

**KÖFTE ÜRETİMİNDE KONJUGE LİNOLEİK
ASİT KULLANIMININ HETEROSİKLİK
AROMATİK AMİN OLUŞUMUNA ETKİSİ**

İsa Han ÇAKMAK

**Yüksek Lisans Tezi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Doç. Dr. Fatih ÖZ
2015
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KÖFTE ÜRETİMİNDE KONJUGE LİNOLEİK ASİT
KULLANIMININ HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN
OLUŞUMUNA ETKİSİ**

İsa Han ÇAKMAK

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2015**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**KÖFTE ÜRETİMİNDE KONJUGE LİNOLEİK ASİT KULLANIMININ
HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMUNA ETKİSİ**

Doç. Dr. Fatih ÖZ danışmanlığında, İsa Han ÇAKMAK tarafından hazırlanan bu çalışma 25/02/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak ~~oybirliği/oy çokluğu~~ (3./2.) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

İmza :

Üye : Doç. Dr. Sadettin TURHAN

İmza :

Üye : Doç. Dr. Fatih ÖZ

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 05/03/2015 tarih ve 09/392 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Ertan YILDIRIM
Enstitü Müdürü

Bu çalışma BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: 2013/134

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

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KÖFTE ÜRETİMİNDE KONJUGE LİNOLEİK ASİT KULLANIMININ HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMUNA ETKİSİ

İsa Han ÇAKMAK

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fatih ÖZ

Araştırmada köfte üretiminde farklı seviyelerde (%0, %0,05, %0,1, %0,25 ve %0,5) konjuge linoleik asit kullanımının, farklı sıcaklıklarda (150°C, 200°C ve 250°C) pişirilen köftelerin bazı kalite kriterleri ve heterosiklik aromatik amin (HAA) oluşumu üzerine etkileri incelenmiştir. Kontrol grubu köftelerde kimyasal kompozisyonun yanı sıra, pH ve TBARS analizleri yapılmıştır. Farklı seviyelerde konjuge linoleik asit içeren köfteler ise farklı sıcaklıklarda pişirme işlemini takiben su, pH, TBARS ve HAA analizlerine tabii tutulmuştur. Ayrıca örneklerin pişirme kaybı da belirlenmiştir. HAA analizleri ise katı faz ekstraksiyon yöntemine göre yalnızca pişirilmiş örneklerde gerçekleştirilmiştir.

Araştırma sonucunda, pişirme işlemi neticesinde örneklerde su miktarının azaldığı, pH değerinin ise arttığı tespit edilmiştir. Örneklerde %38,31-52,88 arasında değişen oranlarda pişirme kaybı görülmüştür. Isıl işlem görmemiş köftelerde 1,19 mg MDA/kg olarak tespit edilen TBARS değeri, pişmiş örneklerde 1,64-2,51 mg MDA/kg arasında değişiklik göstermiştir. Köfte üretiminde konjuge linoleik asit kullanımının örneklerin su içeriği, pişirme kaybı ve TBARS değeri üzerine önemli bir etkisi gözlenmezken ($p>0.05$), pH ve toplam HAA içeriği üzerine çok önemli ($p<0.01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir. Analizi yapılan örneklerin hiçbirinde IQx bileşiği tespit edilemezken, örneklerin değişen miktarlarda IQ (0,029 ng/g>), MeIQx (0,21 ng/g'a kadar), MeIQ (0,09 ng/g'a kadar), 7,8-DiMeIQx (0,15 ng/g'a kadar), 4,8-DiMeIQx (0,08 ng/g'a kadar), PhIP (0,83 ng/g'a kadar), AαC (0,24 ng/g'a kadar) ve MeAαC (0,05 ng/g'a kadar) içerdiği tespit edilmiştir. Pişirilen örneklerin toplam HAA içeriği 0,03-1,49 ng/g arasında değişiklik göstermiştir. Köfte üretiminde %0,25 oranında konjuge linoleik asit kullanımı, özellikle 250°C'de pişirilen köftelerde toplam HAA içeriğini önemli ölçüde azaltmıştır.

2015, 72 sayfa

Anahtar Kelimeler: Köfte, Konjuge Linoleik Asit, Pişirme, TBARS, Heterosiklik Aromatik Amin

ABSTRACT

MS Thesis

THE EFFECT OF CONJUGATED LINOELIC ACID USAGE IN MEATBALL PRODUCTION ON THE FORMATION OF HETEROCYCLIC AROMATIC AMINES

İsa Han ÇAKMAK

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

Supervisor Assoc. Prof. Fatih ÖZ

In the present study, the effects of conjugated linoleic acid usage at different levels (0%, 0,05%, 0,1%, 0,25% and 0,5%) in meatball production on some quality criteria of meatballs cooked at different temperatures (150°C, 200°C and 250°C) and the formation of heterocyclic aromatic amines (HCAs) were investigated. Not only the chemical composition analyses but also pH and TBARS analyses were carried out in raw beef meatballs, while water, pH and TBARS analyses were determined in cooked samples. In addition, cooking losses were also determined. HCAs analyses were carried out only in cooked samples according to solid phase extraction method.

It was determined that the water content of samples decreased with cooking, while pH increased. The cooking losses were ranged from 38,31 to 52,88%. TBARS value that was 1,19 mg MDA/kg in raw samples was ranged from 1,64 to 2,51 mg MDA/kg in cooked samples. The usage of conjugated linoleic acid in the production of meatball had no significant effect ($p>0.05$) on water content, cooking loss and TBARS value, while it had very significant effect ($p<0.01$) on pH and total HCA content. While IQx could not detected in any of the samples analyzed, varying amounts of IQ (0,029 ng/g>), MeIQx (up to 0,21 ng/g), MeIQ (up to 0,09 ng/g), 7,8-DiMeIQx (up to 0,15 ng/g), 4,8-DiMeIQx (up to 0,08 ng/g), PhIP (up to 0,83 ng/g), AαC (up to 0,24 ng/g) and MeAαC (up to 0,05 ng/g) were detected in the samples. The total HCA content of the samples was ranged between 0,03 and 1,49 ng/g. The usage of 0,25% conjugated linoleic acid in the production of meatball significantly reduced total HCA content, especially in samples cooked at 250°C.

2015, 72 pages

Keywords: Meatball, Conjugated Linoleic Acid, Cooking, TBARS, Heterocyclic Aromatic Amine

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmanın planlanmasında, yürütülmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde manevi, insani ve bilimsel yardımlarını esirgemeyen ve bu günlere gelmemde en büyük katkı sahibi olan değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Fatih ÖZ'e teşekkürü bir borç bilir saygılar sunarım.

Araştırmanın yürütülmesinde yardımlarını gördüğüm Sayın Prof. Dr. M. İrfan Aksu'ya, Sayın Prof. Dr. Mükerrer KAYA'ya, Sayın Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI'ya, Sayın Doç. Dr. Memiş ÖZDEMİR'e, ayrıca çalışma arkadaşlarım Eldos ZİKİROV'a, Ali ZAMAN'a, Mehran MASOUMİ OZAN'a, Gül KOTAN'a, Mustafa Onur YÜZER'e ve Esra SEYYAR'a teşekkür ederim.

Tezimin yürütülmesinde, desteklerinden dolayı Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Destekleme Birimi'ne (2013/134), konjuge linoleik asit temininde yardımcı olan Sayın Mehmet GEDİK beyefendiye (Bio-Kim Gıda Tarım Hayv. San. Paz. Ve Tic. A.Ş.), Gıda Mühendisliği Bölümü ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Meşakkati gönence, korkuyu cesarete, hiddeti sükûnete, vahameti inayete dönüştüren mültefit insanlar annem, babam, ablam ve kuzenim Yrd. Doç. Dr. Rasim Alper ORAL'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

İsa Han ÇAKMAK

Şubat, 2015

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	13
3.1. Materyal.....	13
3.1.1. Et	13
3.1.2. Köfte hamurunun hazırlanması	13
3.1.3. Kimyasallar	13
3.2. Metot	16
3.2.1. Pişirme metodu.....	16
3.2.2. Su içeriğinin belirlenmesi.....	16
3.2.3. Pişirme kaybının belirlenmesi	16
3.2.4. pH değerinin belirlenmesi	16
3.2.5. Ham protein içeriğinin belirlenmesi.....	17
3.2.6. Tiyoarbitürik asit reaktif maddelerin (TBARS) belirlenmesi	17
3.2.7. HAA miktarının belirlenmesi	17
3.2.8. İstatistiki analiz.....	18
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	19
4.1. Hammaddeye Ait Analiz Sonuçları.....	19
4.2. Su İçeriği Sonuçları	20
4.3. Pişirme Kaybı Sonuçları.....	23
4.4. pH Değerleri Sonuçları.....	26
4.5. TBARS Değeri Sonuçları.....	29
4.6. HAA İçeriği Sonuçları.....	34

4.6.1. Geri kazanımlar	34
4.6.2. HAA miktarları.....	36
4.6.3. Örneklerin IQx içerikleri	38
4.6.4. Örneklerin IQ içerikleri	38
4.6.5. Örneklerin MeIQx içerikleri.....	39
4.6.6. Örneklerin MeIQ içerikleri.....	40
4.6.7. Örneklerin 7,8-DiMeIQx içerikleri	41
4.6.8. Örneklerin 4,8-DiMeIQx içerikleri	42
4.6.9. Örneklerin PhIP içerikleri	43
4.6.10. Örneklerin AαC içerikleri.....	45
4.6.11. Örneklerin MeAαC içerikleri	46
4.6.12. Örneklerin toplam HAA içerikleri	46
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	54
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ	73

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AIA	Aminoimidazoazoaren
A α C	2-amino-9H-pirido[2,3- <i>b</i>]indol
dk	Dakika
G	Gram
HAA	Heterosiklik Aromatik Amin
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
IQ	2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinolin
IQx	2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
KLA	Konjuge Linoleik Asit
LOD	Tespit Edilebilme Sınırı
LOQ	Miktarın Belirlenebilme Sınırı
MDA	Malonaldehit
MeA α C	2-amino-3-metil-9H-pirido[2,3- <i>b</i>]indol
MeIQ	2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinolin
MeIQx	2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
mg	Miligram
nd	Tespit Edilemedi
nq	Miktarı Belirlenemedi
ng	Nanogram
PhIP	2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5- <i>b</i>]piridin
rpm	Dakıkada Dönme Hızı
s	Saniye
TBARS	Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeler
4,8-DiMeIQx	2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
7,8-DiMeIQx	2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
%	Yüzde
°C	Santigrat Derece

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Linoleik asit ve rumende sentezlenen konjuge izomerleri	2
Şekil 4.1. Mix stok solüsyonların (0,5 ng/g, 1 ng/g, 2,5 ng/g, 5 ng/g ve 10 ng/g) HPLC kromotogramları	35
Şekil 4.2. Örneklerin farklı pişirme sıcaklıklarına göre toplam HAA içerikleri	48
Şekil 4.3. Örneklerin farklı KLA içeriklerine göre toplam HAA içerikleri.....	49
Şekil 4.4. Konsantrasyon x sıcaklık interaksiyonunun toplam HAA miktarları üzerine etkisi	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bazı gıdaların KLA içerikleri	10
Çizelge 4.1. Araştırmada materyal olarak kullanılan köftelerin analiz sonuçları.....	20
Çizelge 4.2. Kontrol grubu ve farklı seviyelerde KLA içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu elde edilen su içerikleri	21
Çizelge 4.3. Kontrol ve farklı seviyelerde KLA ilave edilerek üretilen köftelerin su içeriklerine ait varyans analiz sonuçları.....	22
Çizelge 4.4. Pişirme sıcaklığının köftelerin su içeriği üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	23
Çizelge 4.5. Kontrol grubu ve farklı seviyelerde KLA içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu elde edilen pişirme kayıpları	24
Çizelge 4.6. Kontrol ve farklı seviyelerde KLA ilave edilerek üretilen köftelerin pişirme kayıplarına ait varyans analiz sonuçları	25
Çizelge 4.7. Pişirme sıcaklığının köftelerin pişirme kayıpları üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	26
Çizelge 4.8. Kontrol grubu ve farklı seviyelerde KLA içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu elde edilen pH değerleri	27
Çizelge 4.9. Kontrol ve farklı seviyelerde KLA ilave edilerek üretilen köftelerin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	28
Çizelge 4.10. KLA konsantrasyonunun pişirilmiş köftelerin pH değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	28
Çizelge 4.11. Pişirme sıcaklığının köftelerin pH değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	29
Çizelge 4.12. Kontrol grubu ve farklı seviyelerde KLA içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu elde edilen TBARS değerleri.....	30
Çizelge 4.13. Kontrol ve farklı seviyelerde KLA ilave edilerek üretilen köftelerin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	31
Çizelge 4.14. Pişirme sıcaklığının köftelerin TBARS değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	33
Çizelge 4.15. Analiz yapılan HAA'ların geri kazanımları, LOD ve LOQ değerleri	34

Çizelge 4.16. Farklı konsantrasyonlarda konjuge linoleik asit içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu oluşan heterosiklik aromatik amin miktarları (ng/g)	37
Çizelge 4.17. Kontrol grubu ve farklı seviyelerde KLA içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu elde edilen toplam HAA miktarları	47
Çizelge 4.18. Kontrol ve farklı seviyelerde KLA ilave edilerek üretilen köftelerin toplam HAA değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	49
Çizelge 4.19. KLA konsantrasyonunun pişirilmiş köftelerin toplam HAA değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	50
Çizelge 4.20. Pişirme sıcaklığının köftelerin toplam HAA değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	52

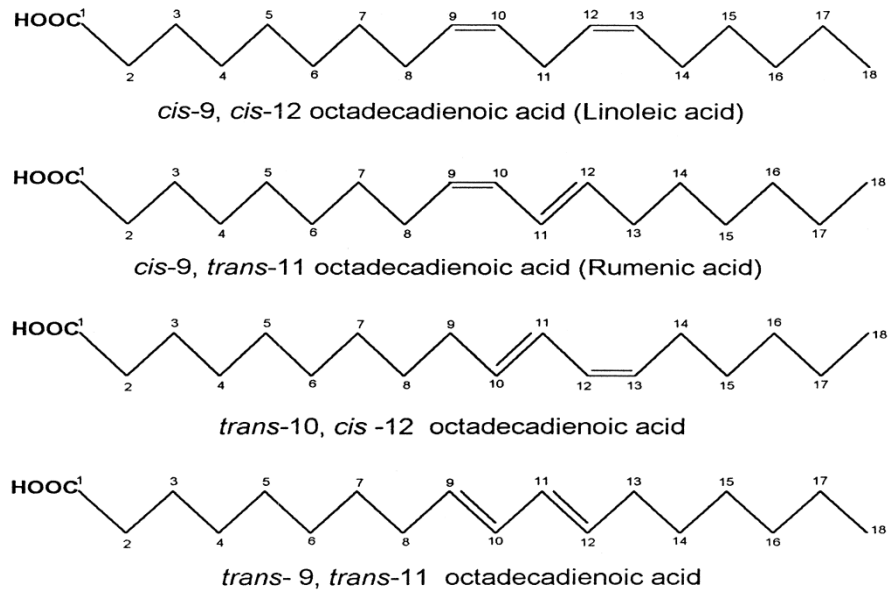
1. GİRİŞ

Sağlıklı, dengeli ve yeterli beslenmenin öneminin anlaşılmasından sonra insanlar diyetlerinde özellikle vücut için elzem olan besin öğelerine daha fazla yer vermeye başlamışlardır. Et, içerdiği makrobileşikler (protein ve yağ) ve mikrobileşikler (mineral madde ve vitamin) nedeniyle beslenme açısından hayvansal orjinli gıdalar arasında önemli bir yer almaktadır (Lawrie 1991). Etin içerdiği bazı mikrobileşikler bitkisel kaynaklı gıdalarda ya hiç bulunmamakta ya da çok düşük biyoyararlılığa sahip olmaktadır (Biesalski 2005). Bu nedenle et tüketimi sağlık için gerekli olan pekçok besin maddesini (esansiyel aminoasit, esansiyel yağ asitleri, özellikle B grubu vitaminleri ve Fe, Zn gibi mineral maddeler) diyetimize dahil etmektedir. Ayrıca protein bakımından zengin olup karbonhidrat içeriğinin çok düşük olması nedeniyle etin, obezite, diyabet ve çeşitli kanser hastalıklarını tetiklediği düşünülen glisemik indeksi düşük tutmaya yardım ettiği de belirtilmektedir (Biesalski 2005).

Konjuge linoleik asit (KLA), linoleik asidin (*cis*-9, *cis*-12-oktadekadienoik asit) konjuge pozisyonel ve geometrik izomerlerinin bir karışımıdır. KLA'daki iki çift bağ karbon zincirindeki 9-11, 10-12 veya 11-13 pozisyonlarındadır (Nas vd 1998; O'Shea *et al.* 1998). KLA'nın başlıca izomerleri *cis*-9, *cis*-11; *trans*-9, *cis*-11; *trans*-9, *trans*-11; *trans*-10, *trans*-12 ve *trans*-10, *cis*-12 oktadekadienoik asitlerdir. Daha az bulunan izomerler ise *cis*-10, *cis*-12; *cis*-10, *cis*-12; *cis*-10, *trans*-12 ve *cis*-11, *cis*-12 oktadekadienoik asitlerdir. KLA'nın biyolojik aktif izomerleri ise *cis*-9, *trans*-11 ve *trans*-10, *cis*-12'dir (Ercoskun vd 2005).

KLA izomerleri, son ürünü stearik asit olan iki farklı metabolik yolla sentezlenmektedir. Birinci metabolik yolda; *c*9,*t*11 izomeri ruminant hayvanların rumenlerinde linoleik asitten, rumen bakterisi *Butyrivibrio fibrosolvens* aracılığıyla mikrobiyal biyohidrojenasyon yoluyla sentezlenmektedir. Bu bakterinin sahip olduğu bir enzim olan linoleat *c*12,*t*11 izomeraz enzimi serbest (-COOH) grubu varlığında ve pH 7,2-8,2 aralığında maksimum aktivite göstererek linoleik asidin 12. karbon atomunda bulunan

çift bağı 11. karbon atomuna taşımakta ve *c/c* konfigürasyonunu *c/t* konfigürasyonuna dönüştürmektedir (Bessa *et al.* 2000). Bu aşamada *c9,t11* izomeri ara ürün olarak sentezlenmekte ve bir kısmı dokulara taşınmaktadır. Dokulara taşınmayan izomerler KLA redüktaz enzimi aracılığıyla redükte edilmekte ve *trans* vakkenik asit (*t11*-oktadesenoik asit C18:1) oluşmaktadır. Bu bileşiğinde bir kısmı dokulara taşınmaktadır. Metabolik yolun son basamağında ise taşınamayan *trans* vakkenik asit bir başka rumen bakterisi tarafından hidrojene edilerek stearik asit oluşmaktadır. Linoleik asidin yanı sıra α -linolenik, γ -linolenik ve oleik asit de ruminantların rumenlerinde önce *trans* vakkenik aside, ardından stearik aside hidrojene edilmektedir. Bu yağ asitlerinden ara ürün olarak *c9,t11* izomerinin sentezi söz konusu değildir (Fritsche and Steinhart 1998a; Bauman *et al.* 1999; Pariza *et al.* 2001; Khanal and Olson 2004; Schmid *et al.* 2006).



Şekil 1.1. Linoleik asit ve rumende sentezlenen konjuge izomerleri (Bessa *et al.* 2000)

İzomerizasyon ve hidrojenasyon reaksiyonları, doymamış yağ asitleri konsantrasyonu, rumen pH'sı, rumen iyonik gücü ve düşük miktarda diyet lif tüketimi gibi faktörlerden etkilenmektedir (Bauman *et al.* 1999; Bessa *et al.* 2000). Rumen pH'sının düşüşü metabolik iz yolunu değiştirmezken, *c9,t11* izomerinin yerine *t10,c12* izomerinin sentezlenmesine neden olmaktadır (Muller and Delahoy 2005).

İkinci metabolik yol ile KLA izomerlerinin sentezi, adipoz dokularda ve memeli salgı bezinde gerçekleşmektedir. Emilim ile dokulara taşınan *trans* vakkenik asitten endojen Δ^9 -desaturaz enzimi aracılığıyla c9,t11 ve t10-oktadesenoik asitten de t10,c12 izomerleri desatürasyonla sentezlenmektedir (Bauman *et al.* 1999; Griinari *et al.* 2000; Pariza *et al.* 2001; Khanal and Olson 2004). Sığır etinde %10'dan daha az oranlarda t9,t11; t10,c12; t10,t12; c9,c11; t9,c11 izomerleri de bulunmaktadır (Mulvihill 2001).

Rumende ara ürün olarak sentezlenen izomerlerin dokulara taşınım oranının oldukça düşük oluşu ve bağırsaklardan emilen *trans* oktadesenoik asit konsantrasyonunun yüksek oluşu nedeniyle hayvansal gıdalardaki KLA'nın %64-78'i ikinci metabolik yol ile sentezlenmektedir (Bauman *et al.* 1999; Mulvihill 2001).

KLA; diyabet, aşırı kilo ve bazı kanser türleri gibi çeşitli hastalıklara karşı koruyucu ve tedavi edici özellikler, ayrıca bağışıklık ve sinir sistemini destekleyici etkiler göstermektedir. En çok geniş getiren hayvanlardan elde edilen ürünlerde bulunan KLA, birçok hastalığı tedavi edici ve/veya koruyucu etki göstermesi nedeniyle, 1999'da Amerikan Diyet Kurumu tarafından fonksiyonel gıda olarak kabul edilmiştir (Ercoskun vd 2005).

İnsan kanserlerinin en büyük sebebinin beslenme kaynaklı olduğu ifade edilmiştir (Sugimura 2002; Goldman and Shields 2003; Kulp *et al.* 2003). Bunun üzerine de protein bakımından zengin gıdaların pişirilmesi ile oluşan çeşitli kimyasal bileşiklerin çok önemli etkisinin olduğu belirtilmiştir. Et iyi bir protein kaynağıdır ve pişirme metotları etin kalitesi üzerine oldukça önemli etkiye sahiptir. Etin pişirilmesi esnasında insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerinin olduğu bilinen bir takım kimyasal bileşikler oluşmaktadır. Protein bakımından zengin gıdaların pişirilmesi esnasında oluşan çeşitli kimyasal bileşiklerin insan kanserleri üzerine çok önemli etkisinin olduğu belirtilmektedir (Tikkanen *et al.* 1996; Klassen *et al.* 2002). Bu kimyasal bileşikler arasında heterosiklik aromatik aminler (HAA'lar) önemli bir yer tutmaktadır (Klassen *et al.* 2002).

HAA'lar ilk olarak 1977 yılında Japon bilim adamları tarafından ızgarada kızartılmış et ve balıkta tespit edilmiştir (Nagao *et al.* 1977). Epidemiyolojik çalışmalar, HAA'ların çoğunun mutajenik, neredeyse tamamının ise karsinogenik olduğunu kanıtlamıştır (Sugimura 1995; Skog *et al.* 1998). Yapılan çalışmalar; pankreas, göğüs, kolorektal, prostat ve üreter kanserleri ile et ve balığın yüksek miktarda tüketimi arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermiştir (Klassen *et al.* 2002; Knize *et al.* 2002). Günümüze kadar gıdalardan 25'ten fazla HAA izole ve identifiye edilmiştir (Alaejos and Afonso 2011; Puangsombat *et al.* 2012).

HAA'lar ısıtıl işlem uygulanmış et ve et ürünlerinde oluşmaktadır. Oluşan HAA ve miktarları; ısıtıl işlem gören et tipi, pişirme şartları (sıcaklık, süre, ekipman ve metot), pH, su aktivitesi, karbonhidratlar, serbest aminoasitler ve kreatin gibi faktörlere bağlıdır (Felton *et al.* 1997; Reistad *et al.* 1997; Pais *et al.* 1999; Felton *et al.* 2000; Keating and Bogen 2001; Öz *et al.* 2007, 2010a). Ayrıca ısı ve kütle transferi, yağlar, yağ oksidasyonu ve antioksidantların da HAA'ların konsantrasyonuna etki ettiği belirlenmiştir (Jägerstad *et al.* 1998; Öz 2010, 2011; Öz and Kaya 2011a, 2011b, 2011c; Öz *et al.* 2015).

