C’lerde ızgarada pişirilen dana etlerinde en fazla oluşan HAA bileşiklerini sırasıyla, 4,8-DiMeIQx (4,50-7,55 ng/g), MeIQx (1,10-7,20 ng/g), MeIQ (1,70-5,30 ng/g) ve IQ (0,38/2,00 ng/g) bileşikleri olarak rapor etmişlerdir. 7,8-DiMeIQx ve 4,7,8,-TriMeIQx bileşikleri ise belirleme sınırının altında bulunmuştur. Araştırmacı çalışmasında, 180 ve 280° C’de ızgarada pişirilen dana etlerinde HAA oluşumuna ilişkin çalışma sonuçlarını yorumlarken; etin pişirilmesi esnasında et yüzeyinde oluşan AIA’ların polar bileşikler olduğunu ve polar HAA’ların etin iç kısımlarına doğru nüfuz edebildiğini, iç kısımlarda merkez sıcaklığının düşük olmasının bu bileşikleri termal dekompozisyona (parçalanmaya) karşı koruduğunu, dahası ısı işlemin ilk dakikalarında AIA’ların hızla oluştuğunu ve ilerleyen dakikalarda bu bileşiklerde parçalanma ile birlikte azalma görüldüğünü, pişirme süresinin (10 dk dan kısa) kısa olması durumunda ilk dakikalarda katalizlenen HAA’ların kısa pişirme süresi dolayısıyla termal parçalanması için yeterli zaman olmadığını rapor etmiştir.

Et dönerlerde toplam HAA içeriğinin tamamına AIA grubu bileşikler etki etmiştir. Oluşan bileşikler, dönerlerin pişirme prosesi gereğince sıcaklığın en yüksek olduğu yer olan etin yüzeyinde oluşmaktadır. Et dönerlerde toplam HAA içeriğinde pişirme süresine bağlı olarak artış görülmesi; Szterk (2015) tarafından rapor edilen görüş paralelinde, etin pişirilmesi esnasında et yüzeyinde oluşan polar AIA’ların, etin iç kısımlarına doğru nüfuz edebilmesi ve iç kısımlarda merkez sıcaklığının düşük olması ile bu bileşiklerin termal dekompozisyona (parçalanmaya) karşı korunması ayrıca, döner üretim prosesi gereği uygulanan pişirme süresinin kısa olması yüzünden pişirmenin ilk dakikalarında oluşan HAA’ların parçalanmaması olarak açıklanabilir.

Sonuç olarak, et-yaprak ve et-karışım dönerlerde hem gazlı hem de elektrikli ocakta pişirme sonucunda pişirme süresinin artmasına bağlı olarak toplam HAA miktarında artış görülmüş yanı sıra, HAA’ların miktarları ve çeşitliliği de pişirme ile artmıştır (Şekil 4.13). Örneğin, gazlı ocakta az pişmiş yaprak dönerlerde toplam HAA’yı iki bileşik oluştururken (IQ, 4,8-DiMeIQx) çok pişmiş dönerlerde toplam HAA’ya altı



Şekil 4.13 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerde oluşan HAA'ların bileşik bazında dağılımı

bileşiğin etki ettiği görülmüştür (IQ, 4,8-DiMeIQx, IQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, PhIP) veya elektrikli ocakta pişmiş karışım dönerlerde az pişirme süresinde sadece iki bileşik miktarsal düzeyde oluşmuş iken (IQ, 4,8-DiMeIQx) çok pişirme süresinde bu sayı yediye çıkmıştır (IQ, IQx, MeIQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx, PhIP).

Bu sonuç, literatürde HAA miktarının sıcaklık x süre ilişkisine paralel olarak artış göstermesine bağlı HAA çeşitliliğinin de arttığını rapor eden araştırmalar (Kataoka vd. 2012; Szterk 2015) ile uyum göstermektedir.

4.2.4.5 Tavuk dönerlerin toplam HAA miktarı ve HAA'ların (%) dağılımları

Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk-yaprak ve tavuk-karışım dönerlerin hesaplanan toplam HAA içeriğine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.35'de verilmiştir.

Araştırmada tavuk dönerlerde toplam HAA içeriğinin 0,407-4,962 ng/g arasında değişim gösterdiği görülmüştür. En düşük toplam HAA içeriği, yaprak dönerlerde gazlı ocakta az pişmiş örneklerde gözlenmişken en yüksek toplam HAA içeriği ise karışım

Çizelge 4.35 Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin toplam HAA miktarları (ng/g) (n=4)

Döner Tipi		Yaprak		Karışım	
Pişirme Yöntemi		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
Toplam HAA (ng/g)	Az	0,407±0,032 ^{Bb}	0,509±0,119 ^B	1,376±0,063 ^{Ba}	0,720±0,117 ^B
	Orta	2,263±0,177 ^{Ax}	0,991±0,147 ^{By}	2,833±1,00 ^{Bx}	0,864±0,050 ^{By}
	Çok	3,825±0,273 ^A	2,496±0,189 ^A	4,962±1,23 ^A	2,827±1,80 ^A

A-B: Aynı döner tipi ve pişirme yönteminde pişirme süreleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

a-b: Aynı pişirme yönteminde ve pişirme süresinde döner tipleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

x-y: Aynı döner tipi ve pişirme süresinde pişirme yöntemleri arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

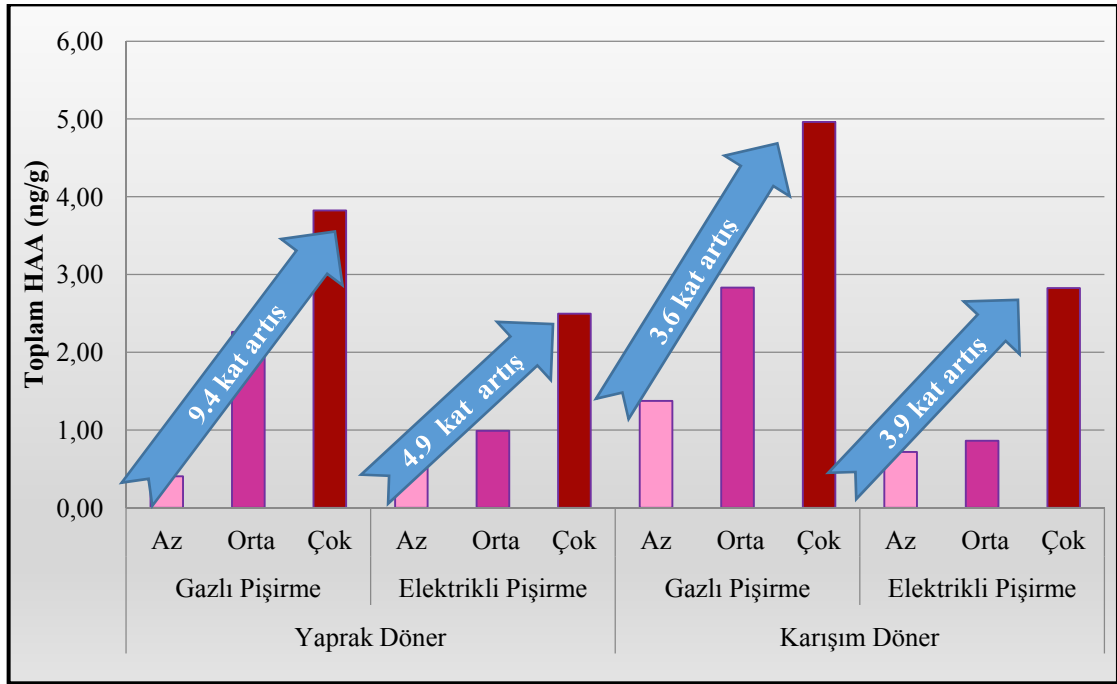
Ortalama±Standart hata

dönerlerde gazlı ocakta çok pişmiş grupta tespit edilmiştir. Yanı sıra, tavuk-yaprak ve tavuk-karışım dönerlerde toplam HAA miktarına farklı pişirme yöntemleri ile farklı pişirme sürelerinin etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Yaprak dönerlerde gazlı ocakta pişirme sonucunda toplam HAA içeriği az pişirme süresinde 0,407 ng/g olarak tespit edilmişken bu değer orta pişirme süresinde 2,263 ng/g'ye çok pişirme süresinde ise 3,825 ng/g'ye yükselmiştir (p<0,05). Toplam HAA miktarında pişirme ile birlikte 9,4 kat artış görülmüştür. Elektrikli ocakta pişirilen yaprak dönerlerde az pişirme süresinde 0,509 ng/g olan toplam HAA miktarı orta pişirme süresinde 0,991 ng/g'ye ve çok pişirme süresinde 2,496 ng/g'ye yükselmiştir (4.9 kat artış). Et-yaprak dönerlerde her iki pişirme yönteminde de toplam HAA miktarında pişirme süresine bağlı artış gözlenmiş ve bu artışlar istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Karışım dönerlerin toplam HAA miktarı incelendiğinde ise gazlı ocakta az pişirme süresinde 1,376 ng/g olan toplam HAA miktarı, orta pişirme süresinde 2,833 ng/g'a ve çok pişirme süresinde ise 4,962 ng/g'ye yükselmiştir. Elektrikli ocakta pişirmede az pişirme süresinde 0,720 ng/g olan toplam HAA içeriği orta pişirme süresinde 0,864 ng/g'a; çok pişirme süresinde ise 2,827 ng/g'a yükselmiştir. Et- karışım

dönerlerde pişirme süresindeki artışla bağlantılı olarak, gazlı ocakta pişirme sonucunda toplam HAA miktarında yaklaşık 3,6 kat; elektrikli ocakta pişirme sonucunda ise yaklaşık 4 kat artış görülmüş ve her iki pişirme yönteminde de görülen bu artışlar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Bütün gruplarda en yüksek toplam HAA miktarları çok pişmiş dönerlerde tespit edilmiştir. Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin toplam HAA miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri Şekil 4.14’de verilmiştir.



Şekil 4.14 Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin toplam HAA miktarında pişirmeye bağlı olarak görülen değişim düzeyleri

Tavuk döner tipleri arasındaki farklılığın toplam HAA miktarına etkisi incelendiğinde, hemen hemen bütün gruplarda karışım dönerlerin yaprak dönerlerden daha yüksek toplam HAA içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Ancak yalnızca gazlı ocakta az pişmiş karışım dönerler (1,376 ng/g) ile yaprak dönerler (0,407 ng/g) arasında görülen fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Tavuk dönerlerde toplam HAA’ya pişirme yöntemlerinin etkisi incelendiğinde ise hem karışım hem de yaprak dönerlerde orta pişirme süresinde gazlı ocakta pişirme sonucunda elektrikli ocakta pişirmeye göre daha yüksek HAA oluşumu gözlenmiştir

($p < 0,05$). Gazlı ocakta pişmiş yaprak dönerlerde toplam HAA miktarı 2,263 ng/g iken elektrikli ocakta pişmiş dönerlerde 0,991 ng/g; karışım dönerlerde ise gazlı ocakta pişirme sonucunda 2,833 ng/g olan toplam HAA miktarı elektrikli ocakta pişirme sonucunda 0,864 ng/g olarak tespit edilmiştir.

Salmon vd. (2006) tarafından Singapur'da yapılan ve ev koşullarında (190°C 'de yaklaşık 7 dk) yürütülen çalışmada tavada kızartılan tavuk örneklerinin toplam HAA içeriği 2,75 ng/g olarak rapor edilmiştir. Toplam HAA'ya etki eden analizi yapılan bileşikler MeIQx, PhIP, 4,8-DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx ve IFP olup toplam HAA'ya en fazla etki eden bileşik ise PhIP olmuştur (2,37 ng/g).

Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerde oluşan toplam HAA miktarına etki eden bileşiklerin dağılımı Çizelge 4.36'da verilmiştir. Çizelgeye göre, gazlı ocakta pişmiş tavuk-yaprak dönerlerde; az pişirme süresinde 0,407 ng/g olan toplam HAA'nın % 49,6'ünü PhIP bileşiği, % 14,99'unu MeIQx bileşiği, % 14,74'ünü 7,8-DiMeIQx bileşiği, % 11,30'unu 4,8-DiMeIQx bileşiği ve % 9,34'ünü IQ bileşiği oluşturmuştur. IQx, MeIQx ve AαC bileşikleri tayin sınırının altında, MeAαC bileşiği ise belirleme sınırının altında bulunmuştur.

Orta pişirme süresinde 2,263 ng/g olan toplam HAA'yı ağırlıklı olarak % 72,69 ile 4,8-DiMeIQx bileşiği ve % 13,96 ile PhIP bileşiği oluşturmuştur. Yanı sıra, MeIQx (% 5,66), 7,8-DiMeIQx (% 4,11) ve IQ (% 3,58) bileşikleri de etki etmiştir. Az pişmiş dönerlerde olduğu gibi IQx, MeIQx ve AαC bileşikleri tayin sınırının altında, MeAαC bileşiği ise belirleme sınırının altında bulunmuştur. Çok pişirme süresine ilişkin dağılımlar incelendiğinde; toplam HAA ya MeAαC bileşiği dışında bütün bileşiklerin etki ettiği görülmüştür. En fazla oluşan bileşikler % 59,63 ile 4,8-DiMeIQx bileşiği, % 13,07 ile MeIQx bileşiği, % 8,86 ile PhIP bileşiği ve % 6,07 ile IQ bileşiği olmuştur. Bunların dışında 7,8-DiMeIQx bileşiği, MeIQ bileşiği, IQx bileşiği ve AαC bileşiği de düşük miktarlarda da olsa oluşmuştur.

