

**KÖFTE ÜRETİMİNDE KİTOSAN KULLANIMININ
HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN
OLUŞUMU VE BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

Ali ZAMAN

Yüksek Lisans Tezi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç. Dr. Fatih ÖZ

2014

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KÖFTE ÜRETİMİNDE KİTOSAN KULLANIMININ
HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU VE BAZI
KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Ali ZAMAN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2014**

Her hakkı saklıdır



**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TEZ ONAY FORMU

**KÖFTE ÜRETİMİNDE KİTOSAN KULLANIMININ
HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU VE DİĞER BAZI
KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Doç. Dr. Fatih ÖZ danışmanlığında, Ali ZAMAN tarafından hazırlanan bu çalışma 08/12/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak ~~oybirliği/oy çokluğu (.../...)~~ ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mevlüt ARAS

İmza :

Üye : Prof. Dr. İrfan AKSU

İmza :

Üye : Doç. Dr. Fatih ÖZ

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 11/12/2014 tarih ve 49/1635 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU
Enstitü Müdürü

Bu çalışma BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: 2012/427

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 KİTOSAN KULLANIMININ HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU VE BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Ali ZAMAN

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fatih ÖZ

Araştırmada köfte üretiminde kitosan kullanımının heterosiklik aromatik amin (HAA) oluşumu üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla 5 farklı seviyede [%0 (kontrol), 0,25, 0,50, 0,75 ve 1] kitosan ilave edilerek hazırlanan köfte hamurları 3 farklı sıcaklık derecesinde (150, 200 ve 250°C) ısıtıcı plaka kullanılarak pişirilmiştir. Araştırmada kullanılan sığır eti kıymasının kimyasal kompozisyonunun yanı sıra hem çiğ hem de pişmiş örnekler su, pH, renk ve TBARS analizlerine tabi tutulmuştur. Örneklerin pişirme kaybı da belirlenmiştir. HAA analizi ise sadece pişmiş örneklerde gerçekleştirilmiştir. HAA'ların analizleri katı faz ekstraksiyon yöntemine göre gerçekleştirilmiş olup ilgili bileşiklerin tanımlanması yüksek basınçlı sıvı kromatografisinde (HPLC) yapılmıştır.

Araştırma sonucunda kitosan ilavesi ile su içeriğinde kontrol grubu örneklerle kıyasla azalma tespit edilirken, pH ve TBARS değerlerinde yükselme tespit edilmiştir. Köfte hamurunda 5,75 olan pH değerinin kitosan ilavesi ile 6,64'e kadar yükseldiği belirlenmiştir. Köfte hamurunda 0,63mg/kg olan TBARS değeri kitosan ilavesi neticesinde çiğ örneklerde 2,76mg/kg'a kadar, pişmiş örneklerde ise 12,56mg/kg'a kadar yükselmiştir. Köfte hamuruna kitosan ilavesi pişirme kaybında kontrol gruplarına göre azalmaya neden olmuş ve bu azalma %0,5, 0,75 ve 1 kitosan ilaveli köftelerde, kitosan ilave edilmemiş kontrol grubu köftelere kıyasla önemli düzeyde düşük bulunmuştur. Renk değerleri incelendiğinde, kitosan ilavesinin L* (0-100: açıklık-koyuluk) değeri üzerinde herhangi bir etkisi tespit edilemezken, a* (+a: kırmızı, -a: yeşil) ve b* (+b: sarı, -b: mavi) değerlerini önemli oranda artırdığı gözlemlenmiştir. Analizi yapılan örneklerin hiçbirinde 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx ve MeAaC bileşiği tespit edilemezken, örneklerde değişen miktarlarda IQx (0,12ng/g'a kadar), IQ (1,34ng/g'a kadar), MeIQx (0,09ng/g'a kadar), MeIQ (<0,047ng/g), PhIP (2,66ng/kg'a kadar) ve AaC (0,84ng/kg'a kadar) tespit edilmiştir. HAA'ların örneklerdeki toplam miktarının 0,09-5,05ng/g arasında değiştiği belirlenirken, kontrol grubu örneklerle karşılaştırıldığında kitosan kullanımının tüm pişirme sıcaklık derecelerinde toplam HAA miktarında azalmaya (%20,00-59,80) neden olduğu belirlenmiştir.

2014, 89 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kitosan, köfte, heterosiklik aromatik amin, TBARS, renk, pişirme

ABSTRACT

MS Thesis

THE EFFECT OF USAGE CHITOSAN IN THE PRODUCTION OF MEATBALL ON THE FORMATION OF HETEROCYCLIC AROMATIC AMINES AND SOME QUALITY PROPERTIES OF MEATBALL

Ali ZAMAN

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

Supervisor Assoc. Prof. Fatih ÖZ

In the present study, the effect of chitosan on the formation of heterocyclic aromatic amines (HCAs) in meatball production was investigated. For this aim, raw meatball mixture, prepared with five different levels of chitosan [0 (control), 0,25, 0,5, 0,75 and 1%], cooked with hot plate at three different temperatures (150, 200 and 250°C). Water, pH, color and TBARS analyses carried out in both raw ground beef and meatball samples. Also cooking loss of the samples was determined. HCA analyses were carried out only in cooked samples. HCAs analyses were carried out according to solid phase extraction method and related compounds were identified with high pressure liquid chromatography (HPLC).