HAA'ların karsinogen ve/veya mutajenik olduklarının belirlenmesinden sonra yapılan çalışmalar, et gibi protein bakımından zengin gıdaların pişirilmesi esnasında oluşabilen bu zararlı bileşiklerin azaltılmasına yönelik olmuştur. HAA'ların oluşumuna oksidatif reaksiyonların etki ettiği bilindiğinden dolayı da et ve ürünlerinin hazırlanmasında antioksidan bileşikler ve bu özelliğe sahip baharat ve çeşitli gıda ingredientleri kullanımı oldukça dikkat çekmektedir (Pearson *et al.* 1992; Britt *et al.* 1998; Murkovic *et al.* 1998; Zöchling and Murkovic 2002; Shin *et al.* 2002a,b, 2003; Öz and Kaya 2011a,b). Bu bağlamda önceleri sentetik antioksidanlar ön plana çıkmıştır. Ancak sağlık kaygısı nedeniyle BHA, BHT, PG ve TBHQ gibi sentetik antioksidanların bazı Avrupa ülkeleri, Japonya ve Kanada gibi ülkelerde yasaklanması (Wanasundara and Shahidi 1998; Tang *et al.* 2001) son zamanlarda doğal antioksidanları ön plana çıkarmıştır. Bu nedenle köfte üretiminde konjuge linoleik asit kullanımının HAA oluşumuna etkisinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Literatürde konjuge linoleik asitin HAA'ların

oluşumu üzerine etkisi ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Mevcut araştırma tüketim açısından önemli bir yere sahip olan köfteye, farklı oranlarda (%0, %0,05, %0,1, %0,25 ve %0,5) konjuge linoleik asit ilave edilmesinin HAA oluşumu üzerine olan etkisinin belirlenmesi amacıyla planlanmış ve yürütülmüştür. Ayrıca araştırmada kontrol grubu ve farklı seviyelerde KLA içeren köftelerin diğer bazı kalitatif özellikleri de incelenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Son yıllarda bazı gıdaların doğal yollardan hastalıkların önlenmesi ve tedavisindeki etkinliğinin bilimsel olarak kanıtlanması sağlığımızın korunmasında beslenme desteğinin önemini artırmıştır. Bu nedenle fonksiyonel gıdalar ve doğal sağlık ürünleri daha fazla tüketilmeye başlanmıştır. Fonksiyonel gıdalar, besleyici özellikleri dışında vücudumuza fizyolojik yararlar sağlayan ve kronik hastalık riskini azaltabilen gıdalardır (Coşkun 2005). Bu fonksiyonel bileşiklerden birisi de, son yıllarda büyük ilgi gören, insan sağlığı üzerine çok önemli etkilerinin bulunduğu tespit edilen ve özellikle ruminant hayvanlardan elde edilen ürünlerde bulunan konjuge linoleik asit (KLA) izomerleridir (Bauman *et al.* 2000).

KLA, 1979 yılında Wisconsin Üniversitesi'nden Michael W. Pariza'nın sığır eti hamburgerlerinin pişme sıcaklığı ve süreleri üzerine yaptığı bir çalışmada rastlantı sonucu bulunmuştur (Ercoşkun vd 2005).

KLA'nın insan metabolizmasında bağışıklık sistemini geliştirdiği, gelişmeyi ve büyümeyi teşvik ettiği, kas gelişimini artırdığı; kolesterolü, arterioskleroz riskini ve vücutta yağ birikimini azalttığı, diyabete karşı koruyucu olduğu ve antikarsinojenik, antibakteriyel ve antioksidatif etki gösterdiği belirtilmektedir (Lee *et al.* 1994; Mir *et al.* 1999; Khanal and Olson 2004; Weldon *et al.* 2004; Alfaia *et al.* 2006; Nestel *et al.* 2006; Park and Pariza 2007; Halade *et al.* 2010; Pierre *et al.* 2013). KLA'nın insan metabolizması üzerindeki etkilerini inceleyen çalışma sayısı oldukça azdır.

KLA'nın antikarsinojenik etkiye sahip olduğu ilk defa Ha *et al.* (1987) tarafından yapılan bir çalışmada belirlenmiştir. Bu tarihten sonra yapılan çalışmalarla KLA'nın kanserin tüm safhalarında antikarsinojenik etki gösterdiği tespit edilmiştir (Ercoşkun vd 2005).

Fare ve ratlarla yapılan alışmalar, KLA'nın özellikle deri, mide, göğüs ve kolon kanseri üzerine etkili olduğunu göstermiştir (Kritchevsky 2000). Etki mekanizması var olan tümörlerin aktivitesini inhibe etmesi, yeni tümörlerin oluşumunu ve kanserli hücrelerin yayılımını engellemesiyle açıklanmıştır (Muller and Delahoy 2005).

KLA katkılı yemlerle beslenen deney hayvanlarında 12 hafta sonunda lipit birikimi ve aortta plaka oluşumu azalmıştır. Bu etkilerin sonuçlarının araştırılması sonucu denek hayvanlarının kanlarında toplam kolesterol, düşük yoğunluklu kolesterol (LDL veya kötü kolesterol) ve trigliserit konsantrasyonlarında önemli düşüşler gözlenmiştir. Böylece KLA'nın antiatherojen özelliklerinin sonucu kolesterol ve yağ birikimini azalttığı tespit edilmiştir (Ercoşkun vd 2005).

KLA vücut bileşimi üzerine de olumlu etkilere sahiptir. Yapılan bir çalışmada %0,5 KLA içeren diyetle beslenen farelerin kontrol farelerine kıyasla vücut yağlarında %60 azalma ve yağsız vücut kütlelerinde %14 artış gözlenmiştir (Park *et al.* 1997).

KLA izomerleri kandaki toplam kolesterol, LDL ve trigliserit miktarını düşürme, HDL konsantrasyonunu artırma ve karaciğerdeki kolesterol konsantrasyonunu azaltma özelliği sayesinde kalp-damar sağlığı üzerine olumlu etkiye sahiptir. Ayrıca izomerlerin hipertansiyon üzerine de pozitif etkisinin olduğu belirtilmektedir (Huang *et al.* 2008). Ancak bu etki izomerlerin tüketim süresine ve dozuna bağlıdır (Benito *et al.* 2001).

Hayvanlarda KLA'nın vücut yağını azalttığına dair çok fazla çalışma yapılmış olmasına rağmen, insanlarda bu konuda yapılmış çalışma sayısı oldukça azdır. Batı toplumunda obez sayısının giderek artması ve bunun da metabolik sendrom (MS)'la ilişkisi yüzünden KLA'nın etkileri önemli olmakla birlikte bulgular çelişkilidir. Konu ile ilgili bir araştırmada, KLA'nın etkilerini belirlemek amacıyla 60 obez veya fazla kilolu kadın ve erkek; gönüllü 5 gruba ayrılmış ve 12 hafta süre ile plasebo grubuna 9 g/gün zeytinyağı, diğer gruplara ise değişik dozlarda (1,7-3,4-5,1 ve 6,8 g/gün) KLA izomer karışımı içeren ve zeytinyağı ile 9 g'a tamamlanmış diyet verilmiştir. Araştırma

sonunda 3,4 ve 6,8 g/gün KLA alan gönüllülerde vücut ağırlığı değişmemekle beraber, plasebo grubu ile karşılaştırıldığında vücut yağ kitlesinde anlamlı derecede azalma gözlenmiş ve 3,4 g/gün KLA'nın 12 hafta süre ile kullanımının obez ve fazla kilolularda vücut yağ kitlesini azaltmakta yeterli olacağı sonucuna varılmıştır (Blankson *et al.* 2000).

Thom *et al.* (2001) 10'ar kişilik normal kilolu, egzersiz yapan gönüllülerden oluşan deney grubuna 1,8 g/gün KLA karışımı, kontrol grubuna ise hidrojel vermişler ve her iki grubun vücut ağırlığında 12 hafta sonunda fark olmamasına rağmen KLA verilen grubun vücut yağ oranında kontrol grubu ile kıyaslandığında %4 azalma gözlemişler ve KLA'nın egzersiz yapan sağlıklı insanlarda vücut yağını azalttığı sonucuna varmışlardır.

KLA izomerleri, glukoz metabolizmasını düzenleyerek diyabet üzerine de etki etmektedir. Diyabet hastaları ile yapılan araştırmada, özellikle t10,c12 izomerinin hastalarda kan şekeri ve kan trigliserit konsantrasyonunu azaltarak glukozun kullanılabilirliğini artırdığı gözlenmiştir (Ryder *et al.* 2001). İzomerlerin etki mekanizması vücutta kilo kaybı ile sorumlu bir genin uyarılarak lipoliz reaksiyonunun hızlandırılması ve böylece obezite beraberinde diyabet oluşumunun engellenmesi ile açıklanmaktadır (Huang *et al.* 2008).

Model sistemlerde yapılan çalışmalarda KLA'nın antioksidatif etkiye sahip olduğu da tespit edilmiştir (Stanton *et al.* 1997; Kritchevsky 2000). Yapılan bir çalışmada KLA'nın linoleik asit/fosfat tamponu/etanol sisteminde E vitamini ve bütillenmiş hidroksi tolüenden (BHT) daha yüksek antioksidatif potansiyele sahip olduğu tespit edilmiştir (Shanta *et al.* 2001).

Hayvan modelleri üzerinde yapılan başka bir çalışmada, KLA'nın doku ve ürünlerde antioksidan özelliğe sahip olduğu bildirilmiştir (Mir *et al.* 1999). Nitekim, Du and Ahn (2002) broiler yemlerine ilave edilen KLA'nın pişmiş etlerde oksidasyona karşı

dayanıklılığı artırdığını saptamışlardır. Yine Bölükbaşı (2006) broiler yemlerine %0, 1, 2 ve 3 düzeylerinde KLA ilave ederek yaptığı çalışmada, yeme KLA ilavesinin dokularda oksidasyonu etkilediğini ve ilave edilen miktara paralel olarak but ve göğüs kas dokusundaki oksidasyonu önemli derecede azalttığını bildirmiştir.

KLA'nın tümör oluşumunu destekleyen serbest radikaller ve inflamatuvar sitokin oluşumunu engelleyerek bağışıklık sistemini kuvvetlendirdiği de belirtilmiştir (Hwanbo *et al.* 2006; İnanç 2006; Lee *et al.* 2006; Çelik 2007).

KLA'nın iskelet sistemi üzerine olan pozitif etkisi yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Kemik hücrelerini oluşturacak osteoblastlar ile laboratuvarında yapılan çalışmada, KLA'nın kalsiyum absorpsiyonunu, alkalın fosfataz aktivitesini ve osteokalsin düzeyini artırdığı gözlenmiştir (Huang *et al.* 2008). Menapoz sonrası bayanlarda kemik mineral düzeyini iyileştirici etki gösterdiği de belirtilmiştir (Rahman *et al.* 2003).

Farklı ürünlerdeki KLA düzeyleri ilk kez 1990'ların başlarında belirlenmiştir (Çelik 2006). Gıdalarda KLA içeriğini birçok faktör etkilemektedir. Geviş getiren hayvanlardan elde edilen ürünler KLA içeriği bakımından en zengin ürünlerdir. Özellikle kuzu eti KLA bakımından en zengin kaynaktır. 1 g yağın içermiş olduğu toplam KLA esas alındığında, kuzu etinin 5,6 mg/g, sığır etinin 2,9-4,3 mg/g ve dana etinin 2,7 mg/g KLA içerdiği belirtilmiştir. Tavuk ve domuz etleri ise sırası ile 0,9 mg/g ve 0,6 mg/g KLA içermektedir (Chin *et al.* 1992). Çizelge 2.1'de bazı gıdaların KLA içerikleri verilmiştir.

Et ürünlerinin KLA içeriği, üretimlerinde kullanılan çiğ et materyalleri ile benzerlik göstermektedir (Chin *et al.* 1992; Fritsche and Steinhart 1998a). Örneğin konserve sığır eti (6,6 mg/g yağ) konserve tavuk göğsünden (0,4 mg/g yağ) daha yüksek oranda KLA içermektedir. Ruminant etleri içeren bebek mamaları, ruminant olmayan etleri, soya ve süt proteini içeren mamalara göre daha yüksek oranda KLA içermektedir (Chin *et al.* 1992).

Çizelge 2.1. Bazı gıdaların KLA içerikleri (Chin *et al.* 1992)

Gıda	Toplam KLA (mg/g yağ)	Cis-9, trans-11 izomeri (%)
Taze Sığır Kıyma	4,3	85
Sığır Budu	2,9	79
Sığır Kol	3,3	83
Tütsülenmiş Sığır Sosis	3,8	84
Dana Eti	2,7	84
Kuzu Eti	5,6	92
Domuz Eti	0,6	82
Tavuk	0,9	84
Hindi	2,5	76
Somon	0,3	Tespit Edilmedi
Alabalık	0,5	Tespit Edilmedi
Karides	0,6	Tespit Edilmedi
Homojenize Süt	5,5	92
Tereyağı	4,7	88
Krema	4,6	90
Yoğurt	4,8	84
Dondurma	3,6	86
Çedar Peyniri	3,6	93
Mozarella Peyniri	4,9	95
Ayçiçeği Yağı	0,4	38
Kanola Yağı	0,5	44
Mısır Yağı	0,2	39

İnsanlar üzerinde biyolojik etkilerini gösterebilmesi için, günlük tüketilmesi gereken KLA miktarları hakkında, değişik araştırmacıların farklı rakamlar (Chamruspollert and Sell (1999) 1,5-3 g/gün; Blankson *et al.* (2000) 3,4 g/gün; Hah *et al.* (2006) 3 g/gün; Ip *et al.* (1995) 3 g/gün; Cherian *et al.* (2002) 3 g/gün; Ha *et al.* (1989) 3 g/gün bildirmelerine karşın, şimdiye kadar elde edilen araştırma bulguları, KLA'nın insanlar üzerindeki etkilerinin henüz tam olarak nitelik kazanmadığını ve konuyla ilgili daha fazla araştırma yapılması gerektiğini göstermektedir (Çelebi ve Kaya 2008).

KLA miktarının gıdalarda istenilen düzeyden düşük oluşu, yapılan çalışmaları gıdalardaki miktarının artırılması yönünde hızlandırmıştır. Bu amaçla otlatma, rasyona linoleik ve linolenik yağ asit kaynağı olan bitkisel yağların ya da tohumların ilavesi veya balık yağı ilavesi en çok kullanılan yöntemler olup, ete KLA enjeksiyonu da KLA miktarını artıran bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır (Baublits *et al.* 2007). Bu uygulamalar içerisinde en iyi sonuç doğal çayırlarda otlatma yönteminden elde edilmiştir. Çimen, yüksek konsantrasyondaki diyet lif içeriği sayesinde rumendeki bakteri popülasyonunu ve aktivitesini dolaylı yoldan da KLA miktarını artırmaktadır (Mir *et al.* 2004). %19,36 oranında linoleik asit ve %55,77 oranında linolenik asit içeren çayırdaki otlatılan kuzuların *Longissimus dorsi*, *Triceps brachii* ve *Semimembranosus* kaslarındaki kesim ağırlığının artışına paralel olarak KLA miktarının arttığı belirlenmiştir (Serra *et al.* 2009).

Otlatma ve konsantre yemin KLA miktarına etkisinin karşılaştırıldığı araştırmada, KLA miktarı konsantre yem ve doğal çimenle beslemede sırasıyla kuzuların kas dokusunda %1,1-%1,9, deri altı yağ dokusunda %1,4-%2,5 ve fosfolipidlerde %0,4-%0,7 olarak tespit edilmiştir (Nuernberg *et al.* 2005). Kasaplık sığırlarla yürütülen çalışmada *Longissimus dorsi* kasındaki KLA artışı, Warner Bratzler Shear değerini azaltarak etin gevrekliğini artırmıştır (Realini *et al.* 2004).

Rasyona bitkisel yağ ilavesinin etlerin KLA miktarı üzerine etkili bir yöntem olduğu ve etki düzeyinin bitkisel yağın çeşidine göre değiştiği belirtilmektedir (Schmid *et al.* 2006). Linoleik asitçe zengin ayçiçek yağı ilave edilen rasyonla beslenen kuzu ile koyun diyafram bölgesi kaslarında KLA miktarı %55, but kaslarında %37, kaburga üstü kaslarında %33 ve deri altı yağ dokusunda %33 oranında artmıştır (Ivan *et al.* 2001).

Yapılan bir başka çalışmada rasyona ayçiçek yağı ilavesi sığır *Longissimus dorsi* kasında KLA miktarının %225 gibi yüksek bir oranda artmasını sağlamıştır (Sarries *et al.* 2009). Rasyona %6 oranında safran yağı ilavesi kuzuların yağ dokularında KLA miktarını %200 oranında artırmıştır (Mir *et al.* 2000).

Mir *et al.* (1999) süt keçisi rasyonlarına %0, 2, 4 ve 6 düzeylerinde linoleik ve linolenik yağ asitleri bakımından zengin kanola yağı ilave ederek yapmış oldukları araştırmada, rasyona kanola yağı ilavesinin süt verimi ve sütün protein miktarını önemli derecede etkilemezken, süt yağındaki KLA miktarını önemli derecede etkilediğini ve grupların KLA oranlarını sırasıyla, 10,53, 19,42, 32,05 ve 29,46 mg/g yağ tespit ettiklerini rapor etmişlerdir.

Ticari KLA kaynaklarının rasyona ilavesi ile etlerdeki KLA miktarı değişimi de bazı çalışmalarda incelenmiştir. %0,25 düzeyinde rasyona eklenen ticari KLA, domuzların *Biceps femoris* kasında c9,t11 miktarını %130 ve toplam KLA düzeyini %180 oranında, adipoz dokuda ise c9,t11 miktarını %450 ve toplam KLA düzeyini %610 oranında artırmıştır (Lo Fiego *et al.* 2005). %0,25, %0,5 ve %1 düzeylerinde rasyona ilave edilen ticari KLA, kanatlı kasında c9,t11 miktarını sırasıyla %0,12, %0,24 ve %0,5; t10,c12 miktarını da sırasıyla %0,37, %0,87 ve %1,68 oranında artırmıştır (Du *et al.* 2000). Aynı araştırmacıların diğer bir çalışmasında da, rasyona %1,25, %2,5 ve %5 oranlarında ilave edilen ticari KLA, kanatlı göğüs etlerinde KLA miktarını sırasıyla %3,8, %7,2 ve %13,9 oranında artırmıştır (Du *et al.* 2002).

Yapılan alışmalar ete uygulanan çeşitli proseslerin etteki KLA miktarını azaltmadığını göstermiştir (Mulvihill 2001; Khanal and Olson 2004; Schmid *et al.* 2006). Kuzu *Longissimus thoracic* kasına uygulanan ışınlama işleminin kasın KLA miktarına etki etmediği, ancak *trans/trans* izomerlerinin konsantrasyonlarında artışa neden olduğu belirtilmiştir (Alfaia *et al.* 2007).

ışınlamanın etlerde KLA miktarı üzerine olumsuz bir etki göstermediği belirlenmiştir (Du *et al.* 2000; 2002). Öte yandan 140°C’de 30 dk boyunca ısıl işleme tabi tutulan sığır *Longissimus dorsi* kasının KLA içeriğinin ısıl prosesten etkilenmediği belirlenmiştir (Sarries *et al.* 2009). 4°C’de 14 gün süreyle depolanan, sığır etinden yapılan köftelerdeki KLA miktarının değişmemesi, KLA’nın soğuk muhafaza koşullarından da etkilenmediğini göstermiştir (Hur *et al.* 2004).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Et

Araştırmada Erzurum Et ve Süt Kurumu et kombinasyonundan temin edilen sığır but kası (*M. Gluteus medius*) hammadde olarak kullanılmış, 3 mm delik çaplı aynadan geçirilerek kıyma haline getirilmiş ve Gıda Mühendisliği Bölümü, Et ve Et Ürünleri Araştırma Laboratuvarı'nda köfte hamuru hazırlanmıştır.

3.1.2. Köfte hamurunun hazırlanması

Kıyma haline getirilen örneklerin yağ içeriği belirlenmiş ve ardından aynı karkasın et yağı kullanılarak köfte hamurunun yağ içeriği %15'e ayarlanmıştır. Köfte hamuru üretimi, Serdaroğlu ve Değirmencioğlu (2002)'na göre; %2 tuz, %0,7 kırmızı biber, %0,4 karabiber, %0,7 kimyon, %1,5 soğan kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu köfte hamuru beş eşit parçaya bölünmüş ve bir grubuna konjuge linoleik asit ilave edilmeyerek kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Diğer gruplara ise %0,05, %0,1, %0,25 ve %0,5 oranlarında (w/w) konjuge linoleik asit ilave edilmiştir. Köfteler, çapları 7 cm olacak şekilde hazırlanmıştır.

3.1.3. Kimyasallar

Araştırmada kullanılan kimyasal maddeler ve çözeltiler:

Konjuge Linoleik Asit;

Araştırmada kullanılan konjuge linoleik asit Bio-Kim Gıda Tarım Hayv. San. Paz. ve Tic. A.ř. firmasından temin edilmiştir.

Thiobarbiturik Acid Reactive Substans (TBARS) için;

TCA Solüsyonu: %7,5 TCA, %0,1 EDTA, %0,1 propil gallat kullanılmıştır. Propil gallat kullanılmadan önce 3 ml etanolde özündürölmüş, diğerk kimyasal maddeler ile karıştırılarak toplam 920 ml saf su ile 1 lt'ye tamamlanmıştır.

TBA Solüsyonu: 0,2884 g TBA (Thiobarbiturik acid) tartılarak saf su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır (100 ml için).

HAA analizi için;

Analiz esnasında kullanılan kimyasallar analitik veya HPLC (High Performance Liquid Chromatography)- grade kalitesinde olup, analitik kalitedeki tüm çözeltiler 0,45 µm filtreden (Millipore) geirilmıştır.

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

1 M NaOH: 40 g sodyum hidroksit (06203, Fluka), 1 lt ölçü balonuna tartılıp bir miktar su ile özündüröldükten sonra litreye tamamlanmıştır.

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

Etil Asetat: Ekstraksiyon aşamasında etil asetat (27227, Riedel-de Haën, HPLC-Grade) kullanılmıştır.

0,1 M HCl: 8,3 ml % 37'lik hidroklorik asit (07208, Riedel Haën) alınarak saf su ile litreye tamamlanmıştır.

%90 CH₃OH: %10 NH₃: 9 birim metanol ve 1 birim %25'lik amonyağın (05003, Panreac, HPLC-Grade) karıştırılması ile hazırlanmış ve ekstraksiyon aşamasında kullanılmıştır.

Metanol (CH₃OH): Ekstraksiyon aşamasında metanol (24229, Riedel Haën, HPLC-Grade) kullanılmıştır.

Solvent A: Metanol/Asetonitril (34888, Riedel Haën, HPLC-Grade) /Su/Glasiyel asetik asit (27225, Riedel Haën, HPLC-Grade)'in 8/14/76/2 oranında karıştırılması ile elde edilen çözeltinin %25'lik NH₃ ile pH'sının 5'e ayarlanması ile elde edilmiştir (Messner and Murkovic 2003a, 2003b, 2004).

Solvent B: Asetonitril (%100).