Çizelge 4.36 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerde oluşan toplam HAA'ların bileşik bazında dağılımı (%)

			HAA Bileşikleri (ng/g)								
Döner Tipi	Piştirme Yöntemi	Piştirme Süresi	IQ	IQx	MeIQ	MeIQx	7,8-DiMeIQx	4,8-DiMeIOx	PhIP	AaC	MeAaC
Yaprak Döner	Gazlı Piştirme	Az Piştirmiş	0,038 ^{±0,009} (% 9,34)	<ts	0,061 ^{±0,007} (% 14,99)	<ts	0,060 ^{±0,013} (% 14,74)	0,046 ^{±0,021} (% 11,30)	0,202 ^{±0,054} (% 49,63)	<ts	<bs
		Orta Piştirmiş	0,081 ^{±0,052} (% 3,58)	<ts	0,128 ^{±0,081} (% 5,66)	<ts	0,093 ^{±0,034} (% 4,11)	1,645 ^{±0,966} (% 72,69)	0,316 ^{±0,190} (% 13,96)	<ts	<bs
		Çok Piştirmiş	0,232 ^{±0,006} (% 6,07)	0,087 ^{±0,039} (% 2,28)	0,500 ^{±0,086} (% 13,07)	0,114 ^{±0,033} (% 2,98)	0,195 ^{±0,041} (% 5,10)	2,281 ^{±0,283} (% 59,63)	0,339 ^{±0,042} (% 8,86)	0,077 ^{±0,006} (% 2,01)	<bs
	Elektrikli Piştirme	Az Piştirmiş	<ts	<bs	0,109 ^{±0,040} (% 21,42)	<ts	0,052 ^{±0,014} (% 10,22)	0,166 ^{±0,034} (% 32,61)	0,140 ^{±0,114} (% 27,51)	0,042 ^{±0,030} (% 8,25)	<bs
		Orta Piştirmiş	0,063 ^{±0,010} (% 6,36)	<ts	0,210 ^{±0,034} (% 21,19)	<ts	0,134 ^{±0,011} (% 13,52)	0,459 ^{±0,171} (% 46,32)	0,125 ^{±0,009} (% 12,61)	<ts	<bs
		Çok Piştirmiş	0,151 ^{±0,060} (% 6,05)	0,034 ^{±0,024} (% 1,36)	0,251 ^{±0,076} (% 10,06)	<ts	0,092 ^{±0,016} (% 3,69)	1,380 ^{±1,360} (% 55,29)	0,541 ^{±0,353} (% 21,68)	0,047 ^{±0,035} (% 1,88)	<bs
Karışım Döner	Gazlı Piştirme	Az Piştirmiş	0,186 ^{±0,069} (% 13,52)	<ts	0,120 ^{±0,072} (% 8,72)	<ts	0,093 ^{±0,006} (% 6,76)	0,887 ^{±0,069} (% 64,46)	0,090 ^{±0,065} (% 6,54)	<ts	<bs
		Orta Piştirmiş	0,171 ^{±0,152} (% 6,04)	0,019 ^{±0,001} (% 0,67)	0,232 ^{±0,120} (% 8,19)	<ts	0,133 ^{±0,114} (% 4,69)	1,850 ^{±1,760} (% 65,30)	0,428 ^{±0,025} (% 15,11)	<ts	<bs
		Çok Piştirmiş	0,259 ^{±0,036} (% 5,22)	0,044 ^{±0,007} (% 0,89)	0,431 ^{±0,026} (% 8,69)	0,128 ^{±0,006} (% 2,58)	0,256 ^{±0,034} (% 5,16)	3,330 ^{±1,190} (% 67,11)	0,420 ^{±0,053} (% 8,46)	0,094 ^{±0,039} (% 1,89)	<bs
	Elektrikli Piştirme	Az Piştirmiş	0,045 ^{±0,026} (% 6,25)	<ts	0,175 ^{±0,017} (% 24,31)	<ts	0,035 ^{±0,013} (% 4,86)	0,298 ^{±0,067} (% 41,39)	0,167 ^{±0,005} (% 23,19)	<bs	<bs
		Orta Piştirmiş	0,063 ^{±0,015} (% 7,29)	<ts	0,161 ^{±0,057} (% 18,63)	<ts	0,072 ^{±0,030} (% 8,33)	0,376 ^{±0,171} (% 43,52)	0,192 ^{±0,050} (% 22,22)	<bs	<bs
		Çok Piştirmiş	0,357 ^{±0,220} (% 12,63)	0,085 ^{±0,065} (% 3,01)	0,655 ^{±0,490} (% 23,17)	<ts	0,076 ^{±0,001} (% 2,69)	1,312 ^{±0,821} (% 46,41)	0,342 ^{±0,205} (% 12,10)	<bs	<bs

bs: belirlenme sınırı, ts:tayin sınırı

Oluşan bileşiklerin % dağılımı incelendiğinde; 4,8-DiMeIQx bileşiğinin, % 11,30-72,69 arasında; IQ bileşiğinin % 3,58-9,34 arasında; PhIP bileşiğinin % 8,86-49,63 arasında; 7,8-DiMeIQx bileşiğinin % 4,11-14,74 arasında; MeIQx bileşiğinin % 5,66-14,99 arasında değişen oranlarda olduğu görülmüştür. Ayrıca IQx, MeIQ ve AαC bileşikleri sadece çok pişmiş dönerlerde oluşmuştur. En yüksek HAA miktarları çok pişirme süresinde; 4,8-DiMeIQx bileşiğinde (2,281 ng/g), MeIQx bileşiğinde (0,500 ng/g), PhIP bileşiğinde (0,339 ng/g) ve IQ bileşiğinde (0,232 ng/g) tespit edilmiştir.

Çizelgeye göre, elektrikli ocakta pişmiş tavuk-yaprak dönerlerde; az pişirme süresinde 0,509 ng/g olan toplam HAA'yı oluşturan bileşikler % 32,61 ile 4,8-DiMeIQx, % 27,51 ile PhIP, % 21,42 ile MeIQx, % 10,22 ile 7,8-DiMeIQx ve % 8,25 ile AαC bileşikleri olmuştur. IQ, IQx, MeIQx ve MeAαC bileşikleri tayin sınırı veya belirleme sınırının altında bulunmuştur. Orta pişirme süresinde toplam HAA'yı (0,991 ng/g) % 46,32 ile 4,8-DiMeIQx, % 21,19 ile MeIQx, % 13,52 ile 7,8-DiMeIQx, % 12,61 ile PhIP ve % 6,36 ile IQ bileşikleri oluşturmuştur. IQ, MeIQx ve AαC bileşikleri tayin sınırının altında MeAαC ise belirleme sınırının altında bulunmuştur. Çok pişirme süresinde MeIQx ve MeAαC bileşikleri dışında bütün bileşikler miktar düzeyinde oluşmuştur. Bunlardan toplam HAA'ya (2,496 ng/g) en fazla etki eden bileşikler % 55,29 ile 4,8-DiMeIQx, % 21,68 ile PhIP ve % 10,06 ile MeIQx bileşikleri olmuştur. Bunların dışında IQ, toplam HAA'nın % 6,05'ini, 7,8-DiMeIQx % 3,69'unu, AαC % 1,88'ini ve IQx bileşiği toplam HAA'nın % 1,36'sını oluşturmuştur.

Oluşan bileşiklerin toplam HAA'lar içerisindeki oranları incelendiğinde, 4,8-DiMeIQx bileşiğinin, % 32,61-55,29 arasında; IQ bileşiğinin % 6,05-6,36 arasında; MeIQx bileşiğinin % 10,06-21,42 arasında; 7,8-DiMeIQx bileşiğinin % 3,69-13,52 arasında; PhIP bileşiğinin % 12,61-27,51 arasında ve AαC bileşiğinin % 1,88-8,25 arasında değişen oranlarda olduğu görülmüştür. Ayrıca IQx, bileşiği sadece çok pişmiş dönerlerde oluşmuş, MeIQx bileşiği ise elektrikli pişirme uygulanan bütün gruplarda tayin sınırının altında oluşmuştur. En yüksek HAA miktarları, çok pişmiş dönerlerde 4,8-DiMeIQx bileşiğinde (1,380 ng/g), PhIP bileşiğinde (0,541 ng/g), MeIQx bileşiğinde (0,251 ng/g) ve IQ bileşiğinde (0,151 ng/g) tespit edilmiştir.

Tavuk-karışım dönerlerin toplam HAA miktarına etki eden bileşikler incelendiğinde (Çizelge 4.36), gazlı ocakta pişmiş tavuk-karışım dönerlerde; az pişirme süresinde toplam HAA'yı 4,8-DiMeIQx (0,887 ng/g), IQ (0,186 ng/g), MeIQ (0,120 ng/g), 7,8-DiMeIQx (0,093 ng/g) ve PhIP (0,090 ng/g) bileşikleri oluşturmaktadır. 4,8-DiMeIQx bileşiği toplam HAA'nın % 64,46'sını IQ ise % 13,52'sini oluşturmuştur. IQx, MeIQx ve AαC bileşikleri tayin sınırının altında, MeAαC ise belirleme sınırının altında tespit edilmiştir. Orta pişirme süresinde 4,8-DiMeIQx (1,850 ng/g), PhIP (0,428 ng/g) ve MeIQ (0,232 ng/g) bileşikleri toplam HAA'ya en fazla etki eden üç bileşik olmuştur. Bu bileşikler toplam HAA'nın sırasıyla % 65,30'unu, % 15,11'ini ve % 8,19'unu kısaca yaklaşık % 90'nını oluşturmuştur. MeIQx ve AαC bileşikleri tayin sınırının altında, MeAαC ise belirleme sınırının altında tespit edilmiştir. Çok pişirme süresinde gazlı ocakta pişmiş tavuk-karışım dönerlerde MeAαC bileşiği dışında bütün bileşikler toplam HAA'ya etki etmiştir. En fazla miktarda oluşan bileşikler, 4,8-DiMeIQx bileşiği (3,330 ng/g), MeIQ (0,431 ng/g) ve PhIP (0,420 ng/g) bileşikleri olmuş bunları 7,8-DiMeIQx bileşiği (0,256 ng/g) ve IQ (0,259 ng/g) bileşiği takip etmiştir. Bu bileşikler toplam HAA'nın % 95'ini oluşturmuştur.

Oluşan bileşiklerin % dağılımı incelendiğinde; en yüksek miktarlarda oluşan bileşiğin 4,8-DiMeIQx olduğu ve gazlı ocakta pişmiş tavuk-karışım dönerlerde % 64,46-67,11 arasında değişen oranlarda değiştiği gözlenmiştir. Bunlara ilaveten, IQ bileşiğinin % 5,22-13,52 arasında; PhIP bileşiğinin % 6,54-15,11 arasında değişen oranlarda olduğu görülmüştür.

Elektrikli ocakta pişmiş tavuk-karışım dönerler incelendiğinde; az pişirme süresinde toplam HAA'yı en fazla 4,8-DiMeIQx, MeIQ ve PhIP bileşikleri oluşturmuştur. 4,8-DiMeIQx bileşiği toplam HAA'nın (0,720 ng/g) % 41,39'unu MeIQ % 24,31'ini ve PhIP bileşiği % 23,19'unu oluşturmuştur. IQx ve MeIQx bileşikleri tayin sınırının altında, AαC ve MeAαC ise belirleme sınırının altında tespit edilmiştir.

Orta pişirme süresinde 4,8-DiMeIQx bileşiği, PhIP bileşiği ve MeIQ bileşikleri toplam HAA'ya en fazla etki eden üç bileşik olmuştur. Bu bileşikler toplam HAA'nın sırasıyla % 43,52'sini, % 22,22'sini ve % 18,63'ünü kısaca yaklaşık % 85'ini oluşturmuştur. IQx ve MeIQx bileşikleri tayin sınırının altında, AαC ve MeAαC ise belirleme sınırının

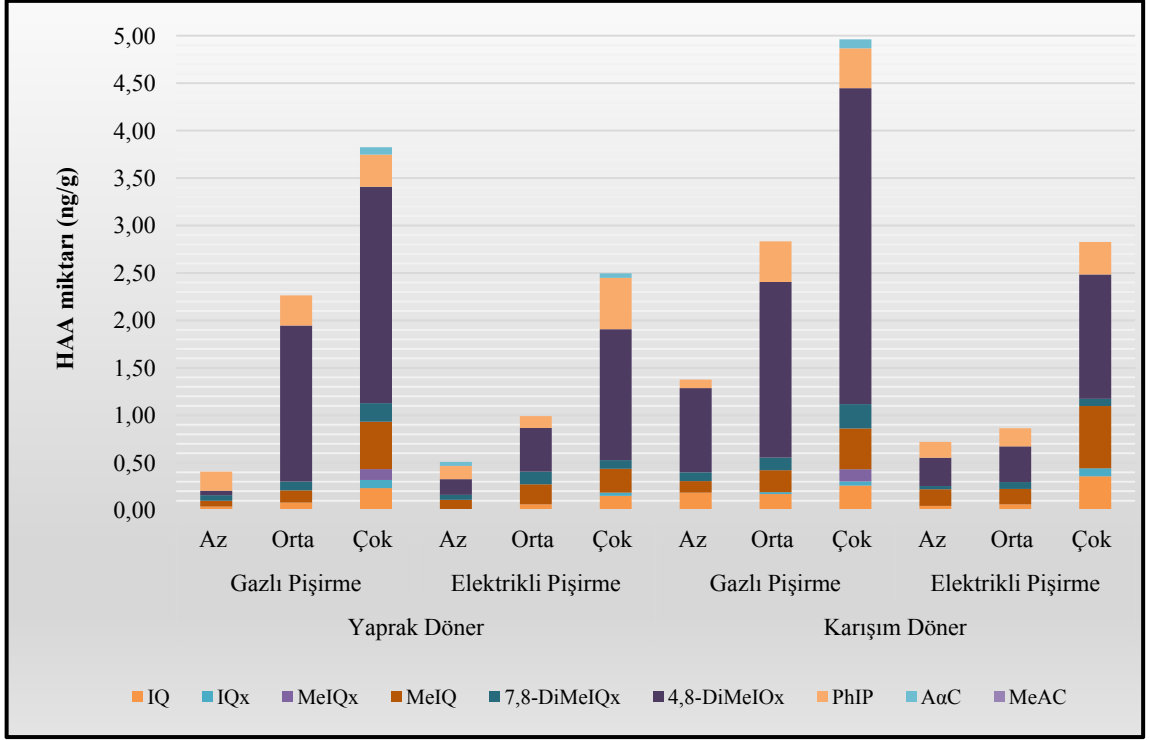
altında tespit edilmiştir. Çok pişirme süresinde pişmiş dönerlerde en fazla miktarda oluşan bileşikler, 4,8-DiMeIQx bileşiği (1,312 ng/g), MeIQ (0,655 ng/g), IQ (0,357 ng/g) ve PhIP (0,342 ng/g) bileşikleri olmuş bunları 7,8-DiMeIQx bileşiği (0,076 ng/g) ve IQx (0,085 ng/g) bileşiği takip etmiştir. Bununla birlikte, MeIQx tayin sınırının altında MeAαC ve AαC bileşikleri ise belirleme sınırının altında bulunmuştur.