HAA Standartları: IQ (CAS no: 76180-96-6, 2-amino-3-metilimidazo[4,5-*f*]kinolin), IQx (CAS no: 108354-47-8, 2-amino-3-metilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), MeIQ (CAS no: 77094-11-2, 2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5-*f*]kinolin), MeIQx (CAS no: 77500-04-0, 2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), 4,8-DiMeIQx (CAS no: 95896-78-9, 2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), 7,8-DiMeIQx (CAS no: 92180-79-5, 2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), PhIP (CAS no: 105650-23-5, 2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5-*b*]piridin), AαC (CAS no: 26148-68-5, 2-amino-9*H*-pirido[2,3-*b*]indol), MeAαC (CAS no: 68006-83-7, 2-amino-3-metil-9*H*-pirido[2,3-*b*]indol) ve 4,7,8-TriMeIQx (CAS no: 132898-07-8, 2-amino-3,4,7,8-tetrametilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin) Toronto Research Chemicals (Toronto,

Canada)’dan satın alınmıştır. Stok standart çözeltiler 100 µg/ml metanol konsantrasyonda hazırlanarak ileri dilüsyonlara seyreltilerek (Öz *et al.* 2015), 4,7,8-TriMeIQx ise internal standart olarak kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Pişirme metodu

Köfte örneklerinin pişirilmesinde, ısıtıcı plaka üzerinde kızartma yönteminden yararlanılmıştır. Bu amaçla sıcaklığı önceden 150°C, 200°C ve 250°C’ye ayarlanan ve laboratuvar tipi termometre (part no: 0560 9260; Testo, Lenzkirch, Germany) kullanılarak kontrol edilen ısıtıcı plaka üzerinde köfteler her bir yüzü birer dakika olacak şekilde toplam 9 dk süreyle pişirilmiştir.

3.2.2. Su içeriğinin belirlenmesi

Örneklerin su içerikleri kurutma kaplarına tartılan yaklaşık 10 g örneğin 100±2°C’lik etüvde sabit tartım elde edilinceye kadar (yaklaşık 18 saat) kurutulması ile belirlenmiştir (Gökalp vd 2010).

3.2.3. Pişirme kaybının belirlenmesi

Örneklerin pişirme öncesi ve pişirme sonrası oda sıcaklığına soğutulduktan sonraki ağırlıkları belirlenerek pişirme kayıpları % olarak hesaplanmıştır.

3.2.4. pH değerinin belirlenmesi

Homojen hale getirilmiş 10 g örnek üzerine 100 ml saf su ilave edilerek Ultra-Turrax (IKA Werk T 25, 18-10 20.000 UpM Germany)’da 1 dk süreyle homojenize edildikten

sonra pH-metre (ATI ORION 420, MA 02129, USA) kullanılarak okuma işlemi yapılmıştır. pH metre kullanılmadan önce uygun tampon çözeltiler (pH 4,01, pH 7,0 ve pH 9,21) ile kalibre edilmiştir (Gökalp vd 2010).

3.2.5. Ham protein içeriğinin belirlenmesi

Toplam azot ve ham protein miktarı, Kjeldahl yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Toplam azot miktarı belirlendikten sonra 6,25 faktörü ile çarpılarak ham protein içeriği belirlenmiştir (Gökalp vd 2010).

3.2.6. Tiyobarbitürik asit reaktif maddelerin (TBARS) belirlenmesi

Lipid oksidasyon düzeyinin belirlenmesinde tiyobarbitürik asit reaktif maddelerin (TBARS) analizinden yararlanılmıştır. TBARS değeri Kılıç and Richards (2003) tarafından uygulanan yöntemle göre belirlenmiştir. Yönteme göre; et örneklerinden 1'er g alınmış, üzerine 6 ml TCA solüsyonu ilave edilmiş, 15–30 s homojenize edildikten sonra Whatman 1 filtre kâğıdından süzölmüştür. Elde edilen filtrattan bir tüp içine 1 ml alınarak üzerine 1 ml 0,02 M TBA çözeltisi ilave edilmiştir. Bu karışımlar kaynayan su banyosunda 40 dk tutulduktan sonra 5 dk çeşme suyu altında soğutulmuş ve 2000xg'de 5 dk santrifüj edilmiştir. Daha sonra numunelerin absorbansı 532 nm dalga boyunda köre (şahit numune) karşı ölçölmüştür. Köre için 1 ml TCA ekstraktına 1 ml TBA çözeltisi ilave edilmiş ve örnekler için uygulanan aşamalar aynı şekilde gerçekleştirilmiştir. k değerinin hesaplanmasında 1,1,3,3- tetraetoksipropan kullanılmıştır. TBARS değerleri mg MDA/kg örnek olarak verilmiştir.

3.2.7. HAA miktarının belirlenmesi

HAA'ların ekstraksiyonu Gross and Gruter (1992) tarafından geliştirilen orijinal metodun modifiye edilmesi ile gerçekleştirilmiştir (Messner and Murkovic 2003a, 2003b; Öz *et al.* 2015). HAA'ların miktar tayinleri Diode Array Dedektör (DAD-3000),

auto sampler (WPS-3000), kolon fırını (TCC-3000) ve pompa (LPG-3400SD) içeren HPLC (Thermo Ultimate 3000, Thermo Scientific, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayırma işlemi 35°C'de, 0,7 ml/dk akış hızında, Acclaim™ 120 C18 3 µm (4,6 x 150 mm) Tosoh Bioscience GmbH (Stuttgart, Germany) ters fazlı analitik kolonunda gerçekleştirilmiştir (Öz et al. 2015).

HAA'ların identifikasyonu, UV spektrumları standart olarak bilinen HAA'ların alıkonma süreleri ile örneklerin alıkonma süreleri karşılaştırılarak yapılmıştır. Örneklerdeki HAA'ların konsantrasyonları, farklı konsantrasyonlarda standartların yürütülmesi ile hesaplanmıştır. Kantitatif belirleme, harici kalibrasyon eğrisi metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. HAA standart eğrilerinin regrasyon çizgisi katsayıları (R^2); IQx için 0,9991, IQ için 0,9992, MeIQx için 0,9991, MeIQ için 0,9991, 7,8-DiMeIQx için 0,9992, 4,8-DiMeIQx için 0,9992, PhIP için 0,9997, AαC için 0,9992 ve MeAαC için 0,9991 olarak belirlenmiştir.

Piştirme boyunca oluşabilen farklı HAA'ların geri kazanım oranlarını belirlemek için standart ilave metodu kullanılmıştır. Bunun için ekstraksiyon öncesinde bilinen bir örneğe farklı seviyelerde mix stok solüsyon (0,5; 1; 2,5; 5 ve 10) eklenmiştir. İlave edilen analit miktarına karşı pik yükseklik oranı kurve olarak çizilmiştir. Geri kazanımlar standart ilavesi için çizilen linear regrasyon hatlarının eğiminin HAA standart solüsyonlarının linear regrasyon hatlarının eğimine oranı ile hesaplanmıştır (Öz et al. 2015).

3.2.8. İstatistiki analiz

Deneme Tam Şansa Bağlı deneme desenine göre iki tekerrürlü olarak kurulup yürütülmüştür. Elde edilen veriler varyans analizine tabii tutulmuş ve farklı bulunan ortalamalar için Duncan Çoklu Karşılaştırma metodu kullanılmıştır (Yıldız ve Bircan 1991). Analizler için SPSS 20.0 istatistik paket programından yararlanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Hammaddede Ait Analiz Sonuçları

Araştırmada Erzurum Et ve Süt Kurumu et kombinasyonundan temin edilen ve kıyma haline getirilen sığır but etinin (*M. Gluteus medius*) su, ham yağ, ham protein, pH ve TBARS değerleri sırasıyla %74,12, %5,0, %21,7, 5,71 ve 0,69 mg MDA/kg olarak belirlenmiştir. Yıldız-Turp and Serdaroğlu (2010), %5,8 yağlı sığır köftelerinde yaptıkları bir çalışmada su, protein, pH ve TBARS değerlerini sırasıyla %73,9, %21,8, 5,9 ve 0,54 mg MDA/kg olarak belirlemişlerdir. Köftelerin hazırlanmasında hammadde olarak kullanılan kas (*M. Gluteus medius*) ile yapılan bir çalışmada, Li *et al.* (2013) bu kasın su içeriğini %74,6, pH değerini ise 5,57 olarak belirlemişlerdir. Laycock *et al.* (2003) sığır eti üzerine yaptıkları çalışmada çiğ örneklerin %72 su, %22 protein ve %5 yağ içerdiğini belirlemişlerdir. Serrano *et al.* (2007) sığır etinin pH değerini 5,96 olarak tespit etmişlerdir. Zaman (2014), aynı kası (*M. Gluteus medius*) kullanarak yaptığı kıymanın su içeriğini %72,29, ham yağ içeriğini %4, ham protein içeriğini %17,82, pH değerini 5,55 ve TBARS değerini ise 0,41 mg MDA/kg olarak belirlemiştir.

Mevcut araştırmada yağ oranı %15'e ayarlanan köftelere ait analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Yağ oranı ayarlanmamış kıyma etine kıyasla, köftelerin yağ oranının %15'e ayarlanması nedeniyle, örneklerin su ve protein içeriğinin azaldığı görülmüştür. Serrano *et al.* (2007) %2 yağlı sığır etinin su içeriğini %74,19, protein içeriğini %20,80 olarak belirlerken, yağ oranını %13'e ayarladıkları sığır etinin su içeriğinin %63,72'ye, protein içeriğinin ise %17,16'ya düştüğünü tespit etmişlerdir. Öte yandan mevcut araştırmada gerek yağ içeriğinin artırılması, gerek köfte hamurunun hazırlandıktan sonra bir gece buzdolabı şartlarında dinlendirilmesi sonucu köftelerin TBARS değerlerinde artış tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Araştırmada materyal olarak kullanılan köftelerin analiz sonuçları

n	Su (%) ($\bar{x} \pm SD$)	Ham Yağ (%) ($\bar{x} \pm SD$)	Ham Protein (%) ($\bar{x} \pm SD$)	pH ($\bar{x} \pm SD$)	TBARS (mg MDA/kg) ($\bar{x} \pm SD$)
2	62,16±0,81	15,03±0,28	20,52±0,93	5,51±0,04	1,19±0,17

$\bar{x}$:ortalama, SD: Standart Sapma, n: Örnek sayısı

4.2. Su İçeriği Sonuçları

Etin su miktarı; etin görünüşü, tekstürü, gevrekliği, tat-aroması, çeşitli ürünlere işlenmesi, depolanması, dondurulması, ambalajlanması, mikrobiyal kalitesi ve muhafaza süresi üzerine çok önemli etkiye sahiptir. Etin su içeriğine hayvanın türü, yaşı, semirtilme durumu, rasyonun tipi, kas farklılığı, pH, kesimden sonra uygulanan teknolojik işlemler gibi birçok faktör etki etmektedir (Kaya 2013). Kontrol grubu ve farklı seviyelerde KLA içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu elde edilen su içerikleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Araştırmada yağ oranı %15’e ayarlanan köftelerin su içeriği %62,16 iken, pişirme işlemi ile örneklerin su içeriğinde beklenildiği gibi azalma tespit edilmiş ve su içeriği %37,94-50,68 arasında değişmiştir (Çizelge 4.2).

Sánchez del Pulgar *et al.* (2012) ısıtma işlemi neticesinde ette görülen su kaybının 3 ana nedeninin olduğunu belirtmiştir. Bunlardan ilki; artan sıcaklık ve/veya azalan basınç nedeniyle etteki su buharlaşmaktadır. İkincisi; ısıtma işlemi esnasında artan sıcaklıklar, myofibriller proteinlerde şirince neden olmaktadır. Bu proses 40°C’de başlamakta ve sıcaklığın artmasıyla birlikte daha yoğun olarak gerçekleşmektedir. Bu şirince nedeniyle fibriller arasındaki hacimde azalma olmakta ve bu azalma myofibrillerin su tutma yeteneğinde kayba yol açmaktadır. Üçüncüsü; 56-62°C’ler arasındaki sıcaklıklarda perimisyal bağ dokuda görülen büzülme, kas lifi demetlerinin sıkışmasına neden olmakta ve serbest suyun etten ayrılmasını kolaylaştırmaktadır. Bu nedenlerden dolayı ısıtma işlemi neticesinde yaşanan su kaybı nedeniyle etin su içeriği, pişirme işlemi ile azalmaktadır.

Çizelge 4.2. Kontrol grubu ve farklı seviyelerde KLA içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu elde edilen su içerikleri

Konsantrasyon (%)	Sıcaklık (°C)	Su İçeriği (%) ($\bar{x} \pm SD$)
0	150	49,81±2,25
	200	45,92±4,10
	250	42,60±1,34
0,05	150	48,81±5,02
	200	40,83±4,30
	250	41,96±2,39
0,1	150	50,68±2,64
	200	44,17±9,64
	250	37,94±0,03
0,25	150	48,12±3,91
	200	44,07±6,18
	250	43,98±4,27
0,5	150	47,06±2,02
	200	45,24±3,41
	250	42,64±0,21

$\bar{x}$:ortalama, SD: Standart Sapma

Kontrol ve farklı seviyelerde KLA ilave edilerek üretilen köftelerin su içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi örneklerin su içerikleri üzerine sıcaklığın çok önemli ($p<0.01$) etkisi olduğu görülürken, KLA konsantrasyonunun ve konsantrasyon x sıcaklık interaksiyonunun önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir. Nitekim Chae *et al.* (2004) yaptıkları çalışmalarında sığır eti köftelerine farklı konsantrasyonlarda (%2 ve %4) KLA eklemişler ve köftelere KLA eklenmesinin su içeriği üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.3. Kontrol ve farklı seviyelerde KLA ilave edilerek üretilen köftelerin su içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
Konsantrasyon	4	4,776	0,275
Sıcaklık	2	130,749	7,532**
Konsantrasyon x Sıcaklık	8	8,686	0,500
Hata	15	17,360	

Sd: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması **: $p < 0.01$

Farklı etlerde de pişirme sonrasında su içeriğinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Çelik (2013) çiğ göğüs etinde %66,38 olarak belirledikleri su içeriğinin, farklı yöntemlerle pişirilmesi sonucu %53,87-62,92 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Hernández *et al.* (1999) yaptıkları çalışmada farklı yöntemlerle pişirdikleri (derin yağda kızartma, tavada kızartma, fırında pişirme, mikrodalgada pişirme ve haşlama) domuz etinde pişirme işleminin etin su içeriğini azalttığını belirtmişlerdir. Yıldız-Turp and Serdaroğlu (2010) 72°C’de pişirdikleri %73,9 su içeriğine sahip sığır eti köftelerinin su içeriklerinin pişirme işlemi sonunda %63,1’e düştüğünü tespit etmişlerdir. Khalil (2000) 148°C’de pişirdikleri sığır eti köftelerinde su içeriğinin %63,86’dan %53,03’e kadar düştüğünü bildirmişlerdir.

Pişirme sıcaklığının köftelerin su içeriği üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi 200 ve 250°C’de pişirilen köftelerin su içerikleri 150°C’de pişirilenlerin su içeriğinden önemli derecede düşük bulunmuştur. Nitekim Zaman (2014) yaptığı çalışmasında 200 ve 250°C’de pişirilen köftelerin su içeriklerinin 150°C’de pişirilen köftelerin su içeriğinden önemli derecede düşük olduğunu belirtmiştir. Modzelewska-Kapituła *et al.* (2012) sığır etlerini 75°C, 85°C ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirmişler ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen etlerin su içeriğinin (%53,51), 75°C ve 85°C iç sıcaklığa kadar pişirilen etlerin su içeriklerinden (sırasıyla %59,43 ve %56,66) önemli derecede düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.4. Pişirme sıcaklığının köftelerin su içeriği üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Piştirme Sıcaklığı (°C)	n	Su İçeriği (%) ($\bar{x} \pm SD$)
150	10	48,89 $\pm$ 2,84a
200	10	44,05 $\pm$ 2,84b
250	10	41,82 $\pm$ 2,75b

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

4.3. Piştirme Kaybı Sonuçları

Etin pişirilmesi lezzetli ve güvenilir ürün elde etmek için önemlidir. Ayrıca piştirme işlemi tat-aroma ve gevreklik gibi tüketicinin tercihleriyle ilgili temel özellikleri yakından etkilemektedir. Etlere usulüne uygun olarak yapılan ısı işlem uygulaması patojen mikroorganizmaların inaktivasyonu ile etin hijyenik kalitesini artırmakta ve raf ömrünü de uzatmaktadır. Öte yandan piştirme işlemi boyunca gerçekleşen bir takım reaksiyonlar gıdanın besin değerini olumlu (gıdadaki protein denatürasyonu nedeniyle sindirilebilirlik artar) veya olumsuz yönde (ısıya dayanıksız, suda veya yağda çözünebilir vitamin ve mineral madde ile lipit oksidasyonu nedeniyle yağ asidi kompozisyonunda değişimler, özellikle de PUFA miktarında azalma) etkileyebilmektedir (García-Arias *et al.* 2003; Gerber *et al.* 2009). Kontrol grubu ve farklı seviyelerde KLA içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu elde edilen piştirme kayıpları Çizelge 4.5’de verilmiştir. Araştırmada, köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu piştirme kayıpları %38,31 ile %52,88 arasında değişmiştir (Çizelge 4.5). Rodriguez-Estrada *et al.* (1997), piştirme işleminin asıl olarak su kaybı nedeniyle et ürünlerinin ağırlıklarında azalmaya neden olduğunu belirtmiştir. Ancak piştirme işlemi ile etten uzaklaşan tek bileşenin su olmadığı, piştirme esnasında etten uzaklaşan suyun suda çözünen bir takım maddeleri de beraberinde etten uzaklaştırdığı bilinmektedir (Sánchezdel Pulgar *et al.* 2012). Nitekim Gerber *et al.* (2009)’a göre Laroche (1988) piştirme boyunca etten ayrılan et suyunun myofibriller

veya sarkoplazmik proteinler, kolajen, lipidler, tuz, polifosfatlar ve aroma bileşikleri gibi çeşitli bileşikler de içerdiğini göstermiştir. Ayrıca yağlı köftelerin pişirme kaybı değerlerinin az yağlı köftelerinkinden daha yüksek olduğu bazı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Anderson and Berry 2001; Turhan *et al.* 2009).

Çizelge 4.5. Kontrol grubu ve farklı seviyelerde KLA içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu elde edilen pişirme kayıpları

Konsantrasyon (%)	Sıcaklık (°C)	Pişirme Kaybı (%) ($\bar{x} \pm SD$)
0	150	42,87 $\pm$ 2,64
	200	46,70 $\pm$ 2,70
	250	51,48 $\pm$ 1,49
0,05	150	41,54 $\pm$ 6,10
	200	48,94 $\pm$ 4,34
	250	50,41 $\pm$ 2,40
0,1	150	40,62 $\pm$ 4,62
	200	46,74 $\pm$ 1,80
	250	52,88 $\pm$ 1,07
0,25	150	40,43 $\pm$ 4,93
	200	45,38 $\pm$ 6,51
	250	45,42 $\pm$ 4,10
0,5	150	38,31 $\pm$ 1,97
	200	43,64 $\pm$ 3,21
	250	45,25 $\pm$ 0,57

$\bar{x}$:ortalama, SD: Standart Sapma

Kontrol ve farklı seviyelerde KLA ilave edilerek üretilen köftelerin pişirme kayıplarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi, örneklerin pişirme kayıpları üzerine sıcaklığın çok önemli ($p<0.01$) etkisinin olduğu belirlenirken, KLA konsantrasyonunun ve konsantrasyon x sıcaklık interaksiyonunun

önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir. Nitekim Chae *et al.* (2004) %0, 2 ve 4 oranlarında KLA ilave ettikleri köftelerde pişirme kayıplarını sırasıyla %32,9, 33,6 ve 35,7 olarak belirlemişler ve köftelere KLA ilavesinin pişirme kaybı üzerine önemli bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Öte yandan Baublits *et al.* (2007) sığır etine yağ ve toz şeklinde KLA ilave etmişler ve KLA ilave edilmiş etlerin pişirme kayıplarının kontrol grubu etlerden önemli derecede yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ancak Bilek (2009) sığır eti köftelerine keten tohumu ilavesinin pişirme kaybını azalttığını ve bu durumun muhtemelen keten tohumunun yağ ve su bağlayıcı özellikte olmasından kaynaklandığını bildirmiştir. Benzer şekilde Mansour and Khalil (1997) sığır köftelerinde buğday lifi, Anderson and Berry (2001) sığır köftelerinde bezelye lifi, Turhan *et al.* (2005) et burgerlerinde fındık zarı kullanımının pişirme kaybını azalttığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.6. Kontrol ve farklı seviyelerde KLA ilave edilerek üretilen köftelerin pişirme kayıplarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
Konsantrasyon	4	27,902	2,072
Sıcaklık	2	179,813	13,350**
Konsantrasyon x Sıcaklık	8	5,158	0,383
Hata	15	13,469	

Sd: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması **: $p<0.01$

Pişirme sıcaklığının köftelerin pişirme kayıpları üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi 200 ve 250°C’de belirlenen pişirme kaybı 150°C’de belirlenen pişirme kaybindan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Zaman (2014), 250°C’de pişirdikleri köftelerin pişirme kaybının (%18,89), 150°C ve 200°C’de pişirilen köftelerin pişirme kaybindan (sırasıyla %13,25 ve %15,11) önemli oranda yüksek olduğunu belirtmiştir. Modzelewska-Kapituła *et al.* (2012) sığır etlerini 75°C, 85°C ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirmişler ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen etlerin pişirme kaybının (%51,2), 75°C ve 85°C iç sıcaklığa kadar pişirilen etlerin pişirme kaybindan (sırasıyla %36,94 ve %42,32) önemli

oranda yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Pişirme sıcaklığının artışıyla birlikte pişirme kaybının arttığını gösteren başka çalışmalarda vardır (Combes *et al.* 2003; Obuz *et al.* 2003; Obuz *et al.* 2004; Purchas *et al.* 2004; Wilkinson *et al.* 2014).

Çizelge 4.7. Pişirme sıcaklığının köftelerin pişirme kayıpları üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Piştirme Sıcaklığı (°C)	n	Piştirme Kaybı (%) ($\bar{x} \pm SD$)
150	10	40,75±3,59b
200	10	46,28±3,54a
250	10	49,09±3,75a

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

4.4. pH Değerleri Sonuçları

Etin pH değeri et kalitesinin değerlendirilmesinde oldukça önemlidir. pH etin görünüşü, tekstürü, rengi, aroması, hangi ürünlere işlenebileceği, su tutma kapasitesi, pişirme kaybı ve mikrobiyolojik faaliyet nedeniyle de raf ömrü üzerine etkilidir (Kaya 2013). Kontrol grubu ve farklı seviyelerde KLA içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu elde edilen pH değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Araştırmada kullanılan köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu pH değerlerinde artış meydana gelmiş ve ısıl işlem görmemiş köftelerin 5,51 olan pH değeri, pişirme işlemi neticesinde 5,67-5,88 arasında değişmiştir (Çizelge 4.8). Nitekim Bilek (2009) çiğ sığır eti köftelerinde 5,70-5,88 arasında değişen pH değerinin, pişirme işlemi sonrasında 5,91-6,15 arasında değiştiğini belirtmiştir. Kowale *et al.* (1996) koyun eti üzerine yapmış oldukları araştırmada çiğ ette 5,70 olan pH değerinin, pişirme işlemi sonrasında 6,20’ye, Rao *et al.* (1996) bufalo etlerinin pişirme işlemi sonrası pH değerinin 5,72’den 6,08’e, Dal Bosca *et al.* (2001) tavşan eti üzerine yaptıkları araştırmada çiğ ette 5,42 olan pH değerinin ısıl işlem görmüş örneklerde 5,76’ya kadar yükseldiğini belirlemişlerdir.

Çizelge 4.8. Kontrol grubu ve farklı seviyelerde KLA içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu elde edilen pH değerleri

Konsantrasyon (%)	Sıcaklık (°C)	pH Değeri ($\bar{x} \pm SD$)
0	150	5,71±0,00
	200	5,74±0,02
	250	5,88±0,04
0,05	150	5,73±0,03
	200	5,77±0,02
	250	5,83±0,05
0,1	150	5,76±0,01
	200	5,80±0,01
	250	5,87±0,02
0,25	150	5,70±0,01
	200	5,75±0,02
	250	5,81±0,01
0,5	150	5,67±0,01
	200	5,69±0,01
	250	5,80±0,00

$\bar{x}$:ortalama, SD: Standart Sapma

Kontrol ve farklı seviyelerde KLA ilave edilerek üretilen köftelerin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi, örneklerin pH değerleri üzerine KLA konsantrasyonunun ve sıcaklığın çok önemli ($p<0.01$) etkisi olduğu görülürken, konsantrasyon x sıcaklık interaksiyonunun önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir. Nitekim Yılmaz and Dağlıoğlu (2003) köftelere yulaf kepeği ilavesinin ve Turhan *et al.* (2007) köftelere okara ilavesinin köftelerin pH değerini değiştirdiğini belirtmişlerdir. Öte yandan Baublits *et al.* (2007) sığır etlerine yağ ve toz şeklinde ilave ettikleri KLA’nın pişirilmiş sığır etinin pH değeri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.9. Kontrol ve farklı seviyelerde KLA ilave edilerek üretilen köftelerin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
Konsantrasyon	4	0,006	13,645**
Sıcaklık	2	0,040	85,837**
Konsantrasyon x Sıcaklık	8	0,001	1,475
Hata	15	0,000	

Sd: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması **: p<0.01

KLA konsantrasyonunun pişirilmiş köftelerin pH değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi, en düşük pH değeri %0,5 KLA içeren köftelerde belirlenirken, en yüksek değer %0,1 KLA içeren köftelerde tespit edilmiştir. Köftelerin hazırlanmasında kullanılan KLA'nın pH değeri 4,31 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. KLA konsantrasyonunun pişirilmiş köftelerin pH değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

KLA Konsantrasyonu (%)	n	pH Değeri ($\bar{x} \pm SD$)
0	6	5,77±0,08b
0,05	6	5,77±0,05b
0,1	6	5,81±0,05a
0,25	6	5,75±0,05b
0,5	6	5,72±0,06c

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

Piştirme sıcaklığının köftelerin pH değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi, piştirme sıcaklığının artmasıyla birlikte köftelerin pH değerleri artış göstermiş ve en

düşük pH değeri 150°C’de pişirilen örneklerde belirlenirken, en yüksek değer 250°C’de pişirilen örneklerde belirlenmiştir. Girard (1992) pişirme işlemi neticesinde pH değerinde görülen bu artışın sebebini; imidazol, sülfidril ve hidroksil gruplarını içeren bağların serbest hale gelmesine bağlamaktadır. Benzer artışlar Serdaroğlu (2006) tarafından da peynir altı suyu tozu ilave edilen köftelerde, Modi *et al.* (2009) tarafından yulaf unu ilaveli köftelerde ve Turhan *et al.* (2007) tarafından okara ilaveli sığır eti köftelerinde de tespit edilmiştir. TS 10580 Köfte Standardı’nda ısıtma işlemi görmemiş köftelerdeki pH değerinin en fazla 6,3 olabileceği belirtilmiştir (Anonymous 2002). Dolayısıyla gerek çiğ köftelerin gerekse pişmiş köftelerin pH değerlerinin standarda uygun olduğu görülmektedir.

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

Piştirme Sıcaklığı (°C)	n	pH Değeri ($\bar{x} \pm SD$)
150	10	5,71±0.04c
200	10	5,75±0.04b
250	10	5,84±0.04a

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

4.5. TBARS Değeri Sonuçları

Oksidasyon et ve et ürünlerinde görülen en önemli kalite bozukluklarından biridir. Sıcaklık, oksijen, ışık, katalizörler, hematin bileşikler, lipoksigenaz vb. gibi pek çok faktör oksidasyona etki etmektedir. Öte yandan etteki oksidasyonun asıl nedeninin ısıtma işlemi olduğu belirtilmektedir. Pişirme işlemi; oksimiyoglobinden oksijenin serbest hale gelmesine izin veren enzimleri inaktif hale getirdiği gibi, hücresel yapıyı da tahrip etmektedir. Ayrıca et ısıtma işlemine tabi tutulduğunda oksidasyonu kolaylaştıran hem demir nedeniyle de lipid oksidasyonunda bir artış gözlenmektedir. Bazı çalışmalar yavaş pişirme işleminin stabilite için daha iyi olduğunu gösterirken, bazıları ise 100°C

üzerindeki sıcaklıklarda pişirme işleminin oksidasyonu engellediğini belirtmişlerdir. Öte yandan pişirme sıcaklığının 90°C veya yukarısına çıktığı zaman ette oluşan Maillard reaksiyon ürünlerinin antioksidan olarak görev aldıkları da belirtilmektedir (Lepper-Blilie *et al.* 2014).

Çizelge 4.12. Kontrol grubu ve farklı seviyelerde KLA içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu elde edilen TBARS değerleri

Konsantrasyon (%)	Sıcaklık (°C)	TBARS Değeri (mg MDA/kg) ($\bar{x} \pm SD$)
0	150	2,00±0,17
	200	2,32±0,28
	250	2,43±0,06
0,05	150	1,70±0,09
	200	2,48±0,49
	250	2,51±0,06
0,1	150	1,77±0,25
	200	2,27±0,52
	250	2,32±0,16
0,25	150	1,77±0,05
	200	2,18±0,50
	250	2,21±0,03
0,5	150	1,64±0,26
	200	2,05±0,49
	250	2,31±0,11

$\bar{x}$:ortalama, SD: Standart Sapma

Et ve et ürünlerindeki lipid oksidasyonunu belirlemek için yaygın olarak TBARS analizi yapılmaktadır. Örneklerdeki TBARS içeriğinin etin kalitesinin bozulmasıyla ve potansiyel olarak toksik bileşiklerin oluşumu ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (Juárez *et al.* 2010). Kontrol grubu ve farklı seviyelerde KLA içeren köftelerin farklı

sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu elde edilen TBARS değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Araştırmada kullanılan köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu köftelerin TBARS değerinde artış meydana gelmiş ve ısıl işlem görmemiş köftelerde 1,19 mg MDA/kg olan TBARS değeri, pişmiş köftelerde 1,64-2,51 mg MDA/kg arasında değişmiştir (Çizelge 4.12). Nitekim Öz (2013), çiğ sığır eti köftelerinin TBARS değerini 0,47 mg MDA/kg olarak belirlemiş, pişirme işlemi neticesinde TBARS değerinin 0,59 mg MDA/kg’a, Kwon *et al.* (2008) çiğ sığır etinde 1,02 mg MDA/kg olarak belirledikleri TBARS değerinin, pişirme işlemiyle 1,56 mg MDA/kg’a yükseldiğini belirlemişlerdir. Buna benzer yapılan birçok çalışma çiğ ete kıyasla pişmiş ette TBARS değerinin yükseldiğini göstermektedir (Rao *et al.* 1996; Hernández *et al.* 1999; Serrano *et al.* 2007; O’Grady *et al.* 2008; Alfaia *et al.* 2010; Juárez *et al.* 2010; Peiretti *et al.* 2012; Domínguez *et al.* 2014a,b; Roldán *et al.* 2014).

Kontrol ve farklı seviyelerde KLA ilave edilerek üretilen köftelerin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi, örneklerin TBARS değerleri üzerine sıcaklığın çok önemli ($p<0.01$) etkisi olduğu görülürken, KLA konsantrasyonunun ve konsantrasyon x sıcaklık interaksiyonunun önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.13. Kontrol ve farklı seviyelerde KLA ilave edilerek üretilen köftelerin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
Konsantrasyon	4	0,071	0,830
Sıcaklık	2	0,976	11,329**
Konsantrasyon x Sıcaklık	8	0,023	0,263
Hata	15	0,086	

Sd: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması **: $p<0.01$

Yu (2001), KLA'nın serbest radikal temizleme özelliğine sahip olduğunu ve bu özelliğinden dolayı lipid oksidasyonuna karşı koruyucu rol üstlendiğini bildirmiştir. Chae *et al.* (2004) %0, 2 ve 4 oranlarında KLA ilave ettikleri pişmemiş sığır eti köftelerinde TBARS değerlerini sırasıyla 0,33, 0,15 ve 0,46 mg MDA/kg, pişmiş köftelerde ise sırasıyla 1,59, 0,82 ve 0,45 mg MDA/kg olarak belirlemişler ve KLA'nın TBARS değerinde etkili bir azalma sağladığını bildirmişlerdir. Literatürde yapılan birçok çalışma KLA'nın antioksidatif etki göstererek lipid oksidasyonunu azalttığını göstermiştir (Du *et al.* 2000; 2001; 2002; Joo *et al.* 2002; Corino *et al.* 2003; Hur *et al.* 2004; Baublits *et al.* 2007). Öte yandan Leung and Liu (2000), KLA'nın *trans*-10, *cis*-12 izomerinin farklı konsantrasyonlarda antioksidan etkiye sahip olduğunu, ancak *cis*-9, *trans*-11 izomerlerinin ise yüksek konsantrasyonlarda prooksidan özellik gösterebileceğini bildirmişlerdir. Bu nedenle de KLA'nın antioksidan özelliklerini belirlemek için yapılan çalışmalarda ortaya çıkan farklı sonuçların izomerler arasındaki farklılıklardan ve *cis*-9, *trans*-11 izomerinin konsantrasyonundan kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca pişirme işleminin TBARS değeri üzerine etkisinin pişirme metoduna bağlı olarak değişiklik gösterdiği de literatürden görülmektedir. Bazı araştırmacılar pişirme işlemi ile TBARS değerinin değişmediğini, bazı araştırmacılar ise pişirme işlemi ile TBARS değerinin arttığını belirtmişlerdir. Bu bağlamda yapılan bazı çalışmalarda farklı hayvanlardan elde edilen etlerin pişirilmesi sonucu TBARS değerleri çığ ete kıyasla artmış (Rao *et al.* 1996; Hernández *et al.* 1999; Serrano *et al.* 2007; O'Grady *et al.* 2008; Alfaia *et al.* 2010; Juárez *et al.* 2010; Peiretti *et al.* 2012; Domínguez *et al.* 2014a,b; Roldán *et al.* 2014), diğer çalışmalarda ise bazı pişirme yöntemlerinin böyle bir etkiye sahip olmadığı belirtilmiştir (Serrano *et al.* 2007; Weber *et al.* 2008; Alfaia *et al.* 2010; Juárez *et al.* 2010; Peiretti *et al.* 2012).

Pişirme sıcaklığı ve süresinin artmasının lipid oksidasyonunu artırması beklenmektedir. Öte yandan TBARS testi ile ölçülen bileşiklerin oldukça reaktif oldukları, ette mevcut olan protein ve aminoasitler gibi çeşitli bileşikler ile reaksiyona girerek daha farklı bileşikler oluşturabildiği ve bu nedenle de TBARS değerinin düşük çıkabileceği de belirtilmektedir (Meinert *et al.* 2007; Ferioli *et al.* 2008; Sánchez del Pulgar *et al.* 2012;

Domínguez *et al.* 2014a). Ferioli *et al.* (2008) yaptıkları araştırmada pişirme işleminin TBARS değerinde artışa neden olmadığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bu durumu tiyobarbitürik asit reaktif maddelerin düşük molekül ağırlıklı uçucu bileşikler olması nedeniyle pişirme işlemi esnasında su ile uzaklaşmaları ve/veya termal degradasyon veya kondensasyon reaksiyonlarında kayıplarıyla açıklamışlardır.

Öte yandan pek çok çalışmada antioksidan özellikteki maddelerin konsantrasyon, yapı, kullanılan test sistemi ve substrata bağlı olarak *in vitro* ve *in vivo* sistemlerde prooksidan etki gösterebildiği de belirtilmektedir (Yoshino and Murakami 1995; Maurya and Devasagayam 2010).

Pişirme sıcaklığının köftelerin TBARS değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.14’de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi, 200°C ve 250°C’de belirlenen TBARS değerleri, 150°C’de belirlenen değerden önemli derecede yüksek bulunmuştur. Nitekim Peiretti *et al.* (2012) sığır etini 140°C ve 200°C’de pişirmişler ve pişirilen etlerin TBARS değerini sırasıyla 16,5 nmol MDA/g ve 26 nmol MDA/g düzeyinde tespit etmişlerdir. Araştırmacılar hindi etini aynı sıcaklıklarda pişirmişler ve 200°C’de pişirilmiş hindi etinin TBARS değerinin (21,8 nmol MDA/g) 140°C’de pişirilen hindi etinin TBARS değerinden (16,1 nmol MDA/g) önemli derecede yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.14. Pişirme sıcaklığının köftelerin TBARS değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Pişirme Sıcaklığı (°C)	n	TBARS Değeri (mg MDA/kg) ($\bar{x} \pm SD$)
150	10	1,77±0,19b
200	10	2,26±0,38a
250	10	2,36±0,13a

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

Campo *et al.* (2006)'a göre Greene and Cumuze (1981) sığır etinde okside tat-aromanın panelistler tarafından algılanmasında TBARS değerinin eşik sınırının 2 mg MDA/kg olduğu belirtilmektedir (Verma and Sahoo 2000; Humada *et al.* 2014). Öte yandan Lepper-Blilie *et al.* (2014)'e göre White *et al.* (1988)'de 6,3 mg MDA/kg veya altındaki TBARS değerlerine sahip sığır etinin panelistler tarafından kötü olarak değerlendirilmediğini belirtmişlerdir. Bu sonuca göre mevcut araştırmada elde edilen en yüksek TBARS değeri (2,51 mg MDA/kg) bile bu eşiğin altında kalmıştır.

4.6. HAA İçeriği Sonuçları

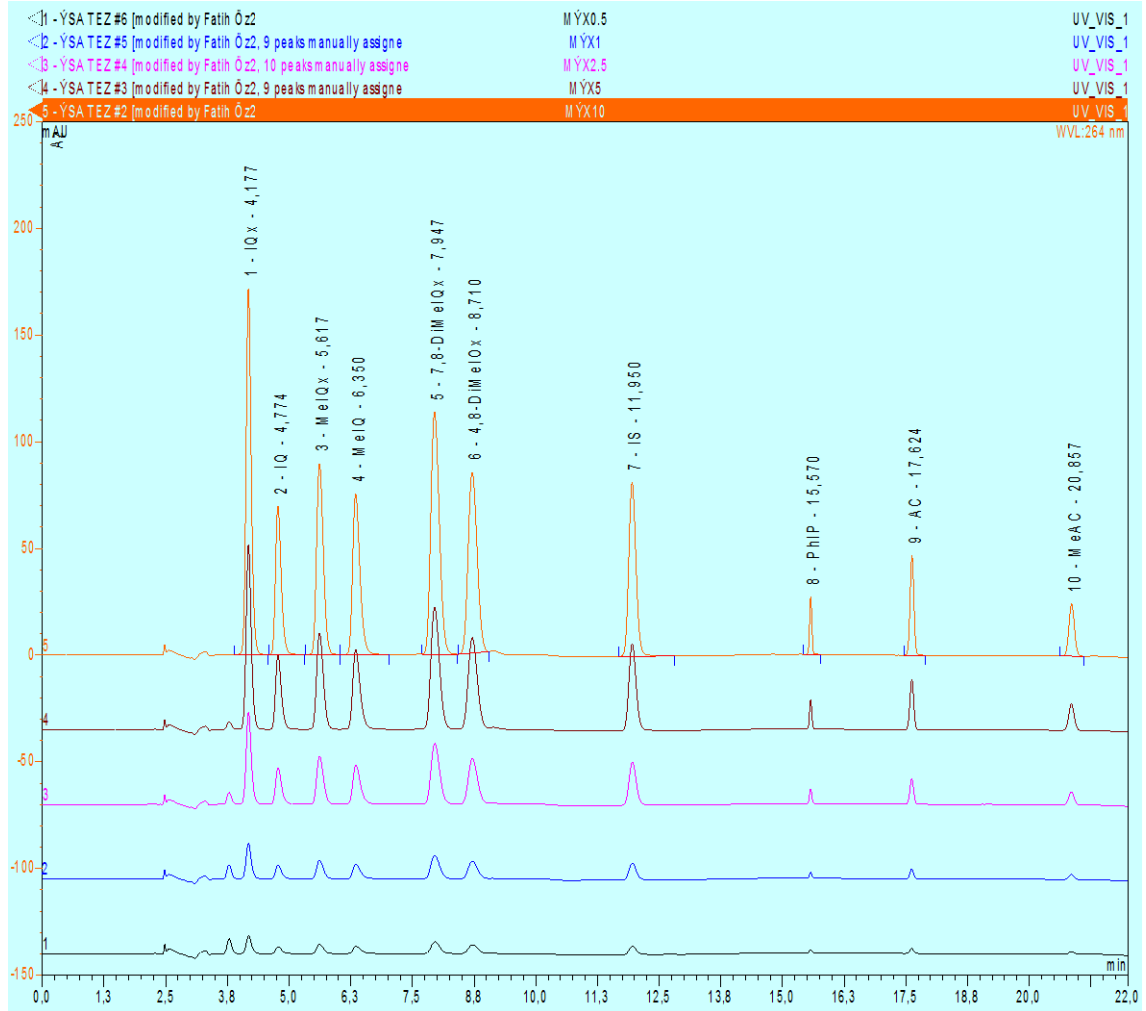
4.6.1. Geri kazanımlar

Araştırmada HAA'ların geri kazanımlarını belirlemek için standart ilave metodu kullanılmış ve belirli örneklerle ekstraksiyon öncesinde bilinen konsantrasyonlarda (0,5 ng/g, 1 ng/g, 2,5 ng/g, 5 ng/g ve 10 ng/g) HAA mix stok solüsyonu eklenmiştir. Ardından yapılan analiz sonrası geri kazanım miktarları (recovery) belirlenmiştir. Çizelge 4.15'de analiz edilen HAA'ların geri kazanım oranları, LOD (limit of detection=3) ve LOQ (limit of quantification=10) değerleri yer almaktadır.

Çizelge 4.15. Analiz yapılan HAA'ların geri kazanımları, LOD ve LOQ değerleri

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

Çeşitli konsantrasyonlarda (0,5 ng/g, 1 ng/g, 2,5 ng/g, 5 ng/g ve 10 ng/g) hazırlanan HAA mix stok solüsyonlarının HPLC kromotogramları Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Mix stok solüsyonların (0,5 ng/g, 1 ng/g, 2,5 ng/g, 5 ng/g ve 10 ng/g) HPLC kromotogramları

Mevcut araştırmada HAA bileşiklerinin belirlenen geri kazanımları (%28,94-82,15) literatürdeki veriler ile uyum göstermektedir. Felton *et al.* (1994) ekstraksiyon geri kazanımlarını MeIQx, DiMeIQx ve IQ için %26-80 olarak belirlerken, PhIP için %30–57 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Knize *et al.* (1994) yaptıkları araştırmada ekstraksiyon geri kazanımlarını IQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx ve PhIP için sırasıyla %62, %71, %59 ve %46 olarak tespit etmişlerdir.

Knize *et al.* (1995) fast-food restaurantlarından aldıkları örneklerle yaptıkları araştırmada, MeIQx, PhIP, DiMeIQx, MeIQ ve IQ'nun geri kazanımlarını sırasıyla %68,%30, %61, %47 ve %55 olarak belirlemişlerdir. Skog *et al.* (1997) ise geri kazanımı IQ için %66, MeIQ için %63, MeIQx için %68, 4,8-DiMeIQx için %72 ve PhIP için %20 olarak tespit etmişlerdir. Murkovic *et al.* (1998) yaptıkları çalışmada IQ, MeIQ, 4,8-DiMeIQx, MeIQx ve PhIP için geri kazanımları %61-77 arasında bulmuşlardır. Britt *et al.* (1998) IQ, MeIQ, 4,8-DiMeIQx, MeIQx ve PhIP geri kazanımları sırasıyla %75,3, %74,9, %83,8, %72,7 ve %65 olarak belirlemişlerdir. Abdulkarim and Smith (1998) IQ, MeIQ, 4,8-DiMeIQx, MeIQx ve PhIP için geri kazanımları sırasıyla %66,8, %48,2, %42, %72,5 ve %45,7 olarak tespit etmişlerdir. Balogh *et al.* (2000) IQ, MeIQ, 4,8-DiMeIQx, MeIQx ve PhIP için geri kazanımları sırasıyla %71,5, %65, %77,6, %82,25 ve %47 olarak rapor etmişlerdir.

Messner and Murkovic (2004) Oasis ekstraksiyon metodu ile yaptıkları araştırmalarında IQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AαC ve MeAαC için benzer geri kazanımlar (%50–60) tespit ettiklerini belirtmişlerdir. Öz *et al.* (2007), 5 bileşik için (IQ, MeIQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx ve PhIP) için ortalama geri kazanım miktarının %40-60 arasında olduğunu, Öz *et al.* (2010a), IQ, IQx, MeIQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, 7,8DiMeIQx, PhIP, AαC, MeAαC'nin geri kazanımlarının %32-66 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

4.6.2. HAA miktarları

Araştırmada KLA içeren (%0,05, %0,1, %0,25 ve %0,5), içermeyen (kontrol) ve üç farklı sıcaklık derecesinde (150°C, 200°C ve 250°C) pişirilen köftelerin HAA içerikleri Çizelge 4.16'da verilmiştir. Analizi yapılan örneklerin hiçbirinde IQx bileşiği tespit edilemezken, IQ bileşiği bazı örneklerde tespit edilmiş fakat miktarı belirlenememiştir. Diğer HAA'lar, pişirme sıcaklığı ve KLA konsantrasyonuna bağlı olarak değişen miktarlarda tespit edilmiştir. Her bir bileşik aşağıda detaylı olarak tartışılmıştır.

Çizelge 4.16. Farklı konsantrasyonlarda konjuge linoleik asit içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu oluşan heterosiklik aromatik amin miktarları (ng/g)

Sıcaklık (°C)	Konsantrasyon (%)	IQx	IQ	MeIQx	MeIQ	7,8-DiMeIQx	4,8-DiMeIOx	PhIP	AaC	MeAaC	Toplam HAA	KLA'nın Etkisi
150	Kontrol	nd	nd	nd	nd	0,02	nd	0,14	nd	nd	0,16	-
	0,05	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	0,10	nd	nd	0,13	-%18,75
	0,1	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	nq	nd	nd	0,03	-%81,25
	0,25	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	nq	nd	nd	0,03	-%81,25
	0,5	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	nq	nd	nd	0,03	-%81,25
200	Kontrol	nd	nq	nq	nq	0,04	nd	0,10	0,05	nd	0,19	-
	0,05	nd	nq	nq	0,06	0,06	nd	0,13	0,04	nd	0,29	+%52,63
	0,1	nd	nd	nd	nd	0,05	nd	0,10	nd	nd	0,15	-%21,05
	0,25	nd	nd	nd	nd	0,05	nd	nq	nd	nd	0,05	-%73,68
	0,5	nd	nd	nd	nd	0,04	nd	nq	nd	nd	0,04	-%78,95
250	Kontrol	nd	nq	0,18	0,07	0,13	0,04	0,81	0,24	nd	1,47	-
	0,05	nd	nq	0,21	0,07	0,15	0,05	0,83	0,18	nd	1,49	+%1,36
	0,1	nd	nd	0,21	0,09	0,12	0,08	0,50	0,11	0,05	1,16	-%21,09
	0,25	nd	nd	0,09	nq	0,10	nd	0,41	0,09	nd	0,69	-%53,06
	0,5	nd	nd	0,15	nq	0,10	nd	0,40	nq	nd	0,65	-%55,78

nd: Tespit edilemedi, nq: Miktarı belirlenemedi

4.6.3. Örneklerin IQx içerikleri

IQx bileşiği literatürde az çalışılan HAA'lerden biridir. Mevcut araştırmada farklı sıcaklık derecelerinde pişirilen örneklerin hiçbirinde IQx bileşiği tespit edilememiştir (0,004 ng/g>). Nitekim Pais *et al.* (1999) 275°C'de 30 dk kızarttıkları sığır etinde, Öz *et al.* (2010b) mikrodalgada 6 dk'ya kadar, 200°C'lik fırında 3-12 dk ve 200°C'lik ısıtıcı plaka üzerinde 2-8 dk pişirdikleri sığır etinde IQx bileşiğini belirleyememişlerdir.

Turesky *et al.* (2005), tavada 150-300°C sıcaklıkta 12-24 dk kızarttıkları ve mangalda 230-300°C sıcaklıkta 20 dk pişirdikleri sığır eti örneklerinde sırasıyla 0,12-0,39 ng/g arasında ve 0,2 ng/g'a kadar IQx bileşiği tespit ettiklerini belirtmişlerdir. Öte yandan Öz *et al.* (2010b) tavada 200°C'de 6 dk'ya kadar kızartılan sığır etinde nd-0,61 ng/g arasında, mangalda 6 dk'ya kadar pişirilen sığır eti örneklerinde ise nd-3,65 ng/g arasında IQx bileşiği saptamışlardır.