Oluşan bileşiklerin % dağılımı incelendiğinde; en fazla miktarda oluşan bileşikler olan 4,8-DiMeIQx bileşiğinin, % 41,36-46,41 arasında; PhIP bileşiğinin % 12,10-23,19 arasında ve MeIQ bileşiğinin % 18,63-24,31 arasında değişen oranlarda olduğu görülmüştür. MeIQx bileşiği elektrikli ocakta pişmiş bütün gruplarda tayin sınırının altında, MeAαC ve AαC bileşikleri ise belirleme sınırının altında bulunmuştur. En yüksek HAA miktarları ise çok pişirme süresinde; 4,8-DiMeIQx bileşiğinde (1,312 ng/g), MeIQ bileşiğinde (0,655 ng/g), IQ bileşiğinde (0,357 ng/g) ve PhIP bileşiğinde (0,342 ng/g) tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, tavuk-yaprak ve tavuk-karışım dönerlerde hem gazlı hem de elektrikli ocakta pişirme sonucunda pişirme süresinin artmasına bağlı olarak toplam HAA miktarında artış görülmüş yanı sıra, HAA'ların miktarları ve çeşitliliği de pişirme ile artmıştır (Şekil 4.15).

Örneğin, gazlı ocakta az pişmiş yaprak dönerlerde toplam HAA'yı beş bileşik oluştururken (IQ, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP) çok pişmiş tavuk-yaprak dönerlerde toplam HAA'ya sekiz bileşiğin etki ettiği görülmüştür (IQ, IQx, MeIQ, MeIQx, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AαC). Bu sonuç, literatürde HAA miktarının sıcaklık x süre ilişkisine paralel olarak artış göstermesine bağlı HAA çeşitliliğinin de arttığını rapor eden araştırmalar (Kataoka vd. 2012; Szterk 2015) ile uyum göstermektedir.

Yapılan araştırmalarda, tavuk ürünlerinin pişirilmesi sonucunda, HAA bileşiklerinin dağılımı içinde en yaygın ve yüksek miktarlarda oluşan bileşiğin PhIP bileşiği olduğunu bunu 4,8-DiMeIQx ve MeIQ bileşiklerinin izlediğini olduğunu rapor eden çalışmalar mevcuttur (Sinha vd. 1995; Skog and Solyakov 2002; Viegas vd. 2012).



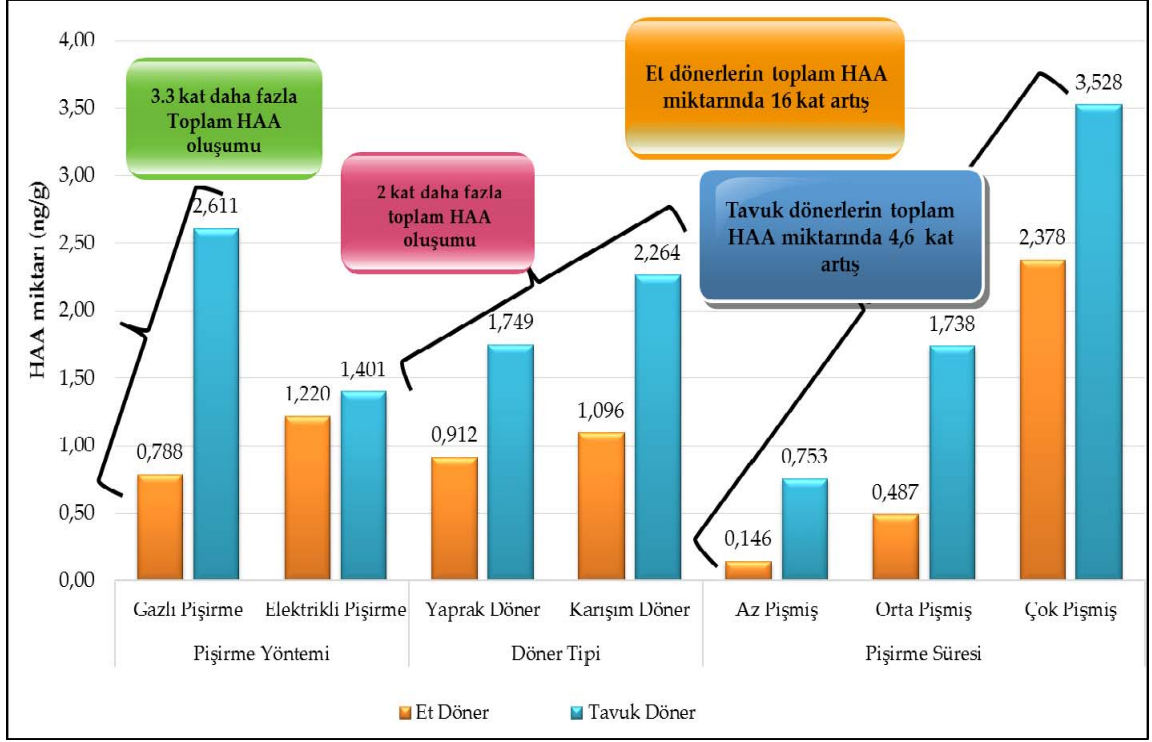
Şekil 4.15 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerde oluşan HAA'ların bileşik bazında dağılımı

Çizelge 4.36'dan görüleceği üzere her iki döner tipinde ve farklı piştirme yöntemlerinde pişirilen tavuk dönerlerde en yüksek miktarlarda oluşan üç temel bileşik PhIP, 4,8-DiMeIQx ve MeIQ bileşikleridir.

4.2.4.6 Piştirme yöntemi, döner tipi ve piştirme sürelerinin et ve tavuk dönerlerin HAA içeriğine etkisi

Toplam HAA verileri üzerinden, et ve tavuk dönerlerin HAA içeriğine piştirme yöntemi, döner tipi ve piştirme sürelerinin etkisi değerlendirildiğinde elde edilen grafik Şekil 4.16'da verilmiştir.

Buna göre, piştirme yöntemleri açısından incelendiğinde; et dönerlerde elektrikli ocakta piştirme sonucunda 1,220 ng/g, gazlı ocakta ise 0,788 ng/g HAA oluşumu gözlenmiştir. Tavuk dönerlerde bu durum elektrikli ocakta piştirme ile 1,401 ng/g, gazlı ocakta piştirme ile ise 2,611 ng/g olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.16 Piştirme yöntemi, döner tipi ve piştirme süresinin et ve tavuk dönerlerin HAA içeriğine etkisi

Sonuç olarak, elektrikli ocakta pişirilmiş et ve tavuk dönerlerin HAA içeriklerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür (1,220 ng/g ve 1,401 ng/g). Bununla birlikte gazlı ocakta pişmiş tavuk dönerlerde (2,611 ng/g) et dönerlerden (0,788 ng/g) 3.3 kat daha fazla HAA oluşumu tespit edilmiştir.

Döner tipine göre değerlendirme yapıldığında; et- yaprak dönerlerin HAA içeriği 0,912 ng/g iken et-karışım dönerlerin ise 1,096 ng/g olarak, tavuk-yaprak dönerlerin HAA içeriği ise 1,749 ng/g iken tavuk-karışım dönerlerin HAA miktarı 2,264 ng/g olarak belirlenmiştir. Tespit edilen değerlerden de görüleceği üzere, tavuk dönerlerde (hem yaprak hem de karışım dönerlerde) et dönerlerden 2 kat daha fazla HAA oluşumu gözlenmiştir.

Piştirme süresine göre değerlendirme yapıldığında, hem et hem de tavuk dönerlerde HAA miktarının piştirme süresine bağlı olarak arttığı görülmüştür. Et dönerlerde az piştirme süresinde HAA miktarı 0,146 ng/g; orta piştirme süresinde 0,487 ng/g ve çok piştirme süresinde 2,378 ng/g olarak belirlenmiştir. Pişirmeye bağlı olarak et dönerlerin

HAA miktarında yaklaşık 16 kat artış görülmüştür. Tavuk dönerlerde ise pişirme ile tespit edilen değerler sırasıyla 0,753 ng/g, 1,738 ng/g ve 3,528 ng/g olarak kaydedilmiştir. Pişirmeye bağlı olarak HAA içeriğinde yaklaşık 4.6 kat artış görülmüştür.

Her ne kadar pişirme ile et dönerlerin toplam HAA miktarında 16 kat, tavuk dönerlerde 4.6 kat artış görülse de bütün pişirme sürelerinde en yüksek toplam HAA değerlerini tavuk dönerlerin aldığı tespit edilmiştir.

4.2.5 L*, a*, b* renk değerleri

Farklı pişirme yöntemleri ve pişirme sürelerinde pişirilen tavuk dönerlerin (yaprak, karışım) renk değişimleri CIE L* (açıklık), a* (kırmızılık) ve b* (sarılık) değerleri ölçülerek belirlenmiştir.

4.2.5.1 Et Dönerlerin L*, a*, b* renk değerleri

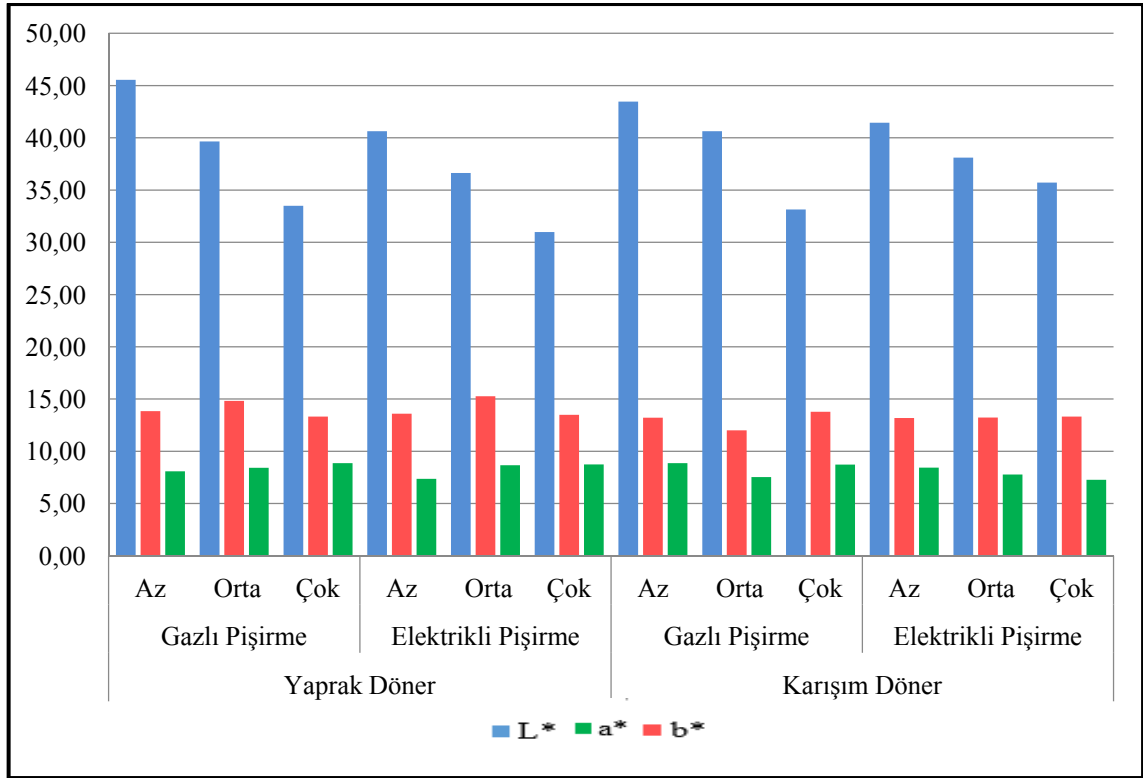
Et dönerlerin renk değerlerine ilişkin grafik Şekil 4.17'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi tavuk dönerlerin L*, a*, b* renk değerleri sırasıyla 30,99-45,55, 7,2-8,86 ve 12,87-15,27 aralığında değişim göstermiştir.

Et dönerlerde pişirme süresine bağlı olarak L* değerinde azalma gözlenmiş ve bu değişim istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$) (Şekil 4.17). Buna göre, et dönerlerde az pişirme süresinde 41,94 olan L* değeri, orta pişirme süresinde 39,59'e; çok pişirme süresinde ise 33,33'e düşmüştür ($p < 0,05$). Bu durum pişirmeye bağlı olarak et yüzeyinde parlaklığın azalması, rengin koyulaşması olarak açıklanabilir. Bununla birlikte, döner tipi ve pişirme yöntemlerinin farklı olmasının L* değeri üzerinde istatistik olarak önemli bir etkisi olmamıştır ($p > 0,05$).

Yapılan araştırmada et dönerlerde L* (açıklık) değerinin 30,99-45,55 arasında değişen değerler aldığı görülmüştür. En düşük L* değeri yaprak dönerlerde elektrikli ocakta çok pişmiş grupta ölçülmüş, en yüksek L* değeri ise yaprak dönerlerde gazlı ocakta az pişmiş dönerlerde tespit edilmiştir.

Şekil 4.17'de et dönerlerde a^* (kırmızılık) değerine ilişkin sonuçlar görülmektedir. Et dönerlerde a^* değerinin 7,28-8,86 arasında değişen değerler aldığı görülmüştür. En düşük a^* değeri karışım dönerlerde elektrikli ocakta çok pişmiş grupta ölçülmüş, en yüksek a^* değeri ise yaprak dönerlerde gazlı ocakta çok pişmiş dönerlerde ve karışım dönerlerde gazlı ocakta az pişmiş dönerlerde tespit edilmiştir.

Yapılan araştırmada et dönerlerde b^* (sarılık) değerinin 12,87-15,27 arasında değişen değerler aldığı görülmüştür (Şekil 4.17) En düşük b^* değeri karışım dönerlerde gazlı ocakta orta pişmiş grupta ölçülmüş, en yüksek b^* değeri ise yaprak dönerlerde elektrikli ocakta orta pişmiş dönerlerde tespit edilmiştir. b^* değeri açısından pişirme sürelerine bağlı değişim hiçbir grupta istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).