4.6.4. Örneklerin IQ içerikleri

Araştırmada 150°C sıcaklıkta pişirilen köftelerin hiçbirinde IQ bileşiği tespit edilemezken, 200°C ve 250°C sıcaklıkta pişirilen kontrol grubu ve %0,05 oranında KLA içeren köftelerde belirlenmiş fakat miktarı tespit edilememiştir. Diğer örneklerde IQ miktarı, tespit edilebilir sınırın altında kalmıştır (0,009 ng/g>).

Literatürde de benzer sonuçlarla karşılaşılmaktadır. Nitekim kızartma (Gross *et al.* 1989; Turesky *et al.* 1989; Thiebaud *et al.* 1994, 1995; Knize *et al.* 1998; Sinha *et al.* 1998; Pais *et al.* 1999; Busquets *et al.* 2004; Öz and Kaya 2011a,2011b), mangalda pişirme (Johansson and Jägerstad 1994; Knize *et al.* 1998; Sinha *et al.* 1998), ızgarada pişirme (Fay *et al.* 1997; Öz *et al.* 2010b), mikrodalgada pişirme (Öz *et al.* 2010b) ve fırında pişirme (Sinha *et al.* 1998; Öz *et al.* 2010b) yöntemleri ile pişirilmiş sığır eti örneklerinde IQ bileşiğinin tespit edilemediği belirtilmiştir.

Öte yandan Shin *et al.* (2003) 225°C’de 20 dk ve Warzecha *et al.* (2004) 150-160°C’de 20 dk kızartılan sığır etlerinde IQ bileşiğini belirlediklerini, fakat miktarını tespit edemediklerini, Felton *et al.* (1994) 200-250°C’de 12 dk kızartılan sığır etlerinde nd-0,1 ng/g arasında, Turesky *et al.* (1988) 25°C’de 5-15 dk kızartılan sığır etlerinde 0,3-1,9 ng/g arasında, Öz *et al.* (2010b) 200°C sıcaklıkta 6 dk’ya kadar tavada kızarttıkları sığır etlerinde nd-0,68 ng/g arasında, aynı sürelerde mangalda kızarttıkları örneklerde ise nd-0,78 ng/g arasında IQ bileşiği tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

4.6.5. Örneklerin MeIQx içerikleri

Analizi yapılan örneklerde 0,21 ng/g’a kadar MeIQx bileşiği olduğu belirlenmiştir. Öz *et al.* (2010b) 200°C sıcaklıkta 2-8 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirdikleri, 3-12 dk fırında pişirdikleri, 6 dk’ya kadar mikrodalgada pişirdikleri sığır etinde, Öz and Kaya (2011a; 2011b) 175-225°C sıcaklıkta 15 dk tavada kızarttıkları sığır eti örneklerinde, Tikkanen *et al.* (1993) ticari olarak pişirilmiş sığır etinde MeIQx bileşiğini tespit edemediklerini belirtmişlerdir.

150°C’de pişirilen köftelerin hiçbirisinde MeIQx bileşiği tespit edilememiştir. 200°C sıcaklıkta pişirilen kontrol grubu ve %0,05 oranında KLA içeren köftelerde MeIQx bileşiği belirlenmiş, fakat miktarı tespit edilememiştir. Öte yandan 250°C sıcaklıkta pişirilen köftelerin hepsinde MeIQx bileşiği belirlenmiş, en düşük oran (0,09 ng/g) %0,25 oranında KLA içeren köfte grubunda tespit edilmiştir. 250°C’de pişirilen köftelerde %0,05 ve %0,1 oranında KLA kullanımı MeIQx içeriğini artırmış (%16,67), %0,25 ve %0,5 oranında kullanım ise sırasıyla %50 ve %16,67 oranında azaltmıştır. KLA’lı ve KLA’sız köftelerin MeIQx içerikleri genellikle literatür ile benzerlik göstermektedir. Felton *et al.* (1994) 200-250°C’de 12 dk kızartılan sığır etlerinde nd-5,1 ng/g arasında, Abdulkarim and Smith (1998) 200-240°C’de 7-12 dk mangalda pişirdikleri ve 190-230°C’de 10-15 dk kızarttıkları sığır etlerinde sırasıyla nd-1,61 ng/g ve nd-1,11 ng/g arasında, Sinha *et al.* (1998) 185-240°C’de 9-38 dk mangalda pişirdikleri sığır etinde nd-1,61 ng/g arasında, Knize *et al.* (1994) 150-230°C sıcaklıkta

4-20 dk kızartılan sığır etlerinde nd-7,3 ng/g arasında, Polak *et al.* (2009) 220°C’de 65°C ve 80°C iç sıcaklığa kadar kızarttıkları sığır etlerinde sırasıyla 0,19-0,36 ng/g ve 0,14-0,15 ng/g arasında, Klassen *et al.* (2002) 160-220°C’de 14 dk tavada pişirilen sığır eti örneklerinde 0,3-0,34 ng/g arasında, Johansson and Jägerstad (1994) 180-190°C sıcaklıkta 12 dk kızartılan sığır etinde 0,03-2,8 ng/g arasında, Johansson *et al.* (1995) 165-200°C sıcaklıkta 8 dk kızartılan sığır etinde 0,2-1,6 ng/g arasında, Busquets *et al.* (2004) 175-200°C sıcaklıkta 11,2 dk kızartılan sığır etinde 0,7 ng/g seviyesine kadar MeIQx bileşiği tespit etmişlerdir.

4.6.6. Örneklerin MeIQ içerikleri

Mevcut araştırmada analizi yapılan örneklerde nd-0,09 ng/g arasında MeIQ bileşiği belirlenmiştir. 150°C’de pişirilen köftelerin hiçbirisinde MeIQ bileşiği tespit edilememiştir. 200°C’de pişirilen kontrol grubu köftelerde MeIQ bileşiği tespit edilmiş, fakat miktarı belirlenememiştir. MeIQ bileşiği 200°C’de pişirilen ve %0,05 oranında KLA içeren köfte grubunda 0,06 ng/g seviyesinde tespit edilmiştir. Buna karşın KLA oranının artması ile inhibisyon gerçekleşmiş ve MeIQ bileşiğinin oluşumu engellenmiştir. 250°C’de pişirilen kontrol grubu köfteler ile %0,05 oranında KLA içeren köftelerde 0,07 ng/g seviyesinde MeIQ bileşiği tespit edilmiş olmasına rağmen, %0,1 oranında KLA içeren köftelerde 0,09 ng/g MeIQ bileşiği tespit edilmiş, %0,25 ve %0,5 oranında KLA içeren köftelerde ise MeIQ bileşiği tespit edilmiş, fakat miktarı belirlenememiştir. Nitekim Öz and Kaya (2011b) 225°C’de 15 dk kızartılan kontrol grubu köftelerde 2,66 ng/g seviyesinde MeIQ bileşiği tespit ettiklerini, %1 karabiber içeren köfteleri aynı şartlarda pişirdikten sonra ise MeIQ bileşiğinin oluşumunu %100 engellediklerini bildirmişlerdir. Öz and Kaya (2011a) 175°C’de 15 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirdikleri kırmızıbiber içermeyen kontrol gruplarında 1,34 ng/g seviyesinde, %1 oranında kırmızıbiber içeren örneklerde ise 0,16 ng/g seviyesinde MeIQ bileşiği tespit etmişlerdir. Dolayısıyla %1 oranında kırmızıbiberin sığır pirzola etlerinde MeIQ bileşiğinin oluşumunu %88,06 oranında inhibe ettiğini hesaplamışlardır.

Nitekim sığır etlerinin kızartılması (Johansson and Jägerstad 1994; Knize *et al.* 1998; Sinha *et al.* 1998; Pais *et al.* 1999; Busquets *et al.* 2004; Öz *et al.* 2010b), mangalda pişirilmesi (Johansson and Jägerstad 1994; Sinha *et al.* 1998) ve ızgara yapılması sonucu (Busquets *et al.* 2004; Toribio *et al.* 2007; Öz *et al.* 2010b) MeIQ bileşiğinin tespit edilemediğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır.

Yamaizumi *et al.* (1986) ızgara yapılan sığır etlerinde, Warzecha *et al.* (2004) 150-160°C'de 20 dk tavada kızarttıkları sığır etinde, Shin *et al.* (2003) 225°C'de 20 dk kızarttıkları sığır etinde MeIQ bileşiğini belirlemişler, fakat miktarını tespit edememişler, Britt *et al.* (1998) tavada 170°C'de 16 dk kızartılan sığır etinde 0,3-0,6 ng/g arasında, Abdulkarim and Smith (1998) mangalda 200-240°C'de 7-12 dk pişirilen sığır etinde 0,38 ng/g seviyesinde, Balogh *et al.* (2000) tavada 175-225°C'de 12-20 dk kızartılan sığır etinde 0,1-3,5 ng/g arasında, Klassen *et al.* (2002) tavada 160-220°C'de 14 dk kızartılan sığır etinde 0,1 ng/g'a kadar, Öz *et al.* (2010b) mangalda 1,5-6 dk pişirilen sığır etinde nd-0,31 ng/g arasında ve Rivera *et al.* (1996) 200-250°C'de 15 dk pişirilen sığır etinde 8 ng/g'a kadar MeIQ bileşiği tespit etmişlerdir.

4.6.7. Örneklerin 7,8-DiMeIQx içerikleri

Literatürde az çalışılan diğer bir bileşik ise 7,8-DiMeIQx bileşiğidir. Mevcut araştırmada, farklı seviyelerde KLA içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu en yaygın oluşan HAA'lerden birinin 7,8-DiMeIQx bileşiği olduğu belirlenmiştir. Analizi yapılan örneklerde 0,02-0,15 ng/g arasında 7,8-DiMeIQx bileşiği olduğu belirlenmiştir. 150°C'de pişirilen kontrol grubu köftelerde 0,02 ng/g seviyesinde 7,8-DiMeIQx bileşiği tespit edilirken, aynı sıcaklıkta pişirilen köftelerde KLA kullanımı (%0,05, %0,1, %0,25 ve %0,5) 7,8-DiMeIQx içeriğini %50 oranında artırmıştır.

200°C'de pişirilen kontrol grubu ve %0,5 oranında KLA içeren köftelerde 0,04 ng/g seviyesinde 7,8-DiMeIQx bileşiği tespit edilirken, aynı sıcaklıkta pişirilen köftelerde

%0,05 oranında KLA kullanımı 7,8-DiMeIQx içeriğini %50 oranında, %0,1 ve %0,25 oranında KLA kullanımı ise 7,8-DiMeIQx içeriğini %25 oranında artırmıştır.

250°C’de pişirilen kontrol grubu köftelerde 0,13 ng/g seviyesinde 7,8-DiMeIQx bileşiği tespit edilirken, aynı sıcaklıkta pişirilen köftelerde %0,05 oranında KLA kullanımı 7,8-DiMeIQx içeriğini %15,38 oranında artırmıştır. Öte yandan 250°C’de pişirilen köftelerde, %0,1 ve %0,25 ve 0,5 oranlarında KLA kullanımı ise 7,8-DiMeIQx içeriğini sırasıyla %7,69 ve %23,08 oranlarında azaltmıştır.

Turesky *et al.* (1988) tavada 275°C sıcaklıkta 5-15 dk kızartılan sığır etinde nd-0,7 ng/g arasında, Fay *et al.* (1997) ızgara yapılan sığır etinde 0,2 ng/g, Klassen *et al.* (2002) tavada 160-220°C sıcaklıkta 14 dk kızartılan sığır etinde 0,1-1,75 ng/g arasında, Busquets *et al.* (2004) tavada 175-200°C sıcaklıkta 14 dk kızartılan sığır etinde 0,04 ng/g, Öz *et al.* (2010b) mangalda 6 dk’ya kadar pişirdikleri sığır etinde nd-0,28 ng/g arasında ve Öz (2011) ticari olarak pişirilmiş sığır eti örneklerinde 0,1-0,43 ng/g arasında 7,8-DiMeIQx bileşiği tespit ettiklerini belirtmişlerdir.

4.6.8. Örneklerin 4,8-DiMeIQx içerikleri

Literatürde 4,8-DiMeIQx bileşiği en çok araştırılan HAA’lardan biridir. Mevcut araştırmada analizi yapılan örneklerde nd-0,08 ng/g arasında 4,8-DiMeIQx bileşiği belirlenmiştir. 150°C ve 200°C’de pişirilen köftelerin hiçbirisinde 4,8-DiMeIQx bileşiği tespit edilememiştir.

250°C’de pişirilen kontrol grubu köftelerde 0,04 ng/g seviyesinde 4,8-DiMeIQx bileşiği tespit edilirken, aynı sıcaklıkta pişirilen %0,05 ve %0,1 oranlarında KLA içeren köftelerde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin miktarı %25 ve %100 oranlarında artmıştır. Öte yandan %0,25 ve %0,5 oranlarında KLA içeren köftelerde ise 4,8-DiMeIQx bileşiği tespit edilememiştir.

Öz and Kaya (2011a) 225°C’de 15 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirdikleri kırmızıbiber içermeyen kontrol gruplarında 1,77 ng/g seviyesinde, %1 oranında kırmızıbiber içeren örneklerde ise 0,54 ng/g seviyesinde 4,8-DiMeIQx bileşiği tespit etmişlerdir. Dolayısıyla %1 oranında kırmızıbiberin sığır pirzola etlerinde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin oluşumunu %69,49 oranında inhibe ettiğini belirtmişlerdir. Öz and Kaya (2011b) 225°C’de 15 dk kızartılan kontrol grubu köftelerde 3,35 ng/g 4,8-DiMeIQx bileşiği tespit ettiklerini, %1 karabiber içeren köfteleri ise aynı şartlarda pişirdikten sonra 4,8-DiMeIQx bileşiğinin oluşumunu tamamen engellediklerini bildirmişlerdir.

Gross *et al.* (1989) tavada 250°C’de 10 dk kızarttıkları sığır etinde, Tikkanen *et al.* (1993) ticari pişirilmiş sığır eti örneklerinde, Knize *et al.* (1997) ızgarada pişirdikleri sığır etinde, Knize *et al.* (1998) mangalda pişirdikleri sığır etinde, Sinha *et al.* (1998) mangalda 249-273°C’de 16-41 dk pişirdikleri sığır eti örneklerinde ve Öz *et al.* (2010b) 1,5-6 dk mikrodalgada pişirdikleri, fırında 200°C’de 3-12 dk pişirdikleri, aynı sıcaklıkta 2-8 dk ızgara yaptıkları, tavada aynı sıcaklıkta 1,5-6 dk kızarttıkları sığır eti örneklerinde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin tespit edilemediğini belirtmişlerdir.

Johansson *et al.* (1995) tavada 165-200°C’de 8 dk kızarttıkları sığır eti örneklerinde nd-0,4 ng/g arasında, Johansson and Jägerstad (1994) tavada 180-190°C’de 12 dk kızarttıkları sığır etinde nd-0,7 ng/g arasında, Turesky *et al.* (1988) tavada 275°C’de 5-15 dk kızartılan sığır etinde nd-3,9 ng/g arasında, Murray *et al.* (1993) ızgarada 225°C’de 12 dk pişirdikleri sığır etinde 0,1 ng/g seviyesinde, Britt *et al.* (1998) 170°C’de 16 dk kızartılan sığır etinde 0,5-2,7 ng/g arasında, Turesky *et al.* (2005) mangalda 230-300°C’de 20 dk pişirilen sığır etinde 0,12-0,43 ng/g arasında 4,8-DiMeIQx bileşiği tespit etmişlerdir.

4.6.9. Örneklerin PhIP içerikleri

Mevcut araştırmada farklı oranlarda KLA içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu en yaygın oluşan HAA’lardan birinin de PhIP bileşiği olduğu ve

analizi yapılan örneklerde nq-0,83 ng/g arasında PhIP bileşiği olduğu belirlenmiştir. Literatürde de PhIP bileşiğinin ısıtma işlemi uygulanmış etlerde en yaygın olarak bulunan HAA'lerden biri olduğu belirtilmektedir (Pais *et al.* 1999; Busquets *et al.* 2004; Warzecha *et al.* 2004; Turesky *et al.* 2005; Iwasaki *et al.* 2010; Liao *et al.* 2010; Viegas *et al.* 2012). Araştırmada 150°C'de pişirilen kontrol grubu ve %0,05 oranında KLA içeren köfte gruplarında sırasıyla 0,14 ng/g ve 0,10 ng/g seviyelerinde PhIP bileşiği tespit edilirken, %0,1, %0,25 ve %0,5 oranlarında KLA içeren köfte gruplarında PhIP bileşiği belirlenmiş, fakat miktarları tespit edilememiştir. Öte yandan 200°C'de pişirilen kontrol grubu ve %0,1 oranında KLA içeren köftelerde 0,10 ng/g seviyesinde PhIP bileşiği tespit edilirken, %0,05 oranında KLA içeren köftelerde PhIP bileşiği miktarı %30 oranında artmıştır (0,13 ng/g). %0,25 ve %0,5 oranlarında KLA içeren köfte gruplarında da PhIP bileşiği belirlenmiş, fakat miktarı tespit edilememiştir. 150-200°C sıcaklıkta pişirilen köftelerde KLA konsantrasyonunun artmasıyla birlikte PhIP bileşiğinin oluşum miktarları genellikle azalmıştır. Öz and Kaya (2011a) 175°C ve 200°C'de 15 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirdikleri kırmızıbiber içermeyen kontrol gruplarında sırasıyla 1,54 ng/g ve 9,47 ng/g seviyelerinde PhIP bileşiği tespit ederken, %1 oranında kırmızıbiber ilave ettikleri örneklerde ise PhIP bileşiğinin oluşumunun tamamen engellendiğini bildirmişlerdir.

250°C'de pişirilen kontrol grubu köftelerde 0,81 ng/g PhIP bileşiği tespit edilirken, %0,05 oranında KLA içeren köftelerde PhIP içeriği %2,47 oranında artmıştır. Öte yandan %0,1, %0,25 ve %0,5 oranlarında KLA içeren köftelerde ise PhIP bileşiği miktarlarında sırasıyla %38,27, %49,38 ve %50,62 oranlarında redüksiyon sağlanmıştır. Öz and Kaya (2011b) 225°C'de 15 dk kızartılan kontrol grubu köftelerde 31,80 ng/g seviyesinde PhIP bileşiği tespit ettiklerini, %1 karabiber içeren köftelerde ise PhIP bileşiğinin oluşumunun tamamen engellendiğini bildirmişlerdir.

Sığır eti örneklerinde PhIP bileşiğini; Gross *et al.* (1989) tavada 250°C'de 10 dk kızarttıkları sığır etinde nd-1,2 ng/g arasında, Murray *et al.* (1993) 225°C'de 12 dk ızgara yaptıkları sığır etinde 0,6 ng/g, Wakabayashi *et al.* (1993) tavada kızartılan sığır etinde 0,56 ng/g, Klassen *et al.* (2002) tavada 160-220°C'de 14 dk kızartılan sığır etinde

0,2-1,1 ng/g arasında, Sinha *et al.* (1998) tavada 180-191°C’de 6-20 dk kızartılan sığır etinde nd-2,3 ng/g arasında PhIP bileşiği tespit edildiğini bildirmişlerdir.

4.6.10. Örneklerin AαC içerikleri

AαC bileşiği de literatürde az çalışılan HAA bileşiklerindendir. Mevcut araştırmada analizi yapılan örneklerde nd-0,24 ng/g arasında belirlenmiştir. 150°C’de pişirilen köftelerin hiçbirisinde AαC bileşiği tespit edilememiştir.

200°C’de pişirilen kontrol grubu ve %0,05 oranında KLA içeren köftelerde sırasıyla 0,05 ng/g ve 0,04 ng/g seviyelerinde AαC bileşiği belirlenmesine karşın, %0,1, %0,25 ve %0,5 oranlarında KLA içeren köftelerde ise AαC bileşiği tespit edilememiştir. 250°C’de pişirilen kontrol grubu, %0,05, %0,1 ve %0,25 oranında KLA’lı köftelerde AαC bileşiği sırasıyla 0,24 ng/g, 0,18 ng/g, 0,11 ng/g ve 0,09 ng/g seviyelerinde belirlenmesine karşın, %0,5 KLA’lı köftelerde AαC bileşiği belirlenmiş, fakat miktarı tespit edilememiştir. AαC bileşiğinin oluşum miktarlarından yola çıkarak, KLA konsantrasyonunun artmasıyla AαC bileşiği oluşum seviyesinin azaldığını belirtmek mümkündür.

Felton *et al.* (1994) tavada 200-250°C’de 12 dk kızartılan sığır eti örneklerinde, Knize *et al.* (1994) tavada 150-230°C’de 4-20 dk kızartılan sığır eti örneklerinde, Fay *et al.* (1997) ızgara yaptıkları sığır etinde, Pais *et al.* (1999) tavada 275°C’de 30 dk kızartılan sığır eti örneklerinde ve Öz *et al.* (2010b) fırında 200°C’de 3-12 dk pişirdikleri, aynı sıcaklıkta 2-8 dk ızgara yaptıkları ve aynı sıcaklıkta 1,5-6 dk kızarttıkları sığır etlerinde AαC bileşiğinin tespit edilemediğini belirtmişlerdir. Öte yandan Busquets *et al.* (2004) tavada 175-200°C’de 11,2 dk kızartılan sığır eti örneklerinde 0,04 ng/g, Turesky *et al.* (2005) tavada 150-300°C’de 12-24 dk kızartılan sığır etinde 0,03-3,32 ng/g arasında ve mangalda 230-300°C’de 20 dk pişirdikleri sığır etinde 2,8-7,75 ng/g arasında, Toribio *et al.* (2007) ızgarada 180-210°C’de 4 dk pişirdikleri sığır etinde 0,33 ng/g AαC bileşiğinin oluştuğunu belirtmişlerdir.

4.6.11. Örneklerin MeAαC içerikleri

MeAαC bileşiği de literatürde az çalışılan HAA'lerden biridir. Mevcut araştırmada 150°C ve 200°C'de pişirilen köftelerin hiçbirisinde MeAαC bileşiği tespit edilememiştir. 250°C'de pişirilen köftelerde ise sadece %0,1 KLA'lı köftelerde 0,05 ng/g MeAαC bileşiği tespit edilmiştir. Nitekim MeAαC bileşiği literatürde yer alan diğer bazı çalışmalarda da (Fay *et al.* 1997; Pais *et al.* 1999; Öz *et al.* 2010b) tespit edilememiştir. Buna karşın Busquets *et al.* (2004) ızgarada 180-210°C'de 4 dk pişirdikleri sığır etinde ve tavada 175-200°C'de 11,2 dk kızartıkları sığır eti örneklerinde sırasıyla 0,4 ng/g ve 0,1 ng/g'a kadar MeAαC bileşiğini tespit ettiklerini belirtmişlerdir. Öte yandan Turesky *et al.* (2005) tavada 150-300°C'de 12-24 dk pişirdikleri sığır etinde 0,03-0,14 ng/g arasında, mangalda 230-300°C'de 20 dk pişirdikleri sığır etinde ise 0,09-0,29 ng/g arasında MeAαC bileşiğinin tespit edildiğini belirtmişlerdir.