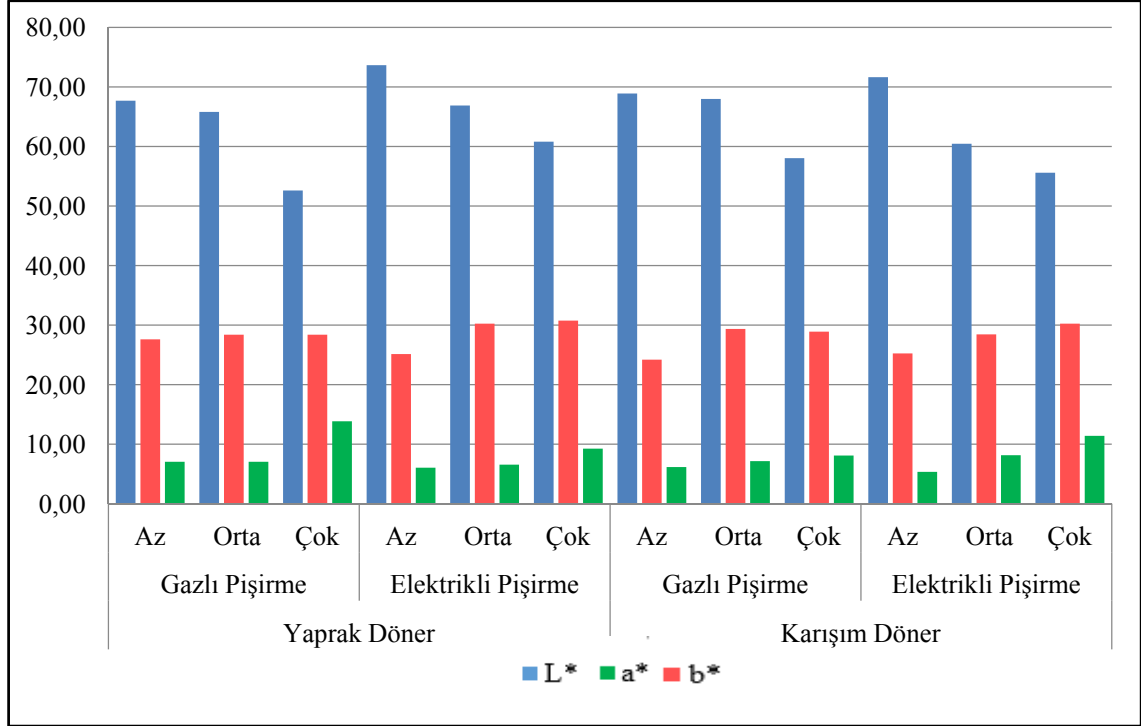


Şekil 4.17 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin L^* , a^* ve b^* renk değerleri ($n=4$)

Literatür verileri ile karşılaştırıldığında et dönerlerin L^* , a^* , b^* değerleri Kılıç (2003) tarafından rapor edilen değerlerden düşük kalmış ancak Bingöl vd (2013) tarafından yapılan çalışmada rapor edilen sonuçlarla uyum göstermiştir.

4.2.5.2 Tavuk Dönerlerin L^* , a^* , b^* renk değerleri

Tavuk dönerlerin renk değerlerine ilişkin grafik Şekil 4.18’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi tavuk dönerlerin L^* , a^* , b^* renk değerleri 52,60-73,65, 5,35-13,85 ve 24,20-30,75 aralığında değişim göstermiştir.



Şekil 4.18 Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin L^* , a^* ve b^* renk değerleri (n=4)

Pişirme süresine bağlı olarak L^* değerinde azalma gözlenmiş ve bu değişim istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$) (Şekil 4.18). Buna göre, tavuk dönerlerde az pişirme süresinde 70,49 olan L^* değeri, orta pişirme süresinde 64,05’e; çok pişirme süresinde ise 57,98’e düşmüştür ($p < 0,05$). Bu durum pişirmeye bağlı olarak et yüzeyinde parlaklığın azalması, rengin koyulaşması olarak açıklanabilir. Bununla birlikte, döner tipi ve pişirme yöntemlerinin farklı olmasının L^* değeri üzerinde istatistik olarak önemli bir etkisi olmamıştır ($p > 0,05$).

En düşük L^* değeri yaprak dönerlerde gazlı ocakta çok pişmiş grupta (52,60) ölçülmüş, en yüksek L^* değeri ise yine yaprak dönerlerde elektrikli ocakta az pişmiş dönerlerde (73,65) tespit edilmiştir.

Şekil 4.18’de tavuk dönerlerde a^* (kırmızılık) değerine ilişkin sonuçlar görülmektedir. En düşük a^* değeri karışım dönerlerde elektrikli ocakta az pişmiş grupta (5,35) ölçülmüş, en yüksek a^* değeri ise yaprak dönerlerde gazlı ocakta çok pişmiş dönerlerde (13,85) tespit edilmiştir. Farklı döner tipleri ile farklı pişirme yöntemleri ve pişirme sürelerinin a^* değeri üzerine etkisi hiçbir grupta istatistik olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).

Yapılan araştırmada tavuk dönerlerde b^* (sarılık) değerinin 24,20-30,75 arasında değişen değerler aldığı görülmüştür (Şekil 4.18). En düşük b^* değeri karışım dönerlerde gazlı ocakta az pişmiş grupta ölçülmüş, en yüksek b^* değeri ise yaprak dönerlerde elektrikli ocakta çok pişmiş dönerlerde tespit edilmiştir.

Pişirme süresine bağlı olarak b^* değerinde artış gözlenmiş ve bu artış istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Şekil 4.18). Buna göre, az pişirme süresinde ortalama 25,54 olan b^* değeri, orta pişirme süresinde 29,10’a; çok pişirme süresinde ise 29,59’a yükselmiştir. Bu sonuç, pişirme süresine arttıkça tavuk dönerlerde yüzey renginde sarılık düzeyinin artması ile açıklanabilir. Bununla birlikte, döner tipi ve pişirme yöntemlerinin farklı olmasının b^* değeri üzerinde istatistik olarak önemli bir etkisi olmamıştır ($p>0,05$).

Sonuç olarak, tavuk dönerlerde farklı pişirme yöntemleri ile farklı döner tiplerinin renk üzerine bir etkisi olmamış, bununla birlikte pişirme süresinin önemli etkisi olmuştur. Pişirme süresindeki artışa bağlı olarak pişirme yöntemi ve döner tipine bakılmaksızın tavuk dönerler daha koyu, daha kırmızı ve daha sarı bulunmuştur.

4.2.6 Duyusal analiz sonuçları

Stone ve Sidel (1993), duyusal analizi gıdaların beş duyu organı (görme, tatma, dokunma, koklama ve duyma) kullanılarak hissedilmesi, ölçülmesi, analiz edilmesi ve

yorumlanması olarak tanımlamışlardır. Duyusal kalite, et ve et ürünleri için görünüş, aroma, tat ve tekstürel özelliklerin toplamı olarak ifade edilir ve tüketicilerin ürünü kabul edebilirliği açısından oldukça önemli bir parametredir (Deliza ve Gloria 2009; Demirok 2014).

4.2.6.1 Et dönerlerin duyuşal analiz sonuçları

Et-yaprak ve et-karışım dönerlerin iki farklı pişirme yönteminde (gazlı, elektrikli) ve üç farklı pişirme süresinde (az, orta, çok) pişirilmelerinin duyuşal özelliklere etkisini belirlemek amacıyla yürütölen beğeni testi sonuçları Çizelge 4.37’de verilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde, pişirme işlemini takiben duyuşal olarak değerlendirilen et-yaprak ve et-karışım dönerlerde görünüş, renk, koku, lezzet, tekstür ve genel beğeni parametreleri açısından istatistik olarak önemli bir farklılık belirlenmediği görölmüştür ($p>0,05$). Panelistler tarafından et dönerlere verilen puanlar görünüş için 6,38-7,13 renk için 6,13-7,00, koku için 6,50-7,50, lezzet için 5,75-8,00, tekstür için 5,75-7,63 ve genel beğeni için 5,75-7,44 aralığında değişim göstermiştir.

Et dönerler görünüş kriteri açısından değerlendirildiğinde, en düşük puanları hem yaprak hem de karışım dönerlerde, çok pişmiş örnekler alırken, en yüksek puanları çoğunlukla orta pişmiş gruplar almıştır. Buradan duyuşal anlamda tüketicilerin ne az pişmiş ne de çok pişmiş dönerleri tercih etmediği optimum beğeninin orta pişmiş dönerlerde olduğu sonucu çıkarılabilir.

Duyuşal parametrelerde renk kriterinde en düşük puanları yaprak dönerlerde hem gazlı hem de elektrikli ocakta orta ve çok pişmiş dönerler; karışım dönerlerde ise en düşük puanları çok pişmiş dönerler, en yüksek puanları ise az pişmiş dönerler almıştır. Renk açısından tüketiciler, çok pişirme süresinde pişirilmeleri sonucunda koyu renkli görünümde olan ürünleri tercih etmemektedirler.

Et dönerlerde lezzet kriteri için verilen puanlar 5,75-8,00 arasında değişmiştir. En düşük puanlar bütün gruplarda az pişmiş dönerlerde (5,75-7,50), en yüksek puanlar ise orta pişmiş gruplarda (6,63-8,00) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.37 Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş et dönerlerin duyuusal analiz sonuçları (n=4)

	Pişirme Süresi	Yaprak Döner		Karışım Döner	
		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
Görünüş	Az	7,13±0,13	7,25±0,10	7,00±0,25	6,63±0,13
	Orta	7,13±0,13	6,75±0,25	7,13±0,13	6,88±0,38
	Çok	6,88±0,13	6,63±0,63	6,63±0,88	6,38±0,13
Renk	Az	6,63±0,13	7,00±0,25	6,75±0,25	6,88±0,13
	Orta	6,13±0,13	6,63±0,13	6,75±0,10	6,63±0,13
	Çok	6,13±0,63	6,63±0,63	6,13 ±0,63	6,25±0,75
Koku	Az	6,50±0,25	7,13±0,13	6,88±0,63	7,50±0,10
	Orta	7,50±0,50	7,13±0,13	7,50±0,10	7,13±0,63
	Çok	6,50±0,10	7,25±0,25	6,63±0,63	6,88±0,38
Lezzet	Az	5,75±0,50	7,50±0,10	6,75±0,10	6,50±0,75
	Orta	6,69±0,31	8,00±0,25	7,75±0,25	6,63±0,13
	Çok	6,50±0,10	7,88±0,38	7,13±0,63	7,00±0,50
Yapı (Tekstür)	Az	5,88±0,13	6,63±0,13	7,13±0,13	5,88±0,38
	Orta	5,75±0,50	6,75±0,25	7,63±0,13	6,75±0,25
	Çok	6,13±0,38	7,25±0,25	7,00±0,75	6,25±0,50
Genel Beğeni	Az	5,75±0,25	7,19±0,13	6,94±0,19	6,38±0,63
	Orta	6,63±0,38	7,38±0,31	7,44±0,19	6,38±0,13
	Çok	6,56±0,19	7,13±0,13	7,13±0,88	6,75±0,25

Ort±SH: Ortalama±Standart hata

Yani lezzet açısından en tercih edilen, tüketicilere en lezzetli gelen grup, orta pişmiş dönerler olmuştur. Skorlamaya göre orta pişmiş dönerler iyiye yakın (<7) ve çok iyi (8) arasında puanlar almıştır. En yüksek puanı elektrikli ocakta pişmiş yaprak dönerler almıştır (8). Duyusal analize alınan et dönerlerde yapı (tekstür) kriteri açısından değerlendirme yapıldığında, en düşük puanları genel olarak az pişmiş dönerlerin aldığı (5,88-7,13) görülmüştür. Genel beğeni açısından hemen hemen bütün gruplarda en yüksek puanları orta pişmiş dönerler almıştır (6,38-7,44).

Sonuç olarak, farklı et döner tiplerinin, farklı pişirme yöntemlerinde ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmesi tez kapsamında incelenen duyusal özelliklerin geniş aralıkta değişmesine neden olmuştur. Döner tiplerinin, farklı pişirme yöntemlerin ve sürelerinde pişirilmeleri duyusal kriterler arasında istatistik olarak önemli bir fark oluşturmamıştır ($p>0,05$). Bununla birlikte, görünüş, lezzet ve genel beğeni parametreleri ile birlikte düşünüldüğünde panelistler tarafından en yüksek puanı alan dolayısıyla en beğenilen dönerler orta pişmiş dönerler olmuştur. Panelistler az ve çok pişmiş grupları daha az tercih etmişlerdir. Bu açıdan pişirme sürelerinin ürünün kabul edilebilirliğini etkilediği söylenebilir.

Aaslyng vd. (2013) sığır, tavuk ve domuz etlerinin ızgarada pişirilmesi sonucu HAA oluşumu ile duyusal parametrelerden renk değeri arasında ilişkiyi incelemiştir. Buna göre kızartma derecesine bağlı olarak en yüksek HAA içeriği en koyu renk skoruna sahip etlerde tespit edilmiştir. Bütün et türlerinde yüzey rengi ile yüksek korelasyon norharman bileşiminde tespit edilmiştir. Örneklerde en koyu yüzey renginde (en yüksek puanlama skoru 3) en yüksek norharman bileşimi gözlenmiştir.

HAA oluşumunda pişirme sıcaklığının en önemli faktörlerden biri olduğunu rapor eden birçok araştırma mevcuttur (Jagerstad vd. 1998; Skog vd. 1995; Solyakov ve Skog 2002) ve sıcaklığın artmasına bağlı olarak da HAA oluşumu artmaktadır. Aaslyng vd. (2013) çalışmasında yüzey sıcaklığı ve pişirme süresinin etin yüzey rengi için önemli bir gösterge olduğunu ve bu göstergelerin de aynı zamanda HAA oluşumunda da önemli parametreler olduğunu, bundan bahisle de HAA oluşumu ile yüzey rengi arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu rapor etmişlerdir.

Gibis vd. (2015) farklı pişirme süre ve sıcaklıklarında (150-170° C’de 3-6 dk ve 200-220° C’de 2-3 dk.) tavada pişirilen bacon’larda MeIQ_x, PhIP, harman ve norharman bileşiklerinin oluşumunu incelemişler ve sonuçta en yüksek değerleri “yüksek sıcaklık-uzun pişirme süresi” kombinasyonunda tespit etmişlerdir. Yanı sıra, aynı örneklerde renk ve lezzet parametrelerini de duyuşal açıdan değerlendirmişler ve her iki parametre için de en yüksek skorları “yüksek sıcaklık- uzun pişirme süresi” kombinasyonunda pişmiş örnekler almıştır (150-170° C’de 6 dk ve 200-220° C’de 3 dk).

Bektaş (2009) tarafından et dönerlere ilişkin bir çalışmada yapılan duyuşal değerlendirme sonucunda renk, lezzet, tekstür ve genel beğeni parametreleri değerlendirilmiş ve rapor edilen sonuçlar çalışma sonuçlarının bulunduğu aralıkta yer almıştır. Farklı olarak, Gönülalan vd. (2004) ile Bingöl vd. (2003) tarafından et dönerlerde yapılan duyuşal değerlendirme sonuçları çalışma sonuçlarından yüksek bulunmuştur.

4.2.6.2 Tavuk dönerlerin duyuşal analiz sonuçları

Tavuk-yaprak ve tavuk-karışım dönerlerin iki farklı pişirme yönteminde (gazlı, elektrikli) ve üç farklı pişirme süresinde (az, orta, çok) pişirilmelerinin duyuşal özelliklere etkisini belirlemek amacıyla yürütölen beğeni testi sonuçları Çizelge 4.38’de verilmiştir.

Panelistler tarafından tavuk dönerlere verilen puanlar görünüş için 6,50-7,63, renk için 6,13-7,63, koku için 6,44-7,69, lezzet için 5,94-7,50, tekstür için 5,82-7,25 ve genel beğeni için 5,94-7,38 aralığında değişim göstermiştir. Pişirme işlemini takiben duyuşal olarak değerlendirmeye tabi tutulan tavuk-yaprak ve tavuk karışım dönerlerde görünüş, renk, koku, lezzet, tekstür ve genel beğeni parametreleri açısından istatistik olarak önemli bir farklılık olmadığı görölmüştür ($p>0,05$).

Veriler, en düşük ve en yüksek puanlar açısından incelendiğinde, yaprak dönerlerin orta (5) ve çok iyiye yakın (<8) aralığında; karışım dönerlerin ise ortanın üstü (6) ve çok iyiye yakın (<8) aralığında değerlendirildiği görölmektedir.

Çizelge 4.38 Farklı yöntemlerle farklı sürelerde pişirilmiş tavuk dönerlerin duyu analizi sonuçları (n=4)

	Pişirme Süresi	Yaprak Döner		Karışım Döner	
		Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme	Gazlı Pişirme	Elektrikli Pişirme
Görünüş	Az	6,75±0,10	7,13±0,13	7,25±0,10	7,63±0,38
	Orta	7,13±0,13	7,00±0,10	7,62±0,63	7,00±0,25
	Çok	6,50±0,10	6,50±0,25	7,13±0,13	6,88±0,13
Renk	Az	7,50±0,10	7,00±0,25	7,50±0,25	7,63±0,38
	Orta	6,88±0,13	6,63±0,13	7,30±0,50	6,63±0,13
	Çok	6,88±0,13	6,63±0,13	6,88±0,13	6,13±0,38
Koku	Az	6,44±0,69	7,69±0,06	7,00±0,50	7,63±0,13
	Orta	7,38±0,38	6,75±0,50	7,13±0,38	6,63±0,13
	Çok	6,88±0,38	7,32±0,43	7,63±0,13	7,25±0,50
Lezzet	Az	6,50±0,10	5,94±0,19	6,63±0,13	6,32±0,82
	Orta	6,94±0,94	7,50±0,50	6,88±0,88	7,25 ±0,25
	Çok	6,75±0,50	6,51±0,13	6,88±0,13	6,38±0,88
Yapı (Tekstür)	Az	7,25±0,25	7,13±0,63	7,13±0,13	6,75±0,25
	Orta	6,69±0,19	5,82±0,19	6,63±0,63	6,13±0,63
	Çok	6,75±1,00	6,69±0,31	6,75±0,50	6,38±0,63
Genel Beğeni	Az	6,75±0,10	5,94±0,19	6,69±0,06	7,00±0,50
	Orta	7,00±1,00	7,38±0,63	7,19±0,06	6,26±0,63
	Çok	6,86±0,19	6,57±0,19	6,76±0,88	6,32±0,82

Ort±SH: Ortalama±Standart hata

Ayrıca, dönerlerde hiçbir grupta ortanın (5) altında puan alan bir parametre olmadığı gibi çok iyi ve üstü (8,9) puan alan parametre de olmamıştır.

Sonuç olarak, tavuk dönerlerin farklı tiplerinin, farklı pişirme yöntemlerinde ve farklı pişirme sürelerinde pişirilmesi tez kapsamında incelenen duyuşal özelliklerin geniş bir aralıkta değişmesine neden olmuştur. Döner tiplerinin, farklı pişirme yöntemleri ve sürelerinde pişirilmeleri duyuşal kriterler arasında istatistik olarak önemli bir fark oluşturmamıştır ($p>0,05$). Bununla birlikte, görünüş, lezzet ve genel beğeni parametreleri ile birlikte düşünöldüğünde panelistler tarafından en yüksek puanı alan dolayısıyla en beğenilen dönerler orta pişmiş dönerler olmuştur. Panelistler az ve çok pişmiş grupları daha az tercih etmişlerdir. Bu açıdan pişirme sürelerinin ürünün kabul edilebilirliğini etkilediği söylenebilir.

Salmon vd. (2006) tarafından ev koşullarında ($190^{\circ}C$ 'de yaklaşık 7 dk) yürütölen çalışmada kızartılmış tavuk etlerinde “pişmişlik” derecesinin belirlenmesinde duyuşal renk faktörü belirleyici olmuştur. En esmer (kahverengi) görünüşlü ürün çok pişmiş kabul edilmiş ve en yüksek HAA oluşumu bu grupta görölmüştür.

5 SONUÇ

Geleneksel et ürünlerimizden olan dönerlerin, proses gereği pişirme esnasında etin doğrudan ısı kaynağına ve dolayısıyla yüksek sıcaklığa maruz kalması nedeniyle heterosiklik aromatik amin (HAA) adı verilen karsinojenik ve mutajenik özellikteki bileşenlerin oluşumu kaçınılmazdır. Bu durum, dönerlerin gıda güvenliği açısından riskli gıdalar grubunda değerlendirilmesine neden olur.

Çalışma kapsamında fast-food tüketim alışkanlıkları arasında önemli bir yeri olan et ve tavuk dönerlerde (yaprak ve karışım) sağlık riski oluşturan heterosiklik aromatik aminler üzerine farklı pişirme sürelerinin (az, orta, çok pişmiş) ve döner pişirme yöntemlerinin (gazlı ve elektrikli) etkileri incelenmiştir. Kurulan denemede dönerlerde 4,8-DiMeIQx, PhIP, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, IQ, IQx, MeIQx, AaC ve MeAaC bileşikleri aranmıştır.

Araştırma sonucunda elde edilen verilere göre;

- ✓ Öncü bileşikler kapsamında kreatin, kreatinin, toplam serbest amino asit ve glukoz analizleri yapılmıştır. Pişirme süresine bağlı olarak kreatin miktarında azalma gözlenirken, kreatinin miktarında artış belirlenmiştir. Toplam serbest aminoasit ve glukoz miktarında ise pişirme süresine bağlı olarak azalma gözlenmiştir. Glukoz içeriğinde, heterojen örneklerle çalışıldığı için bazı gruplarda sapma görülmüş ancak bu değişimler istatistik olarak önemli bulunmamıştır.
- ✓ Tavuk dönerlerin toplam SAA içeriği 2050-3604 mg/g arasında değişmekle birlikte et dönerlerde 1022-1627 mg/g km arasında değişmiştir. Bu durum tavuk dönerlerin, PhIP bileşiği oluşumunda görev alan serbest aminoasitleri et dönerlere göre daha fazla içerdiği böylece tavuk dönerlerde daha fazla PhIP bileşiği oluşumu anlamına gelmektedir. Toplam SAA ve glukoz içeriğinde de ısının etkisiyle parçalanma ya da HAA oluşum reaksiyonlarına katılma sonucu azalma tespit edilmiştir.

- ✓ Toplam HAA içeriği tavuk yaprak dönerlerde 0,407 ng/g ile 3,825 ng/g arasında; karışım dönerlerde ise 0,720 ng/g ile 4,962 ng/g arasında değişmiştir. Et dönerlerde ise, et-yaprak dönerlerde, 0,089 ng/g ile 2,335 ng/g arasında; et-karışım dönerlerde ise 0,135 ng/g ile 4,456 ng/g arasında değişen oranlarda toplam HAA varlığı belirlenmiştir.
- ✓ Farklı yöntemlerle, farklı sürelerde pişirilmiş et ve tavuk dönerlerde oluşan HAA bileşikleri incelendiğinde (Çizelge 4.34, Çizelge 4.36); tavuk dönerlerde 4,8-DiMeIQx, IQ, PhIP, MeIQ, 7,8-DiMeIQx bileşiklerinin bütün gruplarda olduğu bununla birlikte, IQx, MeIQx ve AαC bileşiklerinin bazı gruplarda ve yalnızca çok pişmiş örneklerde olduğu tespit edilmiştir. Et dönerlerde ise, 4,8-DiMeIQx ve IQ bileşikleri bütün gruplarda oluşmuş bununla birlikte IQx, MeIQ, MeIQx, 7,8-DiMeIQx bileşikleri bazı gruplarda oluşmuştur.
- ✓ Miktar olarak en fazla oluşan bileşik her iki döner tipinde (et ve tavuk) de 4,8-DiMeIQx bileşiği olmuştur. Bu bileşik et dönerlerde toplam HAA'nın % 9,13-71,92 sini oluşturmakla birlikte tavuk dönerlerde % 11,30-72,69' unu oluşturmuştur.
- ✓ HAA'lar üzerine yapılan araştırmalarda, pişmiş etlerde (özellikle tavuk) PhIP bileşiğinin en yaygın oluşan HAA'lardan birisi olduğu rapor edilmiştir. Çalışmada PhIP bileşiği, et dönerlerde az ve orta pişmiş tüm gruplarda belirleme sınırının altında bulunmuş olup yalnızca çok pişmiş gruplarda miktarsal olarak tespit edilmiştir. Tavuk dönerlerde ise bütün gruplarda PhIP bileşiği oluşumu gözlenmiştir.
- ✓ Çalışmada, dönerlerde hem gazlı hem de elektrikli ocakta pişirme sonucunda pişirme süresinin artmasına bağlı olarak toplam HAA miktarında artış görülmüş yanı sıra, HAA'ların miktarları ve çeşitliliği de pişirme ile artmıştır. Tavuk dönerlerde çeşitlilik et dönerlere göre daha fazla bulunmuştur. Örneğin, gazlı ocakta az pişmiş et-yaprak dönerlerde toplam HAA'yı iki bileşik oluştururken (IQ, 4,8-DiMeIQx) çok pişmiş et-yaprak dönerlerde toplam HAA'ya altı

bileşimin oluşturduğu görülmüştür (IQ, 4,8-DiMeIQx, IQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, PhIP). Aynı durumda, gazlı ocakta az pişmiş tavuk-yaprak dönerlerde toplam HAA'yı beş bileşik oluştururken (IQ, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP) çok pişmiş tavuk-yaprak dönerlerde toplam HAA'ya sekiz bileşimin etki ettiği görülmüştür (IQ, IQx, MeIQ, MeIQx, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AαC). Bu sonuç, literatürde HAA miktarının sıcaklık x süre ilişkisine paralel olarak artış göstermesine bağlı HAA çeşitliliğinin de arttığını rapor eden araştırmalar ile uyum göstermektedir.

- ✓ En yüksek HAA değerleri çok pişmiş dönerlerde tespit edilmiş ancak duyuşal açıdan değerlendirildiğinde az ve çok pişirme sürelerinde pişen dönerler tüketicilerde orta pişmiş dönerlere göre daha az tercih edilmiştir. Az pişmiş dönerlerde çiğlik hissi ve açık rengin; çok pişmiş dönerlerde ise yanık görünüş ve kuru tekstürün tüketicide daha az tercih oluşturduğu düşünülmektedir.
- ✓ Et dönerlerde toplam HAA içeriğinin tamamına AIA grubu bileşikler etki etmiştir. Oluşan bileşikler, dönerlerin pişirme prosesi gereğince sıcaklığın en yüksek olduğu yer olan etin yüzeyinde oluşmaktadır. Et yüzeyinde oluşan AIA'lar polar bileşiklerdir. Et dönerlerde toplam HAA içeriğinde pişirme süresine bağlı olarak artış görülmesi, etin pişirilmesi esnasında et yüzeyinde oluşan polar AIA'ların, etin iç kısımlarına doğru nüfuz edebilmesi ve iç kısımlarda merkez sıcaklığının düşük olması ile bu bileşiklerin termal dekompozisyona (parçalanmaya) karşı korunması ayrıca, döner üretim prosesi gereği uygulanan pişirme süresinin kısa olması yüzünden pişirmenin ilk dakikalarında oluşan HAA'ların parçalanmaması olarak açıklanabilir.
- ✓ Et dönerlerde aminokarbolin grubu HAA'lar (AαC ve MeAαC) bütün gruplarda, belirleme sınırının altında bulunmuş iken; tavuk dönerlerin bazı çok pişmiş gruplarında oluşan AαC bileşiği hariç, aminokarbolin grubu HAA bileşikleri (AαC ve MeAαC) belirleme sınırının altında bulunmuştur. AαC ve MeAαC bileşikleri aminokarbolin grubu (pirolitik) HAA kategorisine girmekte ve oluşumları için 300 °C'nin üzerinde bir sıcaklık gerekmektedir. Çalışmada pişirme sıcaklığı, 300 °C'nin üzerine çıkmadığından aminokarbolin grubu HAA'lar belirleme sınırının altında bulunmuştur.

Özetle, farklı pişirme yöntemleri ve sürelerinin et ve tavuk dönerlerde HAA oluşumuna etkisinin araştırıldığı çalışmada, pişirme süresine bağlı olarak HAA miktarının ve çeşitliliğinin arttığı görülmüştür. Döner tipleri açısından değerlendirildiğinde, et ve tavuk dönerlerde, karışım dönerlerin yaprak dönerlere göre daha yüksek toplam HAA içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Pişirme yöntemleri açısından değerlendirildiğinde, et dönerlerde elektrikli ocakta pişirme sonucunda; tavuk dönerlerde ise gazlı ocakta pişirme sonucunda daha yüksek toplam HAA oluşumu gözlenmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler, et ve tavuk döner tüketimi ile ilişkilendirilecek olursa; 1 porsiyon (100 gr) et döner tüketimi ile **14,6-237,8 ng toplam HAA**; tavuk döner tüketimi ile ise **75,3-352,8 ng'a kadar toplam HAA alımı** mümkündür. **İsviçre'de günlük** kişi başı tahmini **330 ng toplam HAA**, ABD için ise **455 ng toplam HAA** alımı göz önüne alındığında ve HAA'ların günlük alım miktarının 41,4 ng düzeyini geçmesi durumunda kolorektal kanser riskinin arttığını rapor eden çalışmaların varlığında, et ve tavuk dönerlerde, sağlık riski taşıyan ve gıda güvenilirliğini tehdit eden HAA'ların miktarları, döner üretim sektöründeki riskin boyutunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, dönerin geleneksel pişirme yöntemi göz önüne alındığında, pişirme mesafesi, HAA'yı azaltmanın dolayısıyla da mevcut riski azaltmanın bir yolu olabilir. Bu nedenle de döner pişirme esnasında uygulanacak optimum pişirme mesafesinin yapılacak çalışmalarla belirlenmesi ve mevzuata taşınması önem arz etmektedir.