4.6.12. Örneklerin toplam HAA içerikleri

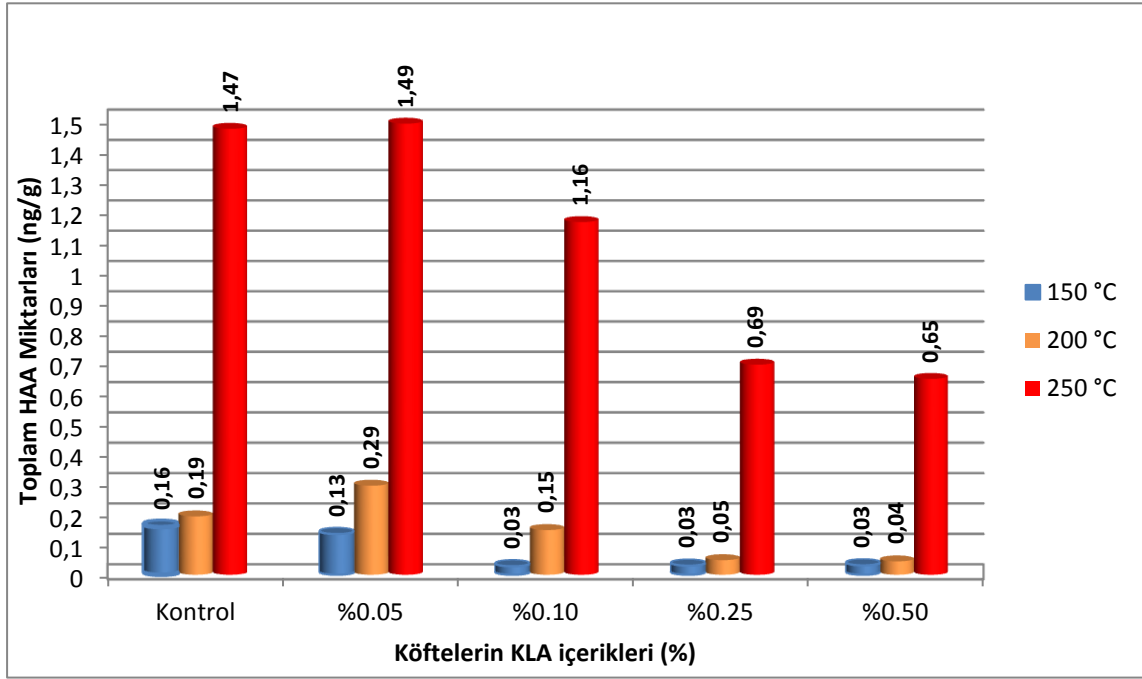
Kontrol grubu ve farklı seviyelerde KLA içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu elde edilen toplam HAA değerleri, bireysel HAA'lar için bulunan nd (tespit edilemedi) ve nq (tespit edildi fakat miktarı belirlenemedi) değerleri dikkate alınmadan Çizelge 4.17'de verilmiştir. Pişirilen örneklerin toplam HAA içerikleri 0,03-1,49 ng/g arasında değişiklik göstermiştir. Pişmiş etlerin HAA içeriği üzerine et tipi, pişirme şartları, prekürsör maddelerin varlığı vb. gibi pek çok faktörün etki ettiği bilinmektedir (Felton *et al.* 1997; Reistad *et al.* 1997; Pais *et al.* 1999; Keating and Bogen 2001; Öz *et al.* 2007, 2010a).

Çizelge 4.17. Kontrol grubu ve farklı seviyelerde KLA içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu elde edilen toplam HAA miktarları

Konsantrasyon (%)	Sıcaklık (°C)	Toplam HAA Miktarı (ng/g) ($\bar{x} \pm SD$)
0	150	0,16±0,07
	200	0,19±0,06
	250	1,47±0,27
0,05	150	0,13±0,01
	200	0,29±0,01
	250	1,49±0,31
0,1	150	0,03±0,01
	200	0,15±0,03
	250	1,16±0,15
0,25	150	0,03±0,01
	200	0,05±0,01
	250	0,69±0,15
0,5	150	0,03±0,00
	200	0,04±0,00
	250	0,65±0,07

$\bar{x}$:ortalama, SD: Standart Sapma

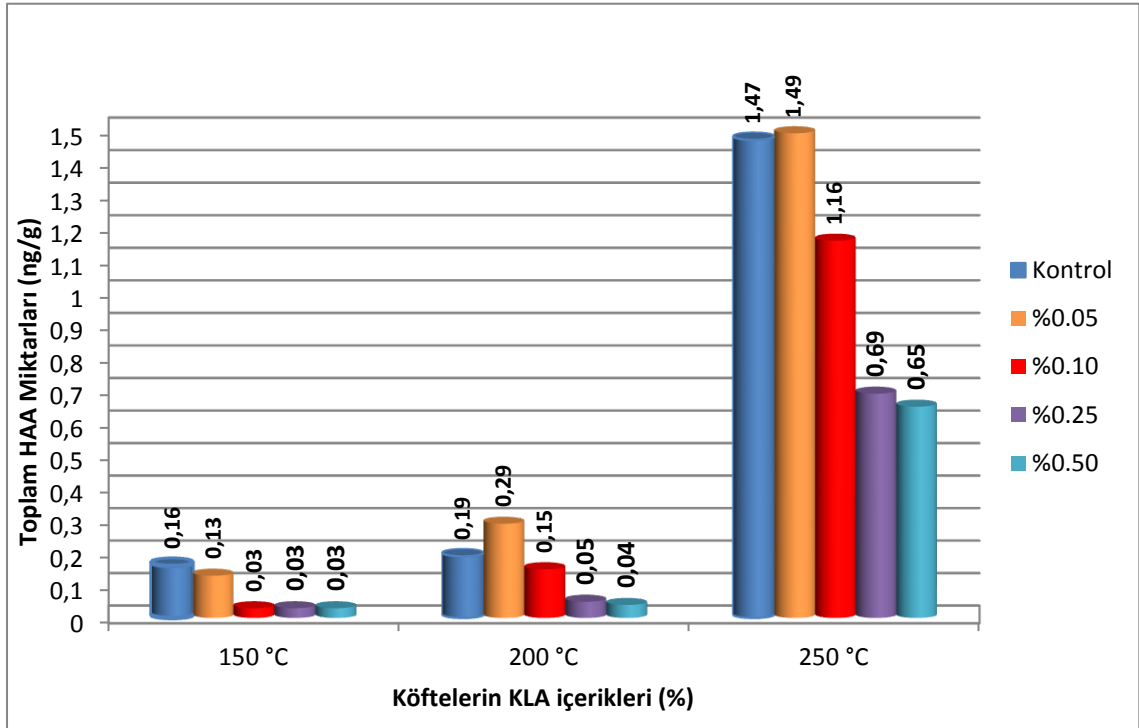
Örneklerin farklı pişirme sıcaklıklarına göre toplam HAA içerikleri Şekil 4.2’de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, kontrol grubu ve KLA içeren köftelerin toplam HAA içerikleri pişirme sıcaklığındaki artışa paralel olarak artmıştır.



Şekil 4.2. Örneklerin farklı pişirme sıcaklıklarına göre toplam HAA içerikleri

Örneklerin KLA içeriklerine göre (%0, %0,05, %0,1, %0,25, %0,5) toplam HAA içerikleri ise Şekil 4.3’de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, 150°C’de pişirilen köftelerde KLA kullanımı toplam HAA içeriğini azaltmıştır. 200°C ve 250°C’de pişirilen köftelerde ise sadece %0,05 KLA kullanımı, toplam HAA içeriğini, KLA kullanılmayan kontrol gruplarının toplam HAA içeriğine kıyasla artırmış, diğer seviyelerde (%0,1, %0,25 ve %0,5) KLA kullanımı ise toplam HAA içeriğini azaltmıştır.

Kontrol ve farklı seviyelerde KLA ilave edilerek üretilen köftelerin toplam HAA değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi örneklerin toplam HAA miktarları üzerine KLA konsantrasyonunun, sıcaklığın ve konsantrasyon x sıcaklık interaksyonunun çok önemli ($p < 0.01$) etkisinin olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.3. Örneklerin farklı KLA içeriklerine göre toplam HAA içerikleri

Çizelge 4.18. Kontrol ve farklı seviyelerde KLA ilave edilerek üretilen köftelerin toplam HAA değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
Konsantrasyon	4	0,209	13,904**
Sıcaklık	2	3,230	214,350**
Konsantrasyon x Sıcaklık	8	0,077	5,131**
Hata	15	0,015	

Sd: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması **: $p < 0.01$

KLA konsantrasyonunun pişirilmiş köftelerin toplam HAA miktarları üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.19'da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi, köfte üretiminde KLA seviyesinin %0,05 olması toplam HAA miktarını kontrol grubuna kıyasla artırmasına rağmen, istatistiksel olarak kontrol grubu ile %0,05 KLA'lı köftelerin toplam HAA içerikleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Öte yandan %0,25 ve %0,5 KLA'lı köftelerin toplam HAA

miktarları diğer köftelerin toplam HAA miktarlarından önemli oranda ($p<0.05$) düşük bulunmuştur.

Çizelge 4.19. KLA konsantrasyonunun pişirilmiş köftelerin toplam HAA değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

KLA Konsantrasyonu (%)	n	Toplam HAA Miktarı (ng/g) ($\bar{x} \pm SD$)
0	6	0,60±0,68ab
0,05	6	0,64±0,68a
0,1	6	0,45±0,57b
0,25	6	0,25±0,34c
0,5	6	0,24±0,32c

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

HAA'ların oluşumunda radikal reaksiyonların önemli rolü olduğu anlaşıldıktan sonra, model sistemler ile kızartılmış et ve balıkta HAA oluşumuna antioksidanların etkileri araştırılmış olup, tek bir antioksidanın veya antioksidan karışımının HAA oluşumunu inhibe ettiği belirtilmiştir. Bu etki, antioksidanların, HAA'ların oluşumlarının farklı aşamalarını ineterfere etmesi ile açıklanmıştır (Öz ve Kaya 2007). Araştırmacılar, antioksidan baharatların, kızartılmış etteki birçok HAA miktarını azaltabileceğini belirtmişlerdir (Murkovic *et al.* 1998; Persson *et al.* 2003; Vitaglione and Fogliano 2004; Öz 2006). Nitekim, mutajenik aktivitenin azaltılmasına yönelik olarak gıdalara antioksidan, baharat, soya, triptofan, katkı maddeleri, lahana, soğan, şeker ve nişasta katılarak HAA miktarının azaltılması ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır (Jones and Weisburger 1988; Britt *et al.* 1998; Kato *et al.* 1998; Skog *et al.* 2003; Öz 2006). Buna karşın Johansson and Jägerstad (1996) yaptıkları çalışmada antioksidanların HAA oluşumunu azaltmadığını ve bu sonucun, kullanılan antioksidanların model sistemde prooksidatif etki göstermesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Mevcut çalışmada, kontrol grubu köftelerdeki toplam HAA miktarını, %0,5 KLA'lı köftelerdeki toplam HAA miktarıyla kıyaslayacak olursak; kontrol grubu köftelerde oluşan toplam HAA miktarı 0,60 ng/g iken, %0,5 KLA'lı köftelerde oluşan toplam HAA miktarı 0,24 ng/g olarak belirlenmiştir. Köftelere %0,5 KLA ilavesi, toplam HAA miktarında %60'lık inhibisyona neden olmuştur. Öte yandan Öz and Kaya (2011a) 175°C'de 15 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirdikleri kırmızıbiber içermeyen kontrol gruplarında 2,88 ng/g seviyesinde, %1 oranında kırmızıbiber içeren örneklerde ise 0,16 ng/g seviyesinde toplam HAA tespit etmişlerdir. Dolayısıyla %1 oranında kullanılan kırmızıbiberin sığır pirzola etlerinde toplam HAA oluşumunu %94,44 oranında inhibe ettiği belirtilmiştir. Öz and Kaya (2011b) 175°C'de 15 dk kızartılan kontrol grubu köftelerinde 1,40 ng/g, %1 karabiber içeren köfteleri ise aynı şartlarda pişirdikten sonra 0,93 ng/g seviyesinde toplam HAA tespit etmişlerdir. Dolayısıyla %1 oranında karabiberin sığır eti köftelerinde toplam HAA oluşumunu %33,57 oranında inhibe ettiğini belirtmişlerdir. Birçok araştırmacı yaptıkları çalışmalarda HAA miktarının oluşumunu engellediklerini bildirmişlerdir (Barnes *et al.* 1983; Xu *et al.* 1996; Britt *et al.* 1998; Balogh *et al.* 2000; Santana-Rios *et al.* 2001; Shin *et al.* 2002a,b; Weisburger 2002; Persson *et al.* 2003; Shin and Üstünol 2004).

Piştirme sıcaklığının köftelerin toplam HAA değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi, 250°C'de pişirilen örneklerde tespit edilen toplam HAA miktarı, 150°C ve 200°C'de pişirilen örneklerde tespit edilen toplam HAA miktarından istatistiki olarak önemli oranda yüksek seviyede bulunmuştur.

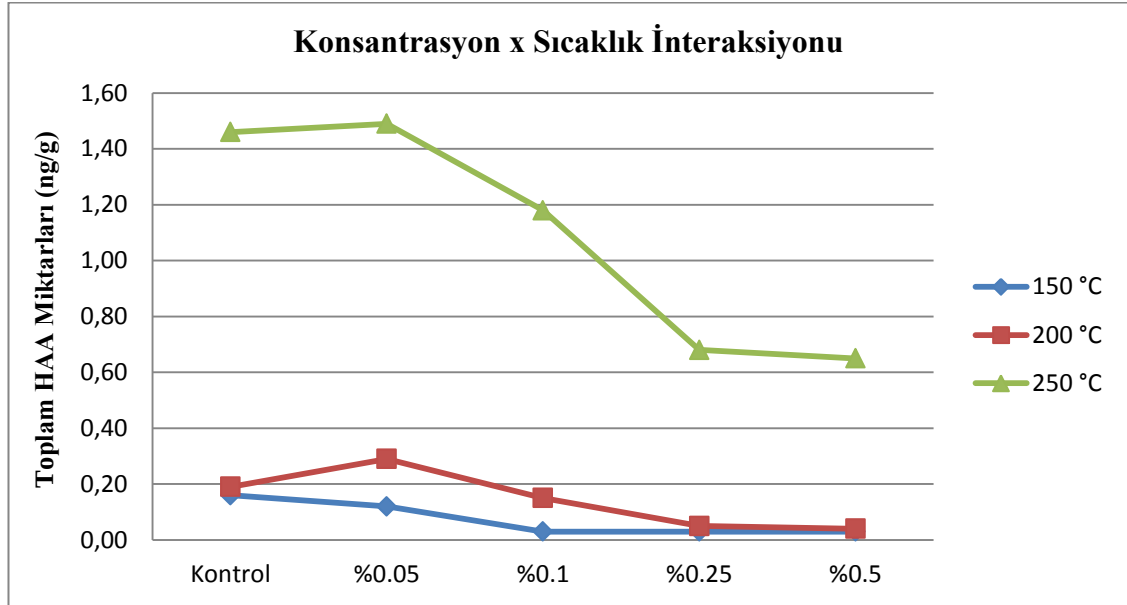
Çizelge 4.20. Pişirme sıcaklığının köftelerin toplam HAA değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Pişirme Sıcaklığı (°C)	n	Toplam HAA Miktarı (ng/g) ($\bar{x} \pm SD$)
150	10	0,07±0,06b
200	10	0,15±0,10b
250	10	1,09±0,42a

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

Pişirme sıcaklığı ve süresi HAA'ların oluşumuna etki eden en önemli fiziksel faktörler olarak tanımlanmıştır (Ferguson 2002; Öz and Kaya 2006; Janoszka *et al.* 2009; Damašius *et al.* 2011). Literatürde 200°C ve üzerindeki sıcaklıklarda uygulanan kızartma işleminin HAA oluşumunu artırdığı belirtilmektedir (Skog and Solyakov 2002; Skog and Alexander 2006). Nitekim Öz and Kaya (2011a) sığır pirzola etini ısıtıcı plaka üzerinde 175°C'de pişirdiklerinde toplam HAA içeriğini 2,88 ng/g, 200°C'de 9,47 ng/g olarak belirlemişlerdir. Öz and Kaya (2011b) %30 yağ içeriğine sahip sığır eti köftelerini 175°C, 200°C ve 225°C'de 7,5 dk pişirmişler ve toplam HAA içeriklerini sırasıyla 1,40 ng/g, 5,70 ng/g ve 37,81 ng/g olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca yapılan birçok çalışmada pişirme sıcaklığı ve süresinin artışının toplam HAA miktarını artırdığı tespit edilmiştir (Turesky *et al.* 1988; Felton *et al.* 1994; Balogh *et al.* 2000; Iwasaki *et al.* 2010; Dündar 2011). HAA oluşumunun 150°C üzerinde ve 2 dakikadan daha uzun süre ile pişirmeye bağlı olarak artış gösterdiği bildirilmiştir (Ferguson 2002).

Konsantrasyon x sıcaklık interaksiyonunun toplam HAA miktarları üzerine etkisi Şekil 4.4'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi pişirme sıcaklığının artmasıyla köftelerin toplam HAA miktarları artmaktadır. Buna karşın KLA konsantrasyonu, köftelerin toplam HAA miktarları üzerinde daha farklı bir etki göstermektedir. Bu sonuçlara göre köfte üretiminde %0,25 oranında KLA kullanımı özellikle 250°C'lik pişirme sıcaklığında toplam HAA miktarını önemli ölçüde düşürmektedir.



Şekil 4.4. Konsantrasyon x sıcaklık interaksiyonunun toplam HAA miktarları üzerine etkisi

HAA'lara maruz kalma durumu; gıdalardaki HAA seviyeleri, beslenme alışkanlığı ve vücuttan atım miktarı üzerine elde edilen verilerin birleştirilmesi ile tahmin edilmektedir. Bazı araştırmacılara göre günlük kişi başı HAA alım aralığının 60-1820 ng (Chiu *et al.* 1998; Nowell *et al.* 2002; Butler *et al.* 2003), kişi başı maksimum alım düzeyinin ise 5000 ng olduğu belirtilmektedir. Alım düzeyi arasındaki bu farklılıklar; beslenme alışkanlıklarının farklı olması, farklı çalışma ve analiz yöntemlerinin kullanılması ile açıklanmaktadır (Butler *et al.* 2003). Öte yandan Skog (2002), HAA'ların kabul edilebilir günlük tüketim miktarının kişi başı 0-15 µg/gün arasında olduğunu belirtmektedir. Mevcut araştırmada toplam HAA içeriğinin en yüksek miktarda bulunduğu köftelerden 100 g tüketilmesi durumunda bile 0,15 µg'ın altında olduğu görülmektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Köfte üretiminde KLA kullanımının HAA oluşumu üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir;

1. Araştırmada materyal olarak kullanılan köftelerin su içeriklerinin %62,16, ham yağ içeriğinin %15,03 ve protein içeriğinin %20,52 olduğu belirlenmiştir.
2. Farklı konsantrasyonlarda KLA içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu su içeriklerinin çiğ örneklerle kıyasla azaldığı ve pişirilmiş örneklerin su içeriğinin %37,94-50,68 arasında değiştiği belirlenmiştir.
3. Köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu pişirme kaybının %38,31-52,88 arasında değiştiği ve en yüksek pişirme kaybının 250°C’de pişirilen örneklerin verdiği tespit edilmiştir.
4. Hammaddede 5,51 olarak belirlenen pH değerinin, ısıtma işlem sonrası artarak pişirme sıcaklığına ve KLA içeriğine bağlı olarak 5,67-5,88 arasında değiştiği tespit edilmiştir.
5. Materyal olarak kullanılan köftelerin TBARS değeri 1,19 mg MDA/kg iken, farklı sıcaklıklarda pişirilmiş örneklerin TBARS değerleri 1,64-2,51 mg MDA/kg arasında değişmiştir.
6. Farklı sıcaklıklarda pişirilen köfte örneklerinin hiçbirinde IQx belirlenememiştir. Öte yandan araştırmada en yaygın olarak tespit edilen HAA’ların; 7,8-DiMeIQx ve PhIP olduğu tespit edilmiştir.

7. Farklı sıcaklıklarda pişirilen köfte örneklerinde değişen miktarlarda, IQ (0,029 ng/g>), MeIQx (0,21 ng/g'a kadar), MeIQ (0,09 ng/g'a kadar), 7,8-DiMeIQx (0,15 ng/g'a kadar), 4,8-DiMeIQx (0,08 ng/g'a kadar), PhIP (0,83 ng/g'a kadar), AαC (0,24 ng/g'a kadar) ve MeAαC (0,05 ng/g'a kadar) içerdiği saptanmıştır.
8. Pişirilen köftelerin toplam HAA içeriği 0,03-1,49 ng/g arasında değişiklik göstermiştir.
9. Köftelerin pişirilmesinde, pişirme sıcaklığının artırılması toplam HAA içeriğini artırmıştır.
10. KLA'nın HAA içerikleri üzerine azaltıcı veya artırıcı etkisi pişirme sıcaklığına ve ilave edilen KLA miktarına bağlı olarak değişiklik göstermiştir.
11. 150°C'de pişirilen köftelerde KLA kullanımı toplam HAA içeriğini %18,75-81,25 oranında azaltmıştır.
12. 200°C ve 250°C'de pişirilen köftelerin üretiminde %0,25 KLA kullanımı toplam HAA içeriğini sırasıyla %73,68-53,06 oranlarında azaltmıştır.
13. HAA'ların kabul edilebilir günlük tüketim miktarının kişi başı 0-15 µg/gün arasında olduğu belirtilmektedir. Mevcut araştırmada toplam HAA içeriğinin en yüksek olduğu 250°C'de pişirilen köftelerden 100 g tüketilmesi durumunda bile alım miktarının 0,15 µg'ın altında olduğu tespit edilmiştir.
14. Sonuç olarak, karsinogen ve/veya mutajen HAA'ların köftelerde oluşum seviyelerinin minimum düzeyde tutulması için köftelerin düşük sıcaklıkta pişirilmesi gerektiği söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Abdulkarim, B.G. and Smith, J.S., 1998. Heterocyclic amines in fresh and processed meat products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(11), 4680-4687.
- Alaejos, M.S. and Afonso, A.M., 2011. Factors that affect the content of heterocyclic aromatic amines in foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(2), 52-108.
- Alfaia, C.M.M., Ribeiro, V.S.S., Lourenço, M.R.A., Quaresma, M.A.G., Martins, S.I.V., Portugal, A.P.V., Fontes, C.M.G.A., Bessa, R.J.B., Castro, M.L.F., Prates, J.A.M., 2006. Fatty acid composition, conjugated linoleic acid isomers and cholesterol in beef from crossbred bullocks intensively produced and from Alentejana purebred bullocks reared according to Carnalentejana-PDO specifications. *Meat Science*, 72, 425-436.
- Alfaia, C.M.M., Ribeiro, P.J.L.C., Trigo, M.J.P., Alfaia, A.J.I., Castro, M.L.F., Fontes, C.M.G.A., Bessa, R.J.B., Prates, J.A.M., 2007. Irradiation effect on fatty acid composition and conjugated linoleic acid isomers in frozen lamb meat. *Meat Science*, 77, 689-695.
- Alfaia, C.M.M., Alves, S.P., Lopes, A.F., Fernandes, M.J.E., Costa, A.S.H., Fontes, C.M.G.A., Castro, M.L.F., Bessa, R.J.B. and Prates, J.A.M., 2010. Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. *Meat Science*, 84(4), 769-777.
- Anderson, E.T. and Berry, B.W., 2001. Effects of inner pea fiber on fat retention and cooking yield in high fat ground beef. *Food Research International*, 34, 689-694.
- Anonymous, 2002. Köfte-Hamburger Köfte Pişmemiş. TS 10580, Türk Standartları Enstitüsü, Necatibey Cad. No:112, Bakanlıklar, Ankara.
- Balogh, Z., Gray, J.I., Gomaa, E.A. and Booren, A.M., 2000. Formation and inhibition of heterocyclic aromatic amines in fried ground beef patties. *Food and Chemical Toxicology*, 38(5), 395-401.
- Barnes, W.S., Maher, J.C. and Weisburger, J.H., 1983. High-pressure liquid chromatographic method for the analysis of 2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline, a mutagen formed during the cooking of food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31(4), 883-886.
- Baublits, R.T., Pohlman, F.W., Brown, Jr.A.H., Johnson, Z.B., Proctor, A., Sawyer, J., Dias-Morse, P., Galloway, D.L., 2007. Injection of conjugated linoleic acid into beef strip loins. *Meat Science*, 75, 84-93.
- Bauman D.E., Baumgard, L.H., Corl, B.A., Griinari, J.M., 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proceedings of the American Society of Animal Science*, 15p.