Sonuç olarak, HAA'ların toksisite düzeyi, güvenlik sınırı ve tüketicilerin günlük maruz kaldıkları HAA miktarına ilişkin risk çalışmaları bulunmaması, maruz kalınan günlük HAA miktarının tüketim alışkanlıklarına, tüketim sıklığına, ülkeden ülkeye, farklı yaş grubundaki insanlara göre değişmesi, dönerlerin pişirme koşullarını standardize eden yasal bir düzenleme olmaması gibi belirsizliklerin giderilmesi ile HAA'ların azaltılma stratejilerinin bilimsel düzeyde çalışılmasının bir sonucu olarak, daha sağlıklı ve güvenli dönerlerin üretimi ve tüketimi söz konusu olacaktır.

KAYNAKLAR

- Aaslyng, M.D., Duedahl-Olesen, L., Jensen, K., Meinert, L. 2013. Content of heterocyclic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in pork, beef and chicken barbecued at home by Danish consumers. *Meat Science*, 93, 85-91.
- Abdulkarim, B.G., Smith, J.S. 1998. Heterocyclic amines in fresh and processed meat products. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 46(11),4680–7.
- Ahn, J., Grun, I.U. 2005. Heterocyclic amines: 2. inhibitory effects of natural extracts on the formation of polar and nonpolar heterocyclic amines in cooked beef. *Journal of Food Science*, 70(4), 263–268.
- Akbay, C., G. Y. Tiryaki., Gül, A. 2007. Consumer characteristics influencing fast food consumption in Turkey. *Food Control*, 18, 904-913.
- Alaejos, M. S., Gonzalez, V., Alfonso, A.M. 2007. Exposure to heterocyclic aromatic amines from the consumption of cooked red meat and its effect on human cancer risk: A review. *Food Additives and Contaminants: Part A*, 25(1), 224.
- Alaejos, M. S., Afonso, A. M. 2011. Factors that affect the content of heterocyclic aromatic amines in foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10, 52-108.
- Altuğ, T., Elmacı, Y. 2005. Gıdalarda duyusal değerlendirme. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 130, İzmir.
- Anderson, K.E., Sinha, R. M., Kulldorff, M., Gross, N.P., Lang, C. 2002. Meat intake and cooking techniques: associations with pancreatic cancer. *Mutation Research*, 506-507: 225-231.
- Anonymous. 2000. Official methods of analysis (17th ed.), Washington DC, USA; Association of Official Analytical Chemists (AOAC).
- Anonymous. 2004. Some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins. International Agency of Cancer Research (IARC), Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 56, 165-195.
- Archer, C. L., Morse, P., Jones, R. F., Shirai, T., Haas, G. P., Wang, C. Y. 2000. Carcinogenicity of the N-hydroxy derivative of 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo [4,5-b] pyridine, 2-amino-3,8-dimethyl-imidazo[4,5-f]quinoxaline and 3,2dimethyl-4-aminobiphenyl in the rat. *Cancer Letters*, 151, 55-60.
- Arvidsson, P., van Boekel, M.A.J.S., Skog, K., Jagerstad, M. 1997. Kinetics of formation of polar heterocyclic amines in a meat model system. *Journal Food Science*, 62 (5), 911–916.
- Balogh, Z., Gray, J. I., Gomaa, E. A., Booren, A. M. 2000. Formation and inhibition of heterocyclic aromatic amines in fried ground beef patties. *Food and Chemical Toxicology*, 38, 395-401.
- Barlow, S., Schlatter, J. 2010. Risk assessment of carcinogens in food. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 243,180-190.
- Barrett, J. H., Smith, G., Waxman, R., Gooderham, N., Lightfoot, T., Garner, R. C. 2003. Investigation of interaction between acetyltransferase 2 and heterocyclic amines as potential risk factors for colorectal cancer. *Carcinogenesis*, 24, 275-282.

- Barutçu, I., Şahin, S., Şumnu, G. 2008. Kaplanarak kızartılan ürünlerde farklı kaplama maddelerinin ve mikrodalga'nın akrilamid üzerine etkisi. Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum-Türkiye, 133-136.
- Bektaş, G. 2009. Sodyum Tripolifosfatın ve Tamburlama (Tumbling) Prosesinin Döner Kebabın Oksidatif Stabilitésine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi.
- Bingöl, E.B., Yılmaz, F., Muratoğlu, K., Bostan, K. 2013. Effects of vacuum packaging on the quality of frozen cooked döner kebab. Turk J Vet Anim Sci. 2013. 37:1-7
- Bogen, K.T., Keating, G.A. 2001. Methods for estimating heterocyclic amine concentrations in cooked meats in the U.S. diet. Food Chem Toxicology, 39, 29–43.
- Bordas, M., Moyano, E., Puignou, L., Galceran, M.T. 2004. Formation and stability of heterocyclic amines in a meat flavour model system: effect of temperature, time and precursors. Journal of Chromatography: B, 802, 11–7.
- Borgen, E., Solyakov, A., Skog, S. 2001. Effects of precursor composition and water on the formation of heterocyclic amines in meat model systems. Food Chemistry, 74,1, 11–9.
- Britt, C., Gomaa, E. A., Gray, J. I., & Booren, A. M. 1998. Influenced by cherry tissue on lipid oxidation and heterocyclic amine formation in ground beef patties. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46,12, 4891-4897.
- Busquets, R., Bordas, M., Toribio, F., Puignou, L., Galceran, M.T., Borgen, E., Skog, K. 2004. Occurrence of heterocyclic amines in several home-cooked meat dishes of the Spanish diets. J Chromatogr B 802,1,79–86.
- Busquets, R., Mitjans, D., Puignou, L., Galceran, M.T. 2008. Quantification of heterocyclic amines from thermally processed meats selected from a small-scale population-based study. Molecular Nutrition Food Research, 52, 12, 1408–20.
- Cebirbay, M.A. 2007. Dönerlerde satış süresi boyunca mikrobiyolojik kalitede meydana gelen değişmelerin araştırılması. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Chen, B.H., Yang, D.J. 1998. An improved analytical method for determination of heterocyclic amines in chicken legs. Chromatographia, 48, 3–4, 223–230.
- Cheng, K.W., Chen, F., Wang, M., 2007. Inhibitory activities of dietary phenolic compounds on heterocyclic amine formation in both chemical model system and beef patties. Molecular Nutrition Food Research, 51, 969–976.
- Chen, B.H., Chiu, C.P. 1998. Analysis, formation and inhibition of heterocyclic amines in foods: an overview. Journal of Food Drug Analysis, 6, 4, 625–36.
- Chiu, C.P., Yang, D.Y., Chen, B.H., 1998. Formation of heterocyclic amines in cooked chicken legs. Journal of Food Protection, 61, 712– 719.
- Cross, A. J., Peters, U., Kirsh, V. A., Andriole, G. L., Reding, D., Hayes, R. B., Sinha, R. 2005. A Prospective Study of Meat and Meat Mutagens and Prostate Cancer Risk. Cancer Research, 65, 24, 11779 – 11784.
- Damasius, J., Venskutonis, P. R., Ferracane, R., Fogliano, V. 2011. Assessment of the influence of some spice extracts on the formation of heterocyclic amines in meat. Food Chemistry, 126, 149-156.
- Deliza, R., Nolle, L.M.L., Toldrá, F., Gloria, M.B.A. 2009. Sensory perception, In Handbook of Muscle Foods Analysis. CRC Press Taylor and Francis Group, Florida, 525-548.

- Demircioğlu, S.K., Obuz, E., Kayaardı, S. 2013. Textural, Chemical and Sensory Properties of Döner Produced from Beef, Chicken and Ostrich Meat. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19, 6, 917-921.
- Demirok, E., Kolsarıcı, N., Akoğlu, İ.T., Özden, E. 2011. The effects of tumbling and sodium tripolyphosphate on the proteins of döner. *Meat Science*, 89, 154-159.
- Demirok, E. 2014. Kaplamalı Tavuk Ürünlerinde Kızartma Sonrasında Akrilamid Oluşumunun İncelenmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi. 152 sayfa.
- Dündar, A. 2011. Farklı Sıcaklık ve Sürelerde Pişirilen Köftelerde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumunun Sınırlandırılmasında Optimum Tuz, Askorbik Asit ve Yağ Kullanım Seviyelerinin Yanıt Yüzey Yöntemi ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 93 sayfa.
- Dündar, A., Sarıçoban, C., Yılmaz, M.T. 2012. Response surface optimization of effects of some processing variables on carcinogenic/mutagenic heterocyclic aromatic amine (HAs) content in cooked patties. *Meat Science*, 91, 325–333.
- Edenharder, R., Sager, J.W., Glatt, H., Muckel, E., Platt, K.L. 2002. Protection by beverages, fruits, vegetables, herbs, and flavonoids against genotoxicity of 2-acetylaminofluorene and 2- amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine (PhIP) in metabolically competent V79 cells. *Mutation Research*, 521, 57–72.
- Erbay, E.K. 2007. Popüler Kültür Ve Beslenme Biçimleri Örnek Olay: Döner Kebap. Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Gazetecilik Bölümü Yüksek Lisans Tezi.
- Erdem, H.A. 2006. Ciroso Almanya'da hamburgeri geçen dönerin markalı fastfood zincirine dönüşmesi gerekmektedir. <<http://www.dtm.gov.tr>>.
- Felton, J.S., Knize, M.G., Shen, N.H., Andresen, B.D., Bjeldanas, L.F., Hatch, F.T. 1986. Identification of the Mutagens in Cooked Beef. *Environmental Health Perspectives*, 67, 17-24.
- Felton, J. S., Knize, M. G., Shen, N. H., Lewis, P. R., Andresen, B. D., Happe, J. Hatch, P. R. 1986. The Isolation and Identification of a New Mutagen from Fried Ground Beef: 2-Amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine (PhIP). *Carcinogenesis*, 7, 7, 1081–1086.
- Felton, J.S., Fultz, E., Dolbeare, F. A., Knize, M.G. 1994. Effect of microwave pretreatment on heterocyclic aromatic amine mutagens/carcinogens in fried beef patties. *Food Chemical Toxicology*, 32, 10, 897–903.
- Felton, J. S., Pais, P., Salmon, C. P. and Knize, M. G., 1998. Chemical Analysis and Significance of Heterocyclic Aromatic Amines. *Z. Lebensmitter, Unters Forsch, A*, 207, 434–440.
- Felton, J.S., Knize, M.G., Hatch, F.T., Tanga, M.J., Colvin, M.E. 1999. Heterocyclic amine formation and the impact of structure on their mutagenicity. *Cancer Letters*, 143, 2, 127–34.
- Felton, J.S., Knize, M.G., Wu, R.W., Colvin, M.E., Hatch, F.T., Malfatti, M.A. 2007. Mutagenic potency of food-derived heterocyclic amines. *Mutation Research*, 616, 90-94.
- Gasperlin, L., Lukan, B., Zlender, B., Polak, T. 2009. Effects of skin and grilling method on formation of heterocyclic amines in chicken Pectoralis superficialis muscle. *LWT Food Science of Technology*, 42, 1313–1319.
- Gençer, V.K., Kaya, M. 2002. Yaprak Dönerin Mikrobiyolojik Kalitesi ve Kimyasal Bileşimi. *Turkish Journal of Veterinary Animal Science*, 28, 1097-1103.

- Gerbl, U., Cichna, M., Zsivkovits, M., Knasmüller, S., Sontag, G. 2004. Determination of heterocyclic aromatic amines in beef extract, cooked meat and rat urine by liquid chromatography with coulometric electrode array detection. *Journal of Chromatography B*, 802(1), 107–113.
- Gibis, M. 2007. Effect of oil marinades with garlic, onion, and lemon juice on the formation of heterocyclic aromatic amines in fried beef patties. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 55(25), 10240–10247.
- Gibis, M., Weiss, J. 2010. Inhibitory effect of marinades with hibiscus extract on formation of heterocyclic aromatic amines and sensory quality of fried beef patties. *Meat Science*, 85, 735–742.
- Gibis, M., Kruwinnus, M., Weiss, J. 2015. Impact of different pan-frying conditions on the formation of heterocyclic aromatic amines and sensory quality in fried bacon. *Food Chemistry*, 168, 383–389.
- Gönülalan, Z., Yetim, H., & Köse, A. (2004). Quality characteristics of doner kebab made from sucuk dough which is a dry fermented Turkish sausage. *Meat Science*, 67, 669–674.
- Granvogl, M., Jezussek, M., Koehler, P., Schieberle, P. 2004. Quantitation of 3-Aminopropionamide in potatoes - A minor but potent precursor in acrylamide formation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 4751-4757.
- Gross, G.A., Grüter, A., Heyland, S. 1992. Optimization of the sensitivity of high performance liquid chromatography in the detection of heterocyclic aromatic amine mutagens. *Food and Chemical Toxicology*, 30, 491-498.
- Haskaraca, G., Demirok, E., Kolsarıcı, N., Öz, F., Öz Saraç, N. 2014. Effect of green tea extract and microwave pre-cooking on the formation of heterocyclic aromatic amines in fried chicken meat products. *Food Research International*, 63, 373-381.
- Hasnol, N. D. S., Jinap, S., Sanny, M. 2014. Effect of different types of sugars in a marinating formulation on the formation of heterocyclic amines in grilled chicken. *Food Chemistry*, 145, 514-521.
- Hümmerich, J., Zohm, C., Pfau, W. 2004. Modulation of Cytochrome P450 1A1 b Food-derived Heterocyclic Aromatic Amines. *Food Toxicology*, 199, 231–240.
- Iwasaki, M., Kataoka, H., Ishihara, J., Takachi, R., Hamada, G.S., Sharma, S. 2010. Heterocyclic amines content of meat and fish cooked by Brazilian methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(1), 61–69.
- Jackson, L.S., Hargraves, W.A. 1995. Effects of time and temperature on the formation of MeIQx and DiMeIQx in a model system containing threonine, glucose and creatine. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 43, 6, 1678–1684.
- Jagerstad, M., Laser-Reuterswärd, A., Olsson, R., Grivas, S., Nyhammar, T., Olsson, K. and Dahlqvist, A. 1983. Creatin(ine) and Maillard Reaction Products as Precursors of Mutagenic Compounds: Effects of Various Amino Acids. *Food Chemistry*, 12, 255-264.
- Jagerstad, M., Skog, M., Grivas, S., Olsson, K. 1991. Formation of heterocyclic amines using model systems. *Mutation Research*, 259, 219-223.
- Jagerstad, M., Skog, K., Arvidsson, P., Solyakov, A. 1998. Chemistry, formation and occurrence of genotoxic heterocyclic amines identified in model systems and cooked foods. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und eForschung A*, 207, 419-427.

- Janoszka, B., Błaszczak, U., Damasiewicz-Bodzek, A., Sajewicz, M. 2009. Analysis of heterocyclic amines (HAs) in pan-fried pork meat and its gravy by liquid chromatography with diode array detection. *Food Chemistry*, 113, 4, 1188–1196.
- John, E. M., Stern, M. C., Sinha, R., Koo, J. K. 2011. Meat consumption, cooking practices, meat mutagens, and risk of prostate cancer. *Nutrition and Cancer*, 63, 525-537.
- Jinap, S., Mohd-Mokhtar, M. S., Farhadian, A., Hasnol, N. D. S., Jaafar, S. N., Hajeb, P. 2013. Effects of varying degrees of doneness on the formation of Heterocyclic Aromatic Amines in chicken and beef satay. *Meat Science*, 94, 202-207.
- Johansson, M.A.E., Fay, L.B., Gross, G.A., Olsson, K., Jagerstad, M. 1995a. Influence of amino acids on the formation of mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in a model system. *Carcinogenesis*, 16, 10, 2553–2560.
- Johansson, M.A.E., Fredholm, L., Bjerne, I., Jagerstad, M. 1995b. Influence of frying fat on the formation of heterocyclic amines in fried beefburgers and pan residues. *Food Chem Toxicology*, 33, 12, 993–1004.
- Kataoka, H., Miyake, M., Saito, K., Mitani, K., 2012. Formation of heterocyclic amine–amino acid adducts by heating in a model system. *Food Chemistry*, 130, 3, 725–729.
- Kato, T., Harashima, T., Moriya, N., Kikugawa, K., Hiramoto, K. 1996. Formation of the mutagenic/carcinogenic imidazoquinoxaline-type heterocyclic amines through the unstable free radical Maillard intermediates and its inhibition by phenolic antioxidants. *Carcinogenesis*, 17,11, 2469–2476.
- Kayısoğlu, S., Yılmaz, I., Demirci, M., Yetim, H. 2003. Chemical composition and microbiological quality of the doner kebabs sold in Tekirdağ Market. *Food Control*, 14, 469-474.
- Keşkekoğlu, H., Üren, A. 2014. Inhibitory effects of pomegranate seed extract on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef and chicken meatballs after cooking by four different methods. *Meat Science*, 96, 1446-1451.
- Khan, J.K., Kuo, Y.H., Kebede, N., Lambein, F. 1994. Determination of nonprotein amino acids and toxins in Lathyrus by high performance liquid chromatography with precolumn phenylisothiocyanate derivatization. *Journal of Chromatography A*, 687,1, 113–119.
- Kılıç, B. 2003. Effect of microbial transglutaminase and sodium caseinate on quality of chicken döner. *Meat Science*, 63, 417-421.
- Klassen, R., Lewis, D., Lau, B.P.-Y., Sen, N.P. 2002. Heterocyclic Aromatic mAmines in Cooked Hamburgers and Chicken Obtained from Local Fast Food Outlets in the Ottawa Region. *Food Research International*, 35, 837–847.
- Knize, M. G., Dolbeare, F. A., Carroll, K. L., Moore, D. H. Felton, J. S. 1994. Effect of Cooking Time and Temperature on the Heterocyclic Amine Content of Fried Beef Patties. *Food Chemical Toxicology*, 32, 7, 595-603.
- Knize, M.G., Sinha, R., Brown, E.D., Salmon, C.P., Levander, O.A., Felton, J.S., Rothman, N. 1998. Heterocyclic amine content in restaurant-cooked hamburgers, steaks, ribs, and chicken. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 46, 11, 4648–4651.
- Knize, M.G., Felton, J.S. 2005. Formation and human risk of carcinogenic heterocyclic amines formed from natural precursors in meat. *Nutrition Reviews*, 63, 5, 158–65.

- Kondjoyan, A., Kohler, A., Realini, C.E., Portanguen, S., Kowalski, R., Clerjon, S., Gatellier, P., Chevolleau, S., Bonny, J.-M., Debrauwer, L., 2013. Towards models for the prediction of beef meat quality during cooking. *Meat Science*, 97, 3, 323–331.
- Krul, C., Luiten-Schuite, A., Baan, R., Verhagen, H., Mohn, G., Feron, V., Havenaar, R. 2000. Application of a dynamic in vitro gastrointestinal tract model to study the availability of food mutagens, using heterocyclic aromatic amines as model compounds. *Food and Chemical Toxicology*, 38, 9, 783–92.
- Lan, C.M., Kao, T.H., Chen, B.H. 2004. Effects of heating time and antioxidants on the formation of heterocyclic amines in marinated foods. *Journal of Chromatography B*, 802, 1, 27–37.
- Liao, G., Xu, X., Zhou, G. 2009. Effects of cooked temperatures and addition of antioxidants on formation of heterocyclic aromatic amines in pork floss. *Journal of Food Processing and Preservation*, 32, 2, 159–175.
- Liao, G.Z., Wang, G.Y., Xu, X.L., Zhou, G.H. 2010. Effect of cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and duck breast. *Meat Science*, 85, 149-154.
- Lim, W., Khoon, L. C., Eng, P., Leong, S. S., Lim, E., Lim, T. K. 2011. Meat consumption and risk of lung cancer among never-smoking women. *Nutrition and Cancer*, 63, 850-859.
- Melo, A., Viegas, O., Petisa, C., Pinho, O., Ferreira, IMPLVO. 2008. Effect of beer/red wine marinades on the formation of heterocyclic aromatic amines in pan-fried beef. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56, 22, 10625–10632.
- Messner, C., Murkovic, M. 2004. Evaluation of a new model system for studying the formation of heterocyclic amines. *Journal of Chromatography B*, 802, 1, 19–26.
- Mielnik, M.B., Olsen, E., Vogt, G., Adeline, D., Skrede, G. 2006. Grape seed extract as antioxidant in cooked, cold stored turkey meat. *LWT-Food Science and Technology*, 39, 191-198.
- Monti, S.M., Riteni, A., Sacchi, R., Skog, K., Borgen, E., Fogliano, V. 2001. Characterization of phenolic compounds in virgin olive oil and their effect on the formation of carcinogenic/mutagenic heterocyclic amines in a model system. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49, 8, 3969–3975.
- Murkovic, M., Friedrich, M., Pfannhauser, W. 1997. Heterocyclic aromatic amines in fried poultry meat. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung, A*, 205, 5, 347–50.
- Murkovic, M., Steinberger, D., Pfannhauser, W. 1998. Antioxidant Spices Reduce the Formation of Heterocyclic Amines in Fried Meat. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung A*, 207, 477–480.
- Murkovic, M. 2004. Formation of heterocyclic aromatic amines in model systems. *Journal of Chromatography B*, 802, 3-10.
- Negishi, C., Wakabayashi, K., Tsuda, M., Sato, S., Sugimura, T., Saito, H., Maeda, M., Jagerstad, M. 1984. Formation of 2-amino-3,7,8-trimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline, a new mutagen, by heating mixture of creatinine, glucose and glycine. *Mutation Research*, 140, 55-59.
- Oreglia, F., De Stefani, E., Boffetta, P., Brennan, P., Deneo Pellegrini, H. 2001. Meat, fat and risk of laryngeal cancer: a case-control study in Uruguay. *Oral Oncology*, 37, 141-145.

- Öz, F. 2006. Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Taze Et Ürünlerinde Baharat Kullanımının Heterosiklik Aromatik Aminlerin Oluşumu Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi.
- Öz, F., Kaban, G., Kaya, M. 2007. Effects of cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines of two different species trout. *Food Chemistry*, 104, 67-72.
- Öz, F., Kaya, M., Kaban, G. 2010. Effects of cooking techniques and levels on the formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and fish. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9, 1259-1264.
- Öz, F. 2011. Quantification of heterocyclic aromatic amines in ready to eat meatballs by ultra-fast liquid chromatography. *Food Chemistry*, 126, 2010–2016.
- Öz, F., Kaya, M. 2011a. The inhibitory effect of black pepper on formation of heterocyclic aromatic amines in high-fat meatball. *Food Control*, 22, 596–600.
- Öz, F., Kaya, M. 2011b. The inhibitory effect of red pepper on heterocyclic aromatic amines in fried beef longissimus dorsi muscle. *Journal of Food Processing and Preservation*. 35, 806–812.
- Özden, E. 2009. Sodyum Tripolifosfatın ve Tumbling Prosesinin Döner Kebabın Besinsel Kalitesi ve Verimi Üzerindeki Etkileri. Ankara Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
- Pais, P., Salmon, C.P., Knize, M.G., Felton, J.S. 1999. Formation of mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in dry-heated model systems, meats and meat drippings. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47, 3, 1098–108.
- Pearson, A.M., Chen, C., Gray, J.I., Aust, S.D. 1992. Mechanism(s) Involved in Meat Mutagen Formation and Inhibition. *Free Radical Biology&Medicine*, 13, 161–167.
- Pedreschi, F., Kaack, K., Granby, K. 2004. Reduction of acrylamide formation in potato slices during frying. *Lebensmittel und Wissenschaft Technologie (Food Science and Technology-LWT)*, 37, 679-685.
- Persson, E., Sjöholm, I., Skog, K. 2002. Heat and mass transfer in chicken breasts. Effect on PhIP formation. *European Food Research and Technology*, 214, 6, 455–459.
- Persson, E., Sjöholm, I., Skog, K. 2003. Effect of high water-holding capacity on the formation of heterocyclic amines in fried beefburgers. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 15, 4472–4477.
- Persson, E., Orozvari, B.K., Tornberg, E., Sjöholm, I., Skog, K. 2008. Heterocyclic amine formation during frying of frozen beefburgers. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 62–68
- Polak, T., Dosler, D., Zlender, B., Gasperlin, L. 2009. Heterocyclic amines in aged and thermally treated pork longissimus dorsi muscle of normal and PSE quality. *LWT Food Science and Technology*, 42, 504-513.
- Puangsoombat, K., Smith, J.S. 2010. Inhibition of heterocyclic amine formation in beef patties by ethanolic extracts of rosemary. *Journal of Food Science (J. Food Sci.)*, 75, 2, 40-47.
- Puangsoombat, K., Gadgil, P., Houser, T.A., Hunt, M.C., Smith, J.S. 2011. Heterocyclic amine content in commercial ready to eat meat products. *Meat Science*, 88, 227–233.

- Puangsombat, K., Gadgil, P., Houser, T.A., Hunt, M.C., Smith, J.S. 2012. Occurrence of heterocyclic amines in cooked meat products. *Meat Science*, 90, 739–746.
- Rahman, U.U., Sahar, A., Khan, M.I., Nadeem, M. 2014. Production of heterocyclic aromatic amines in meat: Chemistry, health risks and inhibition. A review. *LWT - Food Science and Technology*, 59, 229-233.
- Ristic, A., Cichna, M., Sontag, G. 2004. Determination of less polar heterocyclic aromatic amines in standardised beef extracts and cooked meat consumed in Austria by liquid chromatography and fluorescence detection. *Journal of Chromatography B*, 802, 1, 87–94.
- Rohrmann, S., Hermann, S., Linseisen, J. 2009. Heterocyclic aromatic amine intake increases colorectal adenoma risk: finding from a prospective European cohort study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 89, 1418-1424.
- Salmon, C.P., Knize, M.G., Felton, J.S. 1997. Effects of marinating on heterocyclic amine carcinogen formation in grilled chicken. *Food Chemical Toxicology*, 35, 5, 433–41.
- Salmon, C. P., Knize, M. G., Panteleakos, F. N., Wu, R. W., Nelson, D. O., Felton, J. S. 2000. Minimization of Heterocyclic Amines and Thermal Inactivation of *Escherichia coli* in Fried Ground Beef. *Journal of National Cancer*, 92, 21, 1773-1778.
- Salmon, C.P., Knize, M.G., Felton, J.S., Zhao, B., Seow, A. 2006. Heterocyclic aromatic amines in domestically prepared chicken and fish from Singapore Chinese households. *Food Chemical Toxicology*, 44, 44, 484–92.
- Serpen, A., Gökmen, V. 2009. Evaluation of the Maillard reaction in potato crisps by acrylamide, antioxidant capacity and color. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22, 589-595.
- Shin, H-S., Park, H., Park, D. 2003. Influence of Different Oligosaccharides and Inulin on Heterocyclic Aromatic Amine Formation and Overall Mutagenicity in Fried Ground Beef Patties. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 6726-6730.
- Shin, H.S. 2005. Influence of food ingredients on the formation of heterocyclic aromatic amines in cooked pork patties. *Food Science and Biotechnology*, 14, 5, 572–5.
- Shioya, M., Wakabayashi, K., Sato, S., Nagao, M., Sugimura, T. 1987. Formation of a mutagen, 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridin (PhIP) in cooked beef, by heating a mixture containing creatinine, phenylalanine and glucose. *Mutation Research*, 191, 133–138.
- Sinha, R., Rothman, N., Brown, E.D., Salmon, C.P., Knize, M.G., Swanson, C.A., Rossi, S.C., Mark, S.D., Levander, O.A., Felton, J.S. 1995. High concentrations of the carcinogen 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo- [4,5-b]pyridine (PhIP) occur in chicken but are dependent on the cooking method. *Cancer Research*, 55, 4516–4519.
- Sinha, R., Rothman, N., Salmon, C. P., Knize, M. G., Brown, E. D., Swanson, C. A., Rhodes, D., Rossi, S., Felton, J. S. and Levander, O. A., 1998. Heterocyclic Amine Content in Beef Cooked by Different Methods to Varying Degrees of Doneness and Gravy made from Meat Drippings. *Food and Chemical Toxicology*, 36, 279-287.