- Bauman, D.E., Barbamo, D.M., Dwyer, D.A., Griinari, G.M., 2000. Technical note: Production of butter with animal models. *Journal of Dairy Science*, 83, 2422-2425.
- Benito, P., Nelson, G.J., Kelley, D.S., Bartolini, G., Schmidt, P.C., Simon, V., 2001. The effect of conjugated linoleic acid on plasma lipoproteins and tissue fatty acid composition in humans. *Lipids*, 36(3), 229-236.
- Bessa, R.J.B., Santos-Silva, J., Ribeiro, J.M.R., Portugal, A.V., 2000. Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. *Livestock Production Science*, 63, 201-211.
- Biesalski, H.K., 2005. Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Science*, 70(3), 509-524.
- Bilek, A.E., 2009. Keten tohumu unu kullanılarak fonksiyonel gıda niteliği kazandırılan sığır eti köftelerinin bazı özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Blankson, H., Jakop, A., Fapertun, H., 2000. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *Journal of Nutrition*, 130, 2943-2948.
- Bölükbaşı, S.C., 2006. The effect of dietary conjugated linoleic acid (cla) on broiler performance, serum lipoprotein content, muscle fatty acid composition and meat quality during refrigerated storage. *British Poultry Science*, 47(4), 470-476.
- Britt, C., Gomaa, E.A., Gray, J.I. and Booren, A.M., 1998. Influence of cherry tissue on lipid oxidation and heterocyclic aromatic amine formation in ground beef patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(12), 4891-4897.
- Busquets, R., Bordas, M., Toribio, F., Puignou, L. and Galceran, M.T., 2004. Occurrence of heterocyclic amines in several home-cooked meat dishes of the Spanish diet. *Journal of Chromatography B*, 802(1), 79-86.
- Butler, L.M., Sinha, R., Millikan, R.C., Martin, C.F., Newman, B., Gammon, M.D., 2003. Heterocyclic amines, meat intake, and association with colon cancer in a population-based study. *American Journal of Epidemiology*, 157(5), 434-445.
- Campo, M.M., Nute, G.R., Hughes, S.I., Enser, M., Wood, J.D. and Richardson, R.I., 2006. Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72(2), 303-311.
- Chamrusspollert, M., Sell, J.L., 1999. Transfer of dietary conjugated linoleic acid to egg yolks chickens. *Poultry Science*, 78, 1138-1150.
- Cherian, G., Georger, M.P., Ahn, D.U., 2002. Dietary conjugated linoleic acid with fish oil alter yolk n-3 and trans fatty acid content and volatile compounds in raw, cooked and irradiated egg. *Poultry Science*, 81, 1571-1577.
- Chin, S.F., Liu, W., Storkson, J.M., Ha, Y.L., Pariza, M.W., 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, 185-197.

- Chae, S.H., Keeton, J.T. and Smith, S.B., 2004. Conjugated linoleic acid reduces lipid oxidation in aerobically stored, cooked ground beef patties. *Journal of Food Science*, 69(8), 306-309.
- Chiu, C.P., Yang, D.Y. and Chen, B.H., 1998. Formation of heterocyclic amines in cooked chicken legs. *Journal of Food Protection*, 61(6), 712-719.
- Combes, S., Lepetit, J., Darche, B., Lebas, F., 2003. Effect of cooking temperature and cooking time on Warner-Bratzler tenderness measurement and collagen content in rabbit meat. *Meat Science*, 66, 91-96.
- Corino, C., Magni, S., Pastorelli, G., Rossi, R., Mourot, J., 2003. Effect of conjugated linoleic acid on meat quality, lipid metabolism and sensory characteristics of dry-cured hams from heavy pigs. *Journal of Animal Science*, 81(9), 2219-2229.
- Coşkun, T., 2005. Fonksiyonel besinlerin sağlığımız üzerine etkileri. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 48(1), 61-84.
- Çelebi, Ş. ve Kaya, A., 2008. Konjuge linoleik asitin biyolojik özellikleri ve hayvansal ürünlerde miktarını artırmaya yönelik bazı çalışmalar. *Hayvansal Üretim*, 49(1), 62-68.
- Çelik, L., 2006. Konjuge linoleik asidin ruminantlarda biyosentezi, fizyoloji ve lipid metabolizması üzerine etkileri. *Hayvansal Üretim*, 47(1), 1-7.
- Çelik, L., 2007. Kanatlıların beslenmesinde verim artışı sağlayıcı ve ürün kalitesini iyileştirici doğal organik etkili maddeler. *Yem Magazin*, 47(3), 51-55.
- Çelik, T., 2013. Farklı pişirme yöntemlerinin kaz etinde hetesiklik aromatik amin oluşumu ve bazı fiziksel ve kimyasal özellikler üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Dal Bosca, A., Castellini, C. and Bernardini, M., 2001. Nutritional quality of rabbit meat as affected by cooking procedure and dietary vitamin E. *Journal of Food Science*, 66(7), 1047-1051.
- Damašius, J., Venskutonis, P.R., Ferrance, R. and Fogliano, V., 2011. Assessment of the influence of some spice extracts on the formation of heterocyclic amines in meat. *Food Chemistry*, 126, 149-156.
- Domínguez, R., Gómez, M., Fonseca, S. and Lorenzo, J.M., 2014a. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. *Meat Science*, 97(2), 223-230.
- Domínguez, R., Gómez, M., Fonseca, S. and Lorenzo, J.M., 2014b. Influence of thermal treatment on formation of volatile compounds, cooking loss and lipid oxidation in foal meat. *LWT - Food Science and Technology*, 58(2), 439-445.
- Du, M., Ahn, D.U., Nam, K.C., Sell, J.L., 2000. Influence of dietary conjugated linoleic acid on volatile profiles, color and lipid oxidation of irradiated raw chicken meat. *Meat Science*, 56, 387-395.

- Du, M., Ahn, D.U., Nam, K.C., Sell, J.L., 2001. Volatile profiles and lipid oxidation of irradiated cooked chicken meat from laying hens fed diets containing conjugated linoleic acid. *Poultry Science*, 80(2), 235-241.
- Du, M. and Ahn, D.U., 2002. Effect of dietary conjugated linoleic acid on the growth rate of live birds and on the abdominal fat content and quality of broiler meat¹. *Poultry Science*, 81, 428-433.
- Du, M., Nam, K.C., Hur, S.J., Ismail, H., Ahn, D.U., 2002. Effect of dietary conjugated linoleic acid, irradiation and packaging conditions on the quality characteristics of raw broiler breast fillets. *Meat Science*, 60, 9-15.
- Dünder A., 2011. Farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen köftelerde heterosiklik aromatik aminlerin oluşumunun sınırlandırılmasında optimum tuz, askorbik asit ve yağ kullanım seviyelerinin yanıt yüzey yöntemi ile belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ercoşkun, H., Uğuz, Ş. ve Kıralan, M., 2005. Konjuge linoleik asit. *Gıda Mühendisleri Odası Gıda Mühendisliği Dergisi*, 9(19), 42-46.
- Fay, L.B., Ali, S. and Gross, G.A., 1997. Determination of heterocyclic aromatic amines in food products: automation of the sample preparation method prior to HPLC and HPLC-MS quantification. *Mutation Research*, 376(1-2), 29-35.
- Felton, J.S., Fultz, E., Dolbeare, F.A. and Knize, M.G., 1994. Effect of microwave pretreatment on heterocyclic aromatic amine mutagens/carcinogens in fried beef patties. *Food and Chemical Toxicology*, 32(10), 897-903.
- Felton, J.S., Malfatti, M.A., Knize, M.G., Salmon, C.P., Hopmans, E.C. and Wu, R.W., 1997. Health risks of heterocyclic amines. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 376(1-2), 37-41.
- Felton, J.S., Jägerstad, M., Knize, M.G., Skog, K. and Wakabayashi, K., 2000. Contents in foods, beverages and tobacco. Baffins Lane, Chichester, West Sussex, 373, England.
- Ferguson L.R., 2002. Meat consumption, cancer risk and population groups within New Zeland. *Mutation Research*, 506-407, 215-224.
- Ferioli, F., Caboni, M.F. and Dutta, P.C., 2008. Evaluation of cholesterol and lipid oxidation in raw and cooked minced beef stored under oxygen-enriched atmosphere. *Meat Science*, 80(3), 681-685.
- Fritsche, J., Steinhart, H., 1998a. Amounts of conjugated linoleic acid (CLA) in German foods and evaluation of daily intake. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung A*, 206, 77-82.
- Fritsche, J., Steinhart, H., 1998b. Analysis, occurrence and physiological properties of trans fatty acid (TFA) with particular emphasis of conjugated linoleic acid isomers (CLA) –a review. *Fett/Lipid*, 6, 190-210.
- García-Arias, M.T., Álvarez Pontes, E., García-Linares, M.C., García-Fernández, M.C. and Sánchez-Muniz, F.J., 2003. Cooking–freezing–reheating (CFR) of sardine

- (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. *Food Chemistry*, 83(3), 349-356.
- Gerber, N., Scheeder, M.R.L. and Wenk, C., 2009. The influence of cooking and fat trimming on the actual nutrient intake from meat. *Meat Science*, 81(1), 148-154.
- Girard, P.J., 1992., *Cooking. Technology of Meat and Meat Products*. Fransa, 32-83.
- Goldman, R. and Shields, P. 2003. Food Mutagens. *Journal of Nutrition*, 133, 965-973.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y., Zorba, Ö., 2010. Et ve ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama klavuzu . (V. Baskı), Atatürk Üniv. Yayınları, Yayın No: 751, Ziraat Fak. Yayın No: 318.Ders kitapları seri no:69 Atatürk Üniv. Ofset Tesisi, Erzurum.
- Griinari, J. M., Corl, B. A., Lacy, S. H., Chouinard, P. Y., Nurmela, K. V. V., Bauman, D. E., 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Δ^9 -desaturase^{1,2}. *The Journal of Nutrition*, 130, 2285-2291.
- Gross, G.A., Philipposian, G. and Aeschbacher, H.U., 1989. An efficient and convenient method for the purification of mutagenic heterocyclic amines in heated meat products. *Carcinogenesis*, 10(7), 1175-1182.
- Gross, G.A. and Gruter, A., 1992. Quantitation of mutagenic/carcinogenic heterocyclic aromatic amines in food products. *Journal of Chromatography*, 592, 271-278.
- Ha, Y.L., Grimm, N.K., Pariza, M.W., 1987. Anticarcinogens from ground beef: heat altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis*, 8, 1881-1887.
- Ha, Y.L., Grimm, N.K., Pariza, W.M., 1989. Newly recognised anticarcinogenesis fatty acids: identification and quantification in natural and processed cheeses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 37, 75-81.
- Hah, K.H., Yang, H.S., Hur, S.J., Moon, S.S, Ha, Y.L., Park, G.B., Joo, S.T., 2006. Effect of substituted conjugated linoleic acid for fat and meat qualities, lipid oxidation and residual nitrite content in emulsion-type sausage. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 19(5), 744-750.
- Halade, G.V., Rahman, Md M., Fernandes, G., 2010. Differential effects of conjugated linoleic acid isomers in insulin-resistant female C57B1/6J mice. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 21, 332-337.
- Hernández, P., Navarro, J.L. and Toldrá, F., 1999. Lipids of pork meat as affected by various cooking techniques / Modificaciones de los lípidos de carne de cerdo en función de su guiso. *Food Science and Technology International*, 5(6), 501-508.
- Huang, Y., Yanagita, T., Nagao, K., Koba, K., 2008. Biological effects of conjugated linoleic acid. In: *Fatty Acids in Foods and Their Health Implications*. 3rd Edition, 12p.
- Humada, M.J., Sañudo, C. and Serrano, E., 2014. Chemical composition, vitamin E content, lipid oxidation, colour and cooking losses in meat from Tudanca bulls finished on semi-extensive or intensive systems and slaughtered at 12 or 14;months. *Meat Science*, 96(2, Part A), 908-915.

- Hur, S.J., Ye, B.W., Lee, J.L., Ha, Y.L., Park, G.B., Joo, S.T., 2004. Effects of conjugated linoleic acid on color and lipid oxidation of beef patties during cold storage. *Meat Science*, 66, 771-775.
- Hwanbo, J., Kim, H.J., Lee, B.S., Kang, S.W., Chang, J., Bae, H.B., Lee, M.S., Kim, Y.J., Choi, N.J., 2006. Increasing content of healthy fatty acids in egg yolk of laying hens by cheese by product. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 19(3), 444-449.
- Ip, C., Scimeca, J.A., Thompson, A., 1995. Effects of timing and duration of dietary conjugate linoleic acid on mammary cancer prevent. *Nutrition and Cancer*, 24, 241-247.
- Ivan, M., Mir, P.S., Koenig, K.M., Rode, L.M., Neill, L., Entz, T., Mir, Z., 2001. Effects of dietary sunflower seed oil on rumen protozoa population and tissue concentration of conjugated linoleic acid in sheep. *Small Ruminant Research*, 41, 215-227.
- Iwasaki, M., Kataoka, H., Ishihara, J., Takachi, R., Hamada, G.S., Sharma, S., Marchand, L.L. and Tsugane, S., 2010. Heterocyclic amines content of meat and fish cooked by Brazilian methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 61-69.
- İnanç, N., 2006. Konjuge linoleik asit: obezitede etkileri. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5(2), 37-41.
- Janoszka, B., Błaszczuk, U., Damasiewicz-Bozdek, A. and Sajewicz, M., 2009. Analysis of heterocyclic amines (HAs) in pan fried pork meat and its gravy by liquid chromatography with diode array detection. *Food Chemistry*, 113, 1188-1196.
- Jägerstad, M., Skog K., Arvidsson, P. and Solyakov, A. 1998. Chemistry, formation and occurrence of genotoxic heterocyclic amines identified in model systems and cooked food. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung A*, 207, 419–427.
- Johansson, M.A. and Jagerstad, M., 1994. Occurrence of mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in meat and fish products, including pan residues, prepared under domestic conditions. *Carcinogenesis*, 15(8), 1511-1518.
- Johansson, M.A., Fredholm, L., Bjerne, I. and Jagerstad, M., 1995. Influence of frying fat on the formation of heterocyclic amines in fried beefburgers and pan residues. *Food and Chemical Toxicology*, 33(12), 993-1004.
- Johansson, M. A. E., Jägerstad, M., 1996. Influence of pro- and antioxidants on the formation of mutagenic-carcinogenic heterocyclic amines in a model system. *Food Chemistry*, 56(1), 69-75.
- Jones, R.C., Weisburger, J.H., 1988. L-Tryptophan inhibits formation of mutagens during cooking of meat and in laboratory models. *Mutation Research*, 206, 343-349.

- Joo, S.T., Lee, J.I., Ha, Y.L., Park, G.B., 2002. Effects of conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color and water-holding capacity of pork loin. *Journal of Animal Science*, 80(1), 108-112.
- Juárez, M., Failla, S., Ficco, A., Peña, F., Avilés, C. and Polvillo, O., 2010. Buffalo meat composition as affected by different cooking methods. *Food and Bioproducts Processing*, 88(2-3), 145-148.
- Kato, T., Michikoshi, K., Minowa, Y-I., Maeda, Kikugawa, K., 1998. Mutagenicity of cooked hamburger is reduced by addition of onion to ground beef. *Mutation Research*, 420, 109-114.
- Kaya, M., 2013. Et teknolojisi ders notu. Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Keating, G.A. and Bogen, K.T., 2001. Methods for estimating heterocyclic amine concentrations in cooked meats in the US diet. *Food and Chemical Toxicology*, 39(1), 29-43.
- Khalil, A.H., 2000. Quality characteristics of low-fat beef patties formulated with modified corn starch and water. *Food Chemistry*, 68, 61-68.
- Khanal, R.C. and Olson, K.C., 2004. Factors affecting conjugated linoleic acid (CLA) content in milk, meat and egg: A review. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3(2), 82-98.
- Kılıç, B. and Richards, M., 2003. Lipid oxidation in poultry döner kebab: Pro-oxidative and anti-oxidative factors. *Journal of Food Science*, 68(2), 1-5.
- Klassen, R. D., Lewis, D., Lau, B. P. Y. and Sen, N. P., 2002. Heterocyclic aromatic amines in cooked hamburgers and chicken obtained from local fast food outlets in the Ottawa region. *Food Research International*, 35(9), 837-847.
- Knize, M.G., Dolbeare, F.A., Carroll, K.L., Moore, D.H. and Felton, J.S., 1994. Effect of cooking time and temperature on the heterocyclic amine content of fried beef patties. *Food and Chemical Toxicology*, 32(7), 595-603.
- Knize, M.G., Sinha, R., Rothman, N., Brown, E.D., Salmon, C.P., Levander, O.A., Cunningham, P.L. and Felton, J.S., 1995. Heterocyclic amine content in fast-food meat products. *Food and Chemical Toxicology*, 33(7), 545-51.
- Knize, M.G., Salmon, C.P., Hopmans, E.C. and Felton, J.S., 1997. Analysis of foods for heterocyclic aromatic amine carcinogens by solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 763(1-2), 179-85.
- Knize, M.G., Sinha, R., Brown, E.D., Salmon, C.P., Levander, O.A., Felton, J.S. and Rothman, N., 1998. Heterocyclic amine content in restaurant-cooked hamburgers, steaks, ribs, and chicken. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(11), 4648-4651.
- Knize, M.G., Kulp, K.S., Salmon, C.P., Keating, G.A. and Felton, J.S., 2002. Factors affecting human heterocyclic amine intake and the metabolism of PhIP.

- Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 506–507(0), 153-162.
- Kowale, B.N., Rao, V.K., Babu, N.P., Sharma, N. and Bisht, G.S., 1996. Lipid oxidation and cholesterol oxidation in mutton during cooking and storage. *Meat Science*, 43(2), 195-202.
- Kritchevsky, D., 2000. Antimutagenic and some other effects of conjugated linoleic acid. *British Journal of Nutrition*, 83, 459-465.
- Kulp, K.S., Fortson, S.L., Knize, M.G. and Felton, J.S., 2003. An in Vitro Model System to Predict the Bioaccessibility of Heterocyclic Amines from a Cooked Meat Matrix. *Food and Chemical Toxicology*, 41(12), 1701-1710.
- Kwon, J., Kwon, Y., Nam, K., Lee, E.J., Ahn, D.U., 2008. Effect of electron-beam irradiation before and after cooking on the chemical properties of beef, pork and chicken. *Meat Science*, 80, 903-909.
- Lawrie, R., 1991. "Developments in meat science1", Applied Sci., London, England.
- Laycock, L., Piyasena, P. and Mittal, G.S., 2003. Radio frequency cooking of ground, comminuted and muscle meat products. *Meat Science*, 65(3), 959-965.
- Lee, K.N., Kritchevsky, D., Pariza, M.W., 1994. Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*, 108, 19-25.
- Lee, S.W., Chouinard, Y., Van, B.N., 2006. Conjugated linoleic acids alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 19(6), 799-805.
- Lepper-Blilie, A.N., Berg, E.P., Buchanan, D.S., Keller, W.L., Maddock-Carlin, K.R. and Berg, P.T., 2014. Effectiveness of oxygen barrier oven bags in low temperature cooking on reduction of warmed-over flavor in beef roasts. *Meat Science*, 96(3), 1361-1364.
- Leung, Y.H. and Liu, R.H., 2000. Trans-10, cis-12-conjugated linoleic acid isomer exhibits stronger oxyradical scavenging capacity than cis-9, trans 11-conjugated linoleic acid isomer. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(11), 5469-5475.
- Li, X., Babol, J., Wallby, A., Lundström, K., 2013. Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef *gluteus medius* aged in a dry ageing bag or vacuum. *Meat Science*, 95, 229-234.
- Liao, G.Z., Wang, G.Y., Xu, X.L. and Zhou, G.H., 2010. Effect of cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and duck breast. *Meat Science*, 85, 149-154.
- Lo Fiego, D.P., Macchioni, P., Santoro, P., Pastorelli, G., Corino, C., 2005. Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) supplementation on CLA isomers content and fatty acid composition of dry-cured Parma ham. *Meat Science*, 70, 285-291.

- Mansour, E.H. and Khalil, A.H., 1997. Characteristics of low-fat beefburger as influenced by various types of wheat fibers. *Food Research International*, 30(3/4), 199-205.
- Maurya, D.K. and Devasagayam, T.P.A., 2010. Antioxidant and prooxidant nature of hydroxycinnamic acid derivatives ferulic and caffeic acids. *Food and Chemical Toxicology*, 48(12), 3369-3373.
- Meinert, L., Andersen, L.T., Bredie, W.L.P., Bjerregaard, C. and Aaslyng, M.D., 2007. Chemical and sensory characterisation of pan-fried pork flavour: Interactions between raw meat quality, ageing and frying temperature. *Meat Science*, 75(2), 229-242.
- Messner, C. and Murkovic, M., 2003a. Formation of Heterocyclic Amines in Model Systems. 2nd International Workshop on Analytical, Chemical, and Biological Relevance of Heterocyclic Aromatic Amines from 7.- 9. May 2003 in Graz, University of Technology.
- Messner, C. and Murkovic, M., 2003b. Formation of Heterocyclic Amines in Chicken Meat. 2nd International Workshop on Analytical, Chemical, and Biological Relevance of Heterocyclic Aromatic Amines from 7.- 9. May 2003 in Graz, University of Technology.
- Messner, C. and Murkovic, M., 2004. Evaluation of a new model system for studying the formation of heterocyclic amines. *Journal of Chromatography B*, 802(1), 19–26.
- Mir, Z., Gounewardene, L.A., Okine, E., Jeagar, S., Scheer, H.D., 1999. Effect of feeding canola oil on constituents, conjugated linoleic acid (cla) and long chain fatty acids in goats milk. *Small Ruminant Research*, 33, 137-143.
- Mir, Z., Rushfeldt, M.L., Mir, P.S., Paterson, L.J., Weselake, R.J., 2000. Effect of dietary supplementation with either conjugated linoleic acid (CLA) or linoleic acid rich oil on the CLA content of lamb tissues. *Small Ruminant Research*, 36, 25-31.
- Mir, P.S., McAllister, T.A., Scott, S., Aalhus, J., Baron, V., McCartney, D., Charmley, E., Goonewardene, L., Basarab, J., Okine, E., Weselake, R.J., Mir, Z., 2004. Conjugated linoleic acid-enriched beef production. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79, 1207-1211.
- Modi, V.K., Yashoda, K.P., Naveen, S.K., 2009. Effect of carrageenan and oat flour on quality characteristics of meat kofta. *International Journal of Food Properties*, 12, 228-242.
- Modzelewska-Kapituła, M., Dąbrowska, E., Jankowska, B., Kwiatkowska, A., Cierach, M., 2012. The effect of muscle, cooking method and final internal temperature on quality parameters of beef roast. *Meat Science*, 91, 195-202.