- Sinha, R., Kulldorff, M., Chow, W.H., Denobile, J., Rothman, N. 2001. Dietary intake of heterocyclic amines, meat-derived mutagenic activity, and risk of colorectal adenomas. *Cancer Epidemiology Biomarkers*, 10, 5, 559–62.
- Skog, K., Jägerstad, M. 1991. Effects of Glucose on the Formation of PhIP in A Model System. *Journal of Carcinogenesis*, 12, 2297–2300.
- Skog, K., Jagerstad, M. 1993. Incorporation of carbon atoms from glucose into the food mutagens MeIQ_x and 4,8-DiMeIQ_x using C-14 labeled glucose in a model system. *Journal of Carcinogenesis* 14, 10, 2027–2031.
- Skog, K. 1993. Cooking procedures and food mutagens. A literature review. *Food Chemical Toxicology*, 31, 9, 655–75.
- Skog, K., Steineck, G., Augustsson, K., Jagerstad M. 1995. Effect of cooking temperature on the formation of heterocyclic amines in fried meat-products and pan residues. *Journal of Carcinogenesis*, 16, 4, 861–867.
- Skog, K., Augustsson, K., Steineck, G., Stenberg, M., Jägerstad, M. 1997. Polar and Non-polar Heterocyclic Amines in Cooked Fish and Meat Products and their Corresponding Pan Residues. *Food and Chemical Toxicology*, 35, 555-565.
- Skog, K., Johansson, M.A.E., Jagerstad, M.I. 1998. Carcinogenic heterocyclic amines in model systems and cooked foods: a review on formation, occurrence and intake. *Food and Chemical Toxicology*, 36, 9–10, 879–96.
- Skog, K., Solyakov, A., Jagerstad, M. 2000. Effects of heating conditions and additives on the formation of heterocyclic amines with reference to amino-carbolines in a meat juice model system. *Food Chemistry*, 68, 3, 299–308.
- Skog, K., and A. Solyakov. 2002. Screening for heterocyclic amines in chicken cooked in various ways. *Food and Chemical Toxicology*, 40, 2002, 1207–1212.
- Skog, K., Eneroth, A., Svanberg, M. 2003. Effect of different cooking methods on the formation of food mutagens in meat. *International Journal of Food Science and Technology*, 38, 3, 313–323.
- Smith, J.S., Ameri, F., Gadgil, P. 2008. Effect of marinades on the formation of heterocyclic amines in grilled beef steaks. *Journal of Food Science and Technology*, 73, 6, 100–105.
- Stavric, B. 1994. Biological significance of trace levels of mutagenic heterocyclic aromatic amines in human diet: a critical review. *Food and Chemical Toxicology*, 32, 10, 977-994.
- Stone, H. and Sidel, J.L. 1993. *Sensory evaluation practices*. Academic Press, 338, San Diego.
- Sugimura, T., Nagao, M., Kawachi, T., Honda, M., Yahagi, T., Seino, Y., Sato, S., Matsukura, N., Matsushima, T., Shirai, A., Sawamura, M., Matsumoto, H. 1977. Mutagen-carcinogens in food, with special reference to highly mutagenic pyrolytic products in broiled foods. In: Hiatt HH, Watson JD, Winsten JA, editors. *Origins of human cancer*, book C. New York, N.Y.: Cold Spring Harbour Laboratory Press, 1561–77.
- Sugimura, T. 1982. Carcinogenicity of mutagenic heterocyclic amines formed during the cooking process. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 150,1-2, 33-41.
- Sugimura, T. 1997. Overview of carcinogenic heterocyclic amines. *Mutation research*, 37, 211-219.

- Sugimura, T., Wakabayashi, K., Nakagama, H., Nagao, M. 2004. Heterocyclic amines: mutagens/carcinogens produced during cooking of meat and fish. *Cancer Science*, 95, 4, 290–299.
- Szterk, A., Roszko, M., Małek, K., Kurek, M., Zbiec, M., Waszkiewicz-Robak, B. 2012. Profiles and concentrations of heterocyclic aromatic amines formed in beef during various heat treatments depend on the time of ripening and muscle type. *Meat Science*, 92, 4, 587-595.
- Szterk, A., Waszkiewicz-Robak, B. 2014. Influence of selected quality factors of beef on the profile and the quantity of heterocyclic aromatic amines during processing at high temperature. *Meat Science*, 96, 3, 1177–1184.
- Szterk, A. 2015. Heterocyclic aromatic amines in grilled beef: The influence of free amino acids, nitrogenous bases, nucleosides, protein and glucose on HAAs content. *Journal of Food Composition and Analysis*, 40, 39-46
- Şahin, S., Sumnu, G., Oztop, M.H. 2007. Effect of osmotic pretreatment and microwave frying on acrylamide formation in potato strips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 2830-2836.
- Şimsek, A. 2011. Tüketime Hazır Balık Döner Üretimi; Kimyasal, Mikrobiyolojik Ve Duyusal Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek lisans Tezi.
- Tai, C.Y., Lee, K.H., Chen, B.H. 2001. Effect of various additives on the formation of heterocyclic aromatic amines in fried fish fibre. *Food Chemistry*, 75, 3, 309–316.
- Taylor, R. T., Fultz, E. and Knize, M. 1986. Mutagen formation in a model beef supernatant fraction: Elucidation of the role of water in fried ground beef mutagenicity. *Environmental Mutagenesis*, 8, 84-85.
- Tsen, S.Y., Ameri, F., Smith, J.S. 2006. Effects of rosemary extracts on the reduction of heterocyclic amines in beef patties. *Journal of Food Science*, 71,8, 469–473.
- Toribio, F., Busquets, R., Puignou, L., Galceran, M.T. 2007. Heterocyclic amines in griddled beef steak analysed using a single extract clean-up procedure. *Food Chemical Toxicology*, 45, 4, 667–675.
- Totsuka, Y., Ushiyama, H., Ishihara, J., Sinha, R., Goto, S., Sugimura, T., Wakabayashi, K. 1999. Quantification of the co-mutagenic beta-carbolines, norharman and harman, in cigarette smoke condensates and cooked foods. *Cancer Letters*, 143, 2, 139–143.
- Turesky, R.J. 2005. Interspecies metabolism of heterocyclic aromatic amines and the uncertainties in extrapolation of animal toxicity data for human risk assessment. *Molecular Nutrition and Food Research*, 49, 2, 101–117.
- Turesky, R.J. 2007. Formation and Biochemistry of Carcinogenic Heterocyclic Aromatic amines in Cooked Meats. *Toxicology Letters (Science Direct)*, 168, 219-227.
- Turesky, R.J., Goodenough, A.K., Ni, W., McNaughton, L., LeMaster, D.M., Holland, R.D., Wu, R.W., Felton J.S. 2007. Identification of 2-amino-1,7-dimethylimidazo [4,5-g] quinoxaline: an abundant mutagenic heterocyclic aromatic amine formed in cooked beef. *Chemical Research Toxicology*, 20, 3, 520–530.
- Turesky, R.J. 2010. Heterocyclic aromatic amines. Potential Human Carcinogens. *Advances in Molecular Toxicology*, Vol. 4, Chapter 2.
- Unusan, N. 2007. Consumer food safety knowledge and practices in the home in Turkey. *Food Control*, 18, 45-51.

- Üzümcüoğlu, Ü., Şahin, E. 2001. Ankara Piyasasında Satılan Döner Kebaplar Üzerine Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü.
- Viegas, O., Novo, P., Pinto, E., Pinho, O., Ferreira, IMPLVO. 2012. Effect of charcoal types and grilling conditions on formation of heterocyclic aromatic amines (HAs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in grilled muscle foods. *Food Chemical and Toxicology*, 50, 2128–2134.
- Vitaglione, P., Monti, S.M., Ambrosino, P., Skog, K., Fogliano, V. 2002. Carotenoids from tomatoes inhibit heterocyclic amine formation. *European Food Research and Technology*, 215, 2, 108–113.
- Vural, H., ve Öztan, A. 1996. Et Ürünleri Kalite Kontrol Laboratuvarı Uygulama Kılavuzu. Cilt 36. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları,
- Wang, J., Joshi, A.D., Corral, R., Siegmund, K.D., Marchand, L.L., Martinez, M.E., Haile, R.W., Ahnen, D.J., Sandler, R.S., Lance, P., Stern, M.C. 2012. Carcinogen metabolism genes, red meat and poultry intake, and colorectal cancer risk. *International Journal of Cancer*, 130, 1898–1907.
- Warzecha, L., Janoszka, B., Blazczyk, U., Srozyk, M., Bodzek, D., Dobosz, C. 2004. Determination of heterocyclic aromatic amines (HAs) content in samples of household-prepared meat dishes. *Journal of Chromatography B*, 802, 1, 95–106.
- Wong, K.-Y., Su, J., Knize, M.G., Koh, W.-P. and Seow, A., 2005. Dietary Exposure to Heterocyclic Amines in a Chinese Population. *Nutrition and Cancer*, 52, 147–155.
- Wong, D., Cheng, K.W., Wang, M. 2012. Inhibition of heterocyclic amine formation by water-soluble vitamins in Maillard reaction model systems and beef patties. *Food Chemistry*, 133, 3, 760-766.
- Yao, Y., Peng, Z. Q., Wan, K. H., Shao, B., Shi, J. M., Zhang, Y. W. 2013. Determination of heterocyclic amines in braised sauce beef. *Food Chemistry*, 141, 1847–1853.
- Yoshida, D., Matsumoto, T., Okamoto, H., Mizusaki, S., Kushi, A. and Fukuhara, Y., 1986. Formation of Mutagens by Heating Foods and Model Systems. *Environmental Health Perspective*, 67, 55-58.
- Zamora, R., Alcón, E., Hidalgo, F.J. 2012. Effect of lipid oxidation products on the formation of 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo [4, 5-b] pyridine (PhIP) in model systems. *Food Chemistry*, 135, 4, 2569–2574.
- Zamora, R., Alcón, E., Hidalgo, F.J. 2013. Comparative formation of 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo [4,5-b] pyridine (PhIP) in creatinine/phenylalanine and creatinine /phenylalanine / 4-oxo-2-nonenal reaction mixtures. *Food chemistry*, 138, 1, 180-185.
- Zimmerli, B., Rhy, P., Zoller, O., Schlatter, J. 2001. Occurrence of heterocyclic aromatic amines in the Swiss diet: analytical methods, exposure estimation and risk assessment. *Food Additive and Contaminant*, 18, 6, 533–551.
- Zochling, S., Murkovic, M. 2002. Formation of the heterocyclic aromatic amine PhIP: identification of precursors and intermediates. *Food Chemistry*, 79, 125–134.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Nesrin ÖZSARAÇ
Doğum Yeri :Konya
Doğum Tarihi :26.11.1982
Medeni Hali :Evli
Yabancı Dili :İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise :Özel Hafsa Sultan Kız Lisesi/Ankara
Lisans :Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans :Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği
Anabilim Dalı (2006)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müd. 2004-2012
Başbakanlık Türk İşbirliği ve Koordinasyon Ajansı (TİKA) Başkanlığı 2012-----

A) SCI VE SCI-EXPANDED KAPSAMINDAKİ YAYINLAR

Haskaraca, G., Demirok, E., Kolsarıcı, N., Öz, F., **Özsaraç, N.** 2014. Effect of green tea extract and microwave pre-cooking on the formation of heterocyclic aromatic amines in fried chicken meat products. Food Research International, 63, 373-381.

B) ULUSAL HAKEMLİ DERGİLERDEKİ YAYINLAR

Özsaraç, N., Kolsarıcı, N., Demirok, E. 2013. A Study on Nutritional Characteristics of Ostrich Meat (Devekuşu Etinin Besinsel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma). Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8(1); 63-68. (İngilizce).

C) ULUSLAR ARASI KONGRELERDEKİ SÖZLÜ BİLDİRİLER

Özsaraç, N., Kolsarıcı, N., Haskaraca, G., Demirok Soncu, E. 2015. Tavuk dönerlerde farklı pişirme yöntemleri ve sürelerinin heterosiklik aromatik amin oluşumu üzerine etkisi. **3rd International Poultry Meat Congress**. 22-26 April, Antalya, Turkey.

D) ULUSLAR ARASI KONGRELERDEKİ POSTER BİLDİRİLER

Kolsarıcı, N., Öz, F., Haskaraca, G., Demirok, E., **Özsaraç, N.** 2013. Effect of green tea extract and microwave pre-cooking on the formation of heterocyclic aromatic amines in fried chicken meat products. **2nd International Congress on Cocoa, Coffee and Tea**. 9-11 October, Napoli, Italy. (Abstract Book No:30)

Özsaraç, N., Demirok, E., Kolsarıcı, N. 2011. An overview of the pros and cons of red meat consumption. **4th International Congress on Food and Nutrition**. 12-14 October, İstanbul, Turkey. (Abstract Book Page 122, No: P-035).

Demirok E., **Özsaraç N.**, Kolsarıcı N. 2010. Meat quality assessment using biophysical methods. **1st International Congress on Food Technology**. 03-06 November, Antalya, Turkey. (The Association of Food Technology 41, Page 443, No: P626).

Özsaraç, N., Bostan A., Oral E., An overview of the Rapid Alert System in Food and Feed in Turkey. **4th International Congress on Food and Nutrition** 12-14th October 2011-Istanbul.

Beykaya M., **Özsaraç, N.**, Bostan A., Oral E., Food Safety Inspection System in Turkey. **4th International Congress on Food and Nutrition** 12-14th October 2011-Istanbul.

E) ULUSAL KONGRELERDEKİ POSTER BİLDİRİLER

Bulut, N., Kolsarıcı, N. Devekuşu Etinin Besinsel Özellikleri. **Türkiye 10. Gıda Kongresi. Poster**, 21-23 Mayıs 2008- Erzurum, Türkiye (Abstrakt kitabı sayfa 491).

F) PROJELER

Kaplamalı tavuk ürünlerinde heterosiklik aromatik amin ve akrilamid oluşumu, yeşil çay ekstraktı ve mikrodalga kullanımı ile azaltılma olanakları. **TÜBİTAK, 111O375. Bursiyer.** Kasım 2011-Nisan 2014.

Et ve Tavuk Dönerlerinde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Farklı Pişirme Yöntem ve Sürelerinin Etkisi. **BAP Proje Numarası: 2012-07-11-075. Araştırmacı.** Mart 2012-Eylül 2013.