- Muller, L.D. and Delahoy, J.E., 2005. Conjugated linoleic acid implications for animal production and human health. <http://www.das.psu.edu/dairy/dairy-nutrition/pdf-dairy-nutrition/das0488cla.pdf> (Son Erişim Tarihi: 14 Şubat 2009)
- Mulvihill, B., 2001. Ruminant meat as a source of conjugated linoleic acid (CLA). *Nutrition Bulletin*, 26, 295-299.
- Murkovic, M., Steinberger, D. and Pfannhauser, W., 1998. Antioxidant spices reduce the formation of heterocyclic amines in fried meat. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A*, 207(6), 477-480.
- Murray, S., Lynch, A.M., Knize, M.G. and Gooderham, M.J., 1993. Quantification of the carcinogens 2-amino-3,8-dimethyl- and 2-amino-3,4,8-trimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline and 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine in food using a combined assay based on gas chromatography-negative ion mass spectrometry. *Journal of Chromatography*, 616(2), 211-219.
- Nagao, M., Honda, M., Seino, Y., Yahagi, T. and Sugimura, T., 1977. Mutagenicities of smoke condensates and the charred surface of fish and meat. *Cancer Letters*, 2 (4-5), 221-226.
- Nas, S., Gökalp, H. Y., Ünsal, M., 1998. Bitkisel Yağ Teknolojisi, Denizli, Pamukkale Üniversitesi Yayınları, No: 5.
- Nestel, P., Fujii, A., Allen, T., 2006. The cis-9, trans-11 isomer conjugated linoleic acid (CLA) lowers plasma triglyceride and raises HDL cholesterol concentrations but does not suppress aortic atherosclerosis in diabetic apoE-deficient mice. *Atherosclerosis*, 189, 282-287.
- Nowell, S., Coles, B., Sinha, R., Macleod, S., Luke Ratnasinghe, D., Stotts, C., 2002. Analysis of total meat intake and exposure to individual heterocyclic amines in a case-control study of colorectal cancer: Contribution of metabolic variation to risk. *Mutation Research*, 506-507(C), 175-185.
- Nuernberg, K., Nuernberg, G., Ender, K., Dannenberger, D., Schabbel, W., Grumbach, S., Zupp, W., Steinhart, H., 2005. Effect of grass vs. concentrate feeding on the fatty acid profile of different fat depots in lambs. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 107, 737-745.
- Obuz, E., Dikeman, M.E., Loughin, T.M., 2003. Effects of cooking method, reheating, holding time, and holding temperature on beef longissimus lumborum and biceps femoris tenderness. *Meat Science*, 65, 841-851.
- Obuz, E., Dikeman, M.E., Grobbel, J.P., Stephens, J.W., Loughin, T.M., 2004. Beef *longissimus lumborum*, *biceps femoris* and deep *pectoralis* Warner-Bratzler shear force is affected differently by endpoint temperature, cooking method and USDA quality grade. *Meat Science*, 68, 243-248.
- O'Grady, M.N., Carpenter, R., Lynch, P.B., O'Brien, N.M. and Kerry, J.P., 2008. Addition of grape seed extract and bearberry to porcine diets: Influence on quality attributes of raw and cooked pork. *Meat Science*, 78(4), 438-446.

- O'Shea, M.I., Lawless, F., Stanton, C. and Devery, R., 1998. Conjugated linoleic acid in bovine milk fat: a food based approach to cancer chemoprevention. *Trends in Food Science and Technology*, 9, 192-196.
- Öz F., 2006. Farklı sıcaklıklarda pişirilen taze et ürünlerinde çeşitli baharatların heterosiklik aromatik aminlerin oluşumu üzerine etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Öz, F. and Kaya, M., 2006. Mutagenic and carcinogenic heterocyclic aromatic amines. *The FEBS Journal*, Abstract 273 Suppl., 1, 301-302.
- Öz, F. ve Kaya, M., 2007. Et ve et ürünlerinde heterosiklik aromatik amin oluşumunun engellenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(1), 121-126.
- Öz, F., Kaban, G. and Kaya, M., 2007. Effects of cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines of two different species trout. *Food Chemistry*, 104(1), 67-72.
- Öz, F., 2010. The effect of different thawing methods on heterocyclic aromatic amine contents of beef chops cooked by different methods. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(17), 2327-2332.
- Öz, F., Kaban, G. and Kaya, M., 2010a. Effects of cooking methods and levels on formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and fish with Oasis extraction method. *LWT - Food Science and Technology*, 43(9), 1345-1350.
- Öz, F., Kaban, G., and Kaya, M., 2010b. Heterocyclic aromatic amine contents of beef and lamb chops cooked by different methods to varying levels. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9, 1436-1440.
- Öz, F., 2011. Quantitation of heterocyclic aromatic amines in ready to eat meatballs by ultra fast liquid chromatography. *Food Chemistry*, 126(4), 2010-2016.
- Öz, F. and Kaya, M., 2011a. The inhibitory effect of black pepper on formation of heterocyclic aromatic amines in high-fat meatball. *Food Control*, 22(3-4), 596-600.
- Öz, F. and Kaya, M., 2011b. The inhibitory effect of red pepper on heterocyclic aromatic amines in fried beef *longissimus dorsi* muscle. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(6), 806-812.
- Öz, F. and Kaya, M., 2011c. Heterocyclic aromatic amines in meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(6), 739-753.
- Öz, F., 2013. Effects of water extract of *urtica dioica* l. on the quality of meatballs. *Journal of Food Processing and Preservation*, ISSN 1745-4549.
- Öz, F., Cakmak, I.H., Zikirov, E., Kizil, M. and Turhan, S., 2015. Heterocyclic aromatic amine contents of kavurma commercially cooked in steam and copper cauldron. *Journal of Food Processing and Preservation*, in press.
- Pais, P., Salmon, C.P., Knize, M.G. and Felton, J.S., 1999. Formation of mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in dry-heated model systems,

- meats, and meat drippings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(3), 1098-1108.
- Pariza, M.W., Park, Y., Cook, M.E., 2001. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progress in Lipid Research*, 40, 283-298.
- Park, Y., Albright, K.J., Liu, W., Storkson, J.M., Cook, M.E., Pariza, M.W., 1997. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids*, 32, 853-858.
- Park, Y. and Pariza, M.W., 2007. Mechanisms of body fat modulation by conjugated linoleic acid (CLA). *Food Research International*, 40, 311-323.
- Pearson, A.M., Chen, C., Gray, J.I., Aust, S.D., 1992. Mechanism(s) involved in meat mutagen formation and inhibition. *Free Radical Biology and Medicine*, 13, 161-167.
- Peiretti, P.G., Medana, C., Visentin, S., Dal Bello, F. and Meineri, G., 2012. Effect of cooking method on carnosine and its homologues, pentosidine and thiobarbituric acid-reactive substance contents in beef and turkey meat. *Food Chemistry*, 132(1), 80-85.
- Persson, E., Sjöholm, I., Skog, K., 2003. Addition of sodium chloride to beefburgers decreases cooking loss and formation of heterocyclic amines during frying. 2nd International Workshop on Analytical, Chemical, and Biological Relevance of Heterocyclic Aromatic Amines from 7.- 9. May 2003 in Graz, University of Technology.
- Pierre, A., Minville-Walz, M., Fèvre, C., Hichami, A., Gresti, J., Pichon, L., Bellenger, S., Bellenger, J., Ghiringhelli, F., Narce, M., Rialland, M., 2013. Trans- 10, cis-12 conjugated linoleic acid induced cell death in human colon cancer cells through reactive oxygen species-mediated ER stress. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1831, 759-768.
- Polak, T., Andresek, S., Zlender, B. and Gasperlin, L., 2009. Effects of ageing and low internal temperature of grilling on the formation of heterocyclic amines in beef *Longissimus dorsi* muscle. *LWT-Food Science and Technology*, 42, 256-264.
- Puangsombat, K., Gadgil, P., Houser, T.A., Hunt, M.C. and Smith, J.S., 2012. Occurrence of heterocyclic amines in cooked meat products. *Meat Science*, 90(3), 739-746.
- Purchas, R.W., Rutherford, S.M., Pearce, P.D., Vather, R., Wilkinson, B.H.P., 2004. Cooking temperature effects on the forms of iron and levels of several other compounds in beef semitendinosus muscle. *Meat Science*, 68, 201-207.
- Rahman, M., Kukita, A., Kukita, T., Shobuike, T., Nakamura, T., Kohashi, O., 2003. Two histone deacetylase inhibitors, trichostatinA and sodium butyrate, suppress differentiation into osteoclasts but not into macrophages. *Blood*, 101(9), 3451-3459.

- Rao, V.K., Kowale, B.N., Babu, N.P. and Bisht, G.S., 1996. Effect of cooking and storage on lipid oxidation and development of cholesterol oxidation products in water buffalo meat. *Meat Science*, 43(2), 179-185.
- Realini, C.E., Duckett, S.K., Brito, G.W., Rizza, M.D., De Mattos, D., 2004. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*, 66, 567-577.
- Reistad, R., Rossland, O.J., Latva-Kala, K.J., Rasmussen, T., Vikse, R., Becher, G. and Alexander, J., 1997. Heterocyclic aromatic amines in human urine following a fried meat meal. *Food and Chemical Toxicology*, 35(10–11), 945-955.
- Rivera, L., Curto, M.J., Pais, P., Galceran, M.T. and Puignou, L., 1996. Solid-phase extraction for the selective isolation of polycyclic aromatic hydrocarbons, azaarenes and heterocyclic aromatic amines in charcoal-grilled meat. *Journal of Chromatography A*, 731(1-2), 85-94.
- Rodriguez-Estrada, M.T., Penazzi, G., Caboni, M.F., Bertacco, G. and Lercker, G., 1997. Effect of different cooking methods on some lipid and protein components of hamburgers. *Meat Science*, 45(3), 365-375.
- Roldan, M., Antequera, T., Armenteros, M., Ruiz, J., 2014. Effect of different temperature-time combinations on lipid and protein oxidation of sous-vide cooked lamb loins. *Food Chemistry*, 149, 129-136.
- Ryder, J.W., Portocarrero, C.P., Song, X.M., Cui, L., Yu, M., Combatsiaris, T., Galuska, D., Bauman, D.E., Barbano, D.M., Charron, M.J., Zierath, J.R., Houseknecht, K.L., 2001. Isomerspecific antidiabetic properties of conjugated linoleic acid-improved glucose tolerance, skeletal muscle insulin action and UCP-2 gene expression. *Diabetes*, 50, 1149-1157.
- Sánchez del Pulgar, J., Gázquez, A., Ruiz-Carrascal, J., 2012. Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature and cooking time. *Meat Science*, 90, 828-835.
- Santana-Rios, G., Orner, G. A., Amantana, A., Provost, C., Wu, S.-Y., Dashwood, R. H., 2001. Potent antimutagenic activity of white tea in comparison with green tea in the *Salmonella* Assay. *Mutation Research*, 495, 61-74.
- Sarries, M.V., Murray, B.E., Moloney, A.P., Troy, D., Beriain, M.J., 2009. The effect of cooking on the fatty acid composition of longissimus muscle from beef heifers fed rations designed to increase the concentration of conjugated linoleic acid in tissue. *Meat Science*, 81, 307-312.
- Schmid, A., Collomb, M., Sieber, R., Bee, G., 2006. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Science*, 73, 29-41.
- Serdaroğlu, M. ve Değirmencioğlu, Ö., 2002. Etin Önemli Bir Kalite Özelliği: Lezzet. *Gıda*, 27(4), 297-303.

- Serdaroğlu, M., 2006. Improving low fat meatball characteristics by adding whey powder. *Meat Science*, 72, 155–163.
- Serra, A., Mele, M., La Comba, F., Conte, G., Buccioni, A., Secchiari, P., 2009. Conjugated linoleic acid (CLA) content of meat from three muscles of Massese suckling lambs slaughtered at different weights. *Meat Science*, 81, 396-404.
- Serrano, A., Librelotto, J., Cofrades, S., Sánchez-Muniz, F.J. and Jiménez-Colmenero, F., 2007. Composition and physicochemical characteristics of restructured beef steaks containing walnuts as affected by cooking method. *Meat Science*, 77(3), 304-313.
- Shanta, N.C., Ram, L.N., Schingoethe, D.J., Hippen, A.R., 2001. Consumer evaluation of milk high in c. *Journal of Food Science*, 60(4), 695-697.
- Shin, H.S., Rodgers, W.J., Gomaa, E.A., Strasburg, G.M. and Gray, J.I., 2002a. Inhibition of heterocyclic aromatic amine formation in fried ground beef patties by garlic and selected garlic-related sulfur compounds. *Journal of Food Protection*, 65, 1766-1770.
- Shin, H.S., Rodgers, W.J., Strasburg, G.M. and Gray, J.I., 2002b. Reduction of heterocyclic aromatic amine formation and overall mutagenicity in fried ground beef patties by organosulfur compounds. *Journal of Food Science*, 67, 3304-3308.
- Shin, H.-S., Park, H. and Park, D., 2003. Influence of different oligosaccharides and inulin on heterocyclic aromatic amine formation and overall mutagenicity in fried ground beef patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(23), 6726-6730.
- Shin, H.S., and Üstünlü, Z., 2004. Influence of honey-containing marinades on heterocyclic aromatic amine formation and overall mutagenicity in fried beef steak and chicken breast. *Journal of Food Science*, 69, 147-153.
- Sinha, R., Rothman, N., Salmon, C.P., Knize, M.G., Brown, E.D., Swanson, C.A., Rhodes, D., Rossi, S., Felton, J.S. and Levander, O.A., 1998. Heterocyclic amine content in beef cooked by different methods to varying degrees of doneness and gravy made from meat drippings. *Food and Chemical Toxicology*, 36(4), 279-287.
- Skog, K., Augustsson, K., Steineck, G., Stenberg, M. and 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.I., Johansson, M.A.E. and Jägerstad, M.I., 1998. Carcinogenic heterocyclic amines in model systems and cooked foods: A Review on formation, occurrence and intake. *Food and Chemical Toxicology*, 36(9–10), 879-896.
- Skog, K., 2002. Problems associated with the determination of heterocyclic amines in cooked foods and human exposure. *Food and Chemical Toxicology*, 40, 1197-1203.

- Skog, K. and Solyakov, A., 2002. Heterocyclic amines in poultry products: a literature review. *Food and Chemical Toxicology*, 40(8), 1213-1221.
- Skog, K., Maul, R., Nyman, M., 2003. Binding of heterocyclic amines dietary fibres in vitro. 2nd International Workshop on Analytical, Chemical, and Biological Relevance of Heterocyclic Aromatic Amines from 7.- 9. May 2003 in Graz, University of Technology.
- Skog, K. and Alexander, J. (Eds), 2006. *Acrylamide and other Hazardous Compounds in Heat-Treated Foods*, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK, ISBN-13:978-1-84569-011-3
- Stanton, C., Lawless, F., Kjellmer, G., Harrington, D., Devery, R., Connolly, J.F., Murphy, J., 1997. Dietary influence on bovine milk cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid content. *Journal of Food Science*, 62(5), 1083-1086.
- Sugimura, T.S., 1995. History, Present and future of heterocyclic amines, cooked food Mutagens. In R.H. Adamson et al. (Eds.) *Heterocyclic Amines in Cooked Foods: Possible Human Carcinogens* (pp. 214-231). Princeton Scientific Publishing Co, Princeton, New Jersey.
- Sugimura, T., 2002. Food and cancer. *Toxicology*, 181(182), 17–21.
- Tang, S., Kerry, J.P., Sheehan, D., Buckley, D.J. and Morrissey, P.A., 2001. Antioxidative effect of added tea catechins on susceptibility of cooked red meat, poultry and fish patties to lipid oxidation. *Food Research International*, 34, 651-657.
- Thiebaud, H.P., Knize, M.G., Kuzmicky, P.A., Felton, J.S. and Hsieh, D.P., 1994. Mutagenicity and chemical analysis of fumes from cooking meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(7), 1502-1510.
- Thiebaud, H.P., Knize, M.G., Kuzmicky, P.A., Hsieh, D.P. and Felton, J.S., 1995. Airborne mutagens produced by frying beef, pork and a soy-based food. *Food and Chemical Toxicology*, 33(10), 821-828.
- Thom, E., Wadstein, J., Gudmundsen, O., 2001. Conjugated linoleic acid reduces body fat in healthy exercising humans. *The Journal of International Medical Research*, 29, 392-396.
- Tikkanen, L.M., Sauri, T.M. and Latva-Kala, K.J., 1993. Screening of heat-processed Finnish foods for the mutagens 2-amino-3,8-dimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline, 2-amino-3,4,8-trimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline and 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine. *Food and Chemical Toxicology*, 31, 717–721.
- Tikkanen, L.M., Lavta-Kala, K.J. and Heiniö, R.-L., 1996. Effect of commercial marinades on the mutagenic activity, sensory quality and amount of heterocyclic amines in chicken grilled under different conditions. *Food and Chemical Toxicology*, 34, 725-730.

- Toribio, F., Busquets, R., Puignou, L. and Galceran, M.T., 2007. Heterocyclic amines in griddled beef steak analysed using a single extract clean-up procedure. *Food and Chemical Toxicology*, 45(4), 667-675.
- Turesky, R.J., Bur, H., Huynh-Ba, T., Aeschbacher, H.U. and Milon, H., 1988. Analysis of mutagenic heterocyclic amines in cooked beef products by high-performance liquid chromatography in combination with mass spectrometry. *Food and Chemical Toxicology*, 26(6), 501-509.
- Turesky, R.J., Forster, C.M., Aeschbacher, H.U., Wurzner, H.P., Skipper, P.L., Trudel, L.J. and Tannenbaum, S.R., 1989. Purification of the food-borne carcinogens 2-amino-3-methylimidazo [4,5-f]quinoline and 2-amino-3,8-dimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline in heated meat products by immunoaffinity chromatography. *Carcinogenesis*, 10(1), 151-156.
- Turesky, R.J., Taylor, J., Schnackenberg, L., Freeman, J.P. and Holland, R.D., 2005. Quantitation of carcinogenic heterocyclic aromatic amines and detection of novel heterocyclic aromatic amines in cooked meats and grill scrapings by HPLC/ESI-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(8), 3248-3258.
- Turhan, S., Sagir, I., Ustun, N.S., 2005. Utilization of hazelnut pellicle in low-fat beef burgers. *Meat Science*, 71, 312–316.
- Turhan, S., Temiz, H., Sagir, I., 2007. Utilization of wet okara in low-fat beef patties. *Journal of Muscle Foods*, 18, 226–235.
- Turhan, S., Temiz, H., Sagir, I., 2009. Characteristics of beef patties using okara powder. *Journal of Muscle Foods*, 20, 89–100.
- Verma, S.P. and Sahoo, J., 2000. Improvement in the quality of ground chevon during refrigerated storage by tocopherol acetate preblending. *Meat Science*, 56(4), 403-413.
- Viegas O., Novo P. and Pinto O., 2012. Ferreira I.M.P.L.V.O., Effect of charcoal types and grilling conditions on formation of heterocyclic aromatic amines (has) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in grilled muscle foods. *Food and Chemical Toxicology*, 50(6), 2128-2134.
- Vitaglione, P. and Fogliano, V., 2004. Use of antioxidants to minimize the human health risk associated to mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in food. *Journal of Chromatography B*, 802, 189-199.
- Wakabayashi, K., Ushiyama, H., Takahashi, M., Nukaya, H., Kim, S.B., Hirose, M., Ochiai, M., Sugimura, T. and Nagao, M., 1993. Exposure to heterocyclic amines. *Environ Health Perspect*, 99, 129-134.
- Wanasundara, U.N. and Shahidi, F., 1998. Antioxidant and pro-oxidant activity of green tea extracts in marine oils. *Food Chemistry*, 63, 335-342.
- Warzecha, L., Janoszka, B., Błaszczuk, U., Stróżyk, M., Bodzek, D. and Dobosz, C., 2004. Determination of heterocyclic aromatic amines (HAs) content in samples

- of household-prepared meat dishes. *Journal of Chromatography B*, 802(1), 95-106.
- Weber, J., Bochi, V.C., Ribeiro, C.P., Victório, A.d.M. and Emanuelli, T., 2008. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. *Food Chemistry*, 106(1), 140-146.
- Weisburger, J.H., 2002. Comments on the history and importance of aromatic and heterocyclic amines in public health. *Mutation Research*, 506-507, 9-20.
- Weldon, S., Mitchell, S., Kelleher, D., Gibney, M.J., Roche, H.M., 2004. Conjugated linoleic acid and atherosclerosis: no effect on molecular markers of cholesterol homeostasis in THP-1 macrophages. *Atherosclerosis*, 174, 261-273.
- Wilkinson, B.H.P., Lee, E., Purchas, R.W., Morel, P.C.H., 2014. The retention and recovery of amino acids from pork longissimus muscle following cooking to either 60°C or 75°C. *Meat Science*, 96, 361-365.
- Xu, M., Bailey, A. C., Hernaez, J. F., Taoka, C. R., Schut, H. A. J., Dashwood, R. H., 1996. Protection by green tea, black tea, and indole-3-carbinol against 2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline-induced DNA adducts and colonic aberrant crypts in the F344 rat. *Carcinogenesis*, 17(7), 1429-1434.
- Yamaizumi, Z., Kasai, H., Nishimura, S., Edmonds, C.G. and McCloskey, J.A., 1986. Stable isotope dilution quantification of mutagens in cooked foods by combined liquid chromatography-thermospray mass spectrometry. *Mutation Research*, 173(1), 1-7.
- Yıldız, N. ve Bircan, H., 1991. Uygulamalı istatistik. Atatürk Üniversitesi Yay., No: 704-308- 60.
- Yıldız-Turp, G. and Serdaroğlu, M., 2010. Effects of using plum puree on some properties of low fat beef patties. *Meat Science*, 86, 896-900.
- Yılmaz, İ. and Dağlıoğlu, O., 2003. The effect of replacing fat with oat bran on fatty acid composition and physicochemical properties of meatballs. *Meat Science*, 65, 819-823.
- Yoshino, M. and Murakami, K., 1995. Interaction of iron with polyphenolic compounds: application to antioxidant characterization. *Analytical Biochemistry*, 257, 40-44.
- Yu, L., 2001. Free radical scavenging properties of conjugated linoleic acids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 3452-3456.
- Zaman, A., 2014. Köfte üretiminde kitosan kullanımının heterosiklik aromatik amin oluşumu üzerine etkisinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Zöchling, S. and Murkovic, M., 2002. Formation of the heterocyclic aromatic amine PhIP: identification of precursors and intermediates. *Food Chemistry*, 79, 125-134.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İsa Han ÇAKMAK
Doğum Tarihi : 28.07.1990
Doğum Yeri : Silifke/MERSİN
Eğitim :
 Lisans 2007-2011 : Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum
 Yüksek Lisans 2012- : Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum

AKADEMİK ÇALIŞMALAR

- Çakmak, İ. H.**, Zaman, A., Öz, F., 2012. Gıda Sanayinde Ohmik Isıtma. 3. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu. Sayfa No: 156, 10-12 Mayıs 2012, Konya.
- Zaman, A., **Çakmak, İ. H.**, Öz, F., 2012. Gıda Sanayinde Kitosan Kullanımı. 3. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu. Sayfa No: 178, 10-12 Mayıs 2012, Konya.
- Çelik, T., Zaman, A., **Çakmak, İ.H.**, Kotan, G., Zikirov, E., Öz, F., 2012. Kanatlı Etlerinin Pişirilmesi Esnasında Oluşan Heterosiklik Aromatik Aminler. 6-7 Aralık, İşlenmiş Kanatlı Eti Ürünleri Çalıştayı, Manisa.
- Çakmak, İ.H.**, Zikirov, E., Kızıl, M., Öz, F., 2013. Determination of Heterocyclic Aromatic Amines in Kavurma Cooked in Steam Cauldron. 59th ICOMST, International Congress of Meat Science and Technology, 18-23 August 2013, İzmir, Turkey.
- Çakmak, İ.H.**, Zikirov, E., Kızıl, M., Öz, F., 2013. Determination of Heterocyclic Aromatic Amines in Kavurma Cooked in Copper Cauldron. The 2nd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, 24-26 October 2013, Struga, Macedonia.

- Çakmak, İ.H.**, Kızıl, M., Öz, F., 2013. A Turkish Traditional Meat Product: Kokoreç. The 2nd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, 24-26 October 2013, Struga, Macedonia.
- Çakmak, İ.H.**, Kızıl, M., Öz, F., 2013. A Turkish Traditional Meat Product: Kuyu Kebab. The 2nd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, 24-26 October 2013, Struga, Macedonia.
- Çakmak, İ. H.**, Öz, F. 2014. Mavi Deniz Yengeci. 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, Adana.
- Çakmak, İ. H.**, Öz, F. 2014. Tantuni. 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, Adana.
- Öz, F., **Çakmak, İ. H.**, Zikirov, E., Kızıl, M., Turhan, S., 2015. Heterocyclic Aromatic Amine Contents of Kavurma Commercially Cooked in Steam and Copper Cauldron, Journal of Food Processing and Preservation, 0, 5 / 2014, 10.1111/jfpp.12264

PROJELER

- 1- Köfte Üretiminde Konjuge Linoleik Asit Kullanımının Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Olan Etkisinin Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi, 2013/134. (Araştırmacı)
- 2- Sous-Vide Pişirme Tekniğinin Sığır Pirzola Etinin Çeşitli Kalite Kriterleri Ve Pişirme Esnasında Oluşabilen Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Oluşumu Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi, 2013/379. (Araştırmacı)