In the present study, it was determined that the water content of samples decreased with adding chitosan, while pH and TBARS values increased. The pH 5,75 of raw meatball mixture increased to 6,64. TBARS value that was 0,63 mg/kg in the raw samples was risen to 2,76 mg/kg and 12,56 mg/kg in raw and cooked samples with chitosan. The cooking losses of meatball samples were decreased compared to the control samples and the decreasing in meatball mixture containing 0,5, 0,75 and 1% chitosan was significantly more than control samples without chitosan. In terms of color values, while no changes in L* (0-100: lightness-darkness) values determined with adding chitosan, a* (+a: red, -a: green) and b* (+b: yellow, -b: blue) values of samples were increased. While 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx and MeAαC were not detected in any of the samples, varying amounts of IQx (up to 0,12 ng/g), IQ (up to 1,34 ng/g), MeIQx (up to 0,09ng/g), MeIQ (<0,047 ng/g), PhIP (up to 2,66 ng/g) and AαC (up to 0,84 ng/g) were detected in the samples. While the total HCA content of the samples was ranged between 0,09 and 5,05 ng/g, it was determined that adding chitosan to meatball mixture decreased HCA content (20,00-59,80%) comparing to the control samples at all cooking temperatures.

2014, 89 pages

Keywords: Chitosan, meatball, heterocyclic aromatic amines, TBARS, color, cooking loss

TEŞEKKÜR

Öğrencilik hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen, harcadığı emek, gösterdiği özveri ve üstün bilimi ile kendini adeta açık bir kütüphane olarak sunarak aktif bir araştırmacı olmamı sağlayan, ufku ile sınırsızlığı hissettiren, çalışkanlığı, sabrı ve çok yönlülüğüyle hayata dair gerekliliklerin çok daha ötesini gösteren saygı değer Hocam Sayın Doç. Dr. Fatih ÖZ'e sonsuz şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

Çalışmam boyunca desteklerini içtenlikle sunan değerli Hocalarım; Sayın Prof. Dr. Mükerrrem KAYA'ya, Sayın Prof. Dr. M. İrfan AKSU'ya, Sayın Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI'ya teşekkürlerimi sunarım. Sevgili ekip arkadaşlarım Eldos ZİKİROV'a, Gül KOTAN'a, Mehran MASOUMİ OZAN'a, İsa Han ÇAKMAK'a; değerli arkadaşlarım Arş. Gör. Handan G. SEVİNDİK'e, Arş. Gör. Ebru ERDEMİR'e ve Dr. Deren TAHMAS YAHYAOĞLU'na çalışmam sırasındaki yardımları nedeniyle için teşekkür ederim.

Beni büyüten, okutan, bugünlere gelmemi sağlayan, tüm hayatım boyunca desteklerini hiç esirgmeden sunan çok kıymetli aileme gönülden teşekkür eder, saygı ve sevgilerimi en içten duygularıyla sunarım.

Ayrıca tezimin yürütülmesinde, desteklerinden dolayı Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Destekleme Birimi'ne (BAP 2012/427), Gıda Mühendisliği Bölümü ve çalışanlarına da teşekkür ederim.

Ali ZAMAN

Aralık, 2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Kitin ve Kitosan.....	2
1.1.1. Kitin ve kitosan eldesi	6
1.2. Heterosiklik Aromatik Aminler.....	9
2. KAYNAK ÖZETLERİ	12
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	17
3.1. Materyal.....	17
3.1.1. Et	17
3.1.2. Köfte hamurunun hazırlanması	17
3.1.3. Kimyasallar	17
3.2. Yöntem	21
3.2.1. Pişirme metodu.....	21
3.2.2. Su içeriğinin belirlenmesi.....	21
3.2.3. Ham protein içeriğinin belirlenmesi.....	21
3.2.4. Ham yağ içeriğinin belirlenmesi	21
3.2.5. pH değerinin belirlenmesi	21
3.2.6. Renk analizi	22
3.2.7. Tiyobarbitürik asit reaktif maddelerin (TBARS) belirlenmesi	22
3.2.8. Pişirme kaybının belirlenmesi	23
3.2.9. HAA miktarının belirlenmesi.....	23
3.2.9.a. HAA'ların ekstraksiyonu.....	23
3.2.9.b. HPLC analizi	23
3.2.10. İstatistik Analiz	24

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	25
4.1. Hammadde Analiz Sonuçları.....	25
4.2. Köftelere Ait Sonuçlar.....	26
4.2.1. Su içeriği.....	26
4.2.2. Pişirme kaybı.....	31
4.2.3. pH.....	34
4.2.4. TBARS değerleri.....	38
4.2.5. Örneklerin renk değerleri	44
4.2.5.a. L* değeri.....	44
4.2.5.b. a* değeri	48
4.2.5.c. b* değeri	55
4.2.6. HAA içeriği sonuçları	60
4.2.6.a. Geri kazanımlar	60
4.2.6.b. HAA miktarları.....	62
4.2.6.c. Örneklerin IQx içerikleri	64
4.2.6.d. Örneklerin IQ içerikleri	64
4.2.6.e. Örneklerin MeIQx içerikleri.....	65
4.2.6.f. Örneklerin MeIQ içerikleri.....	66
4.2.6.g. Örneklerin 7,8-DiMeIQx içerikleri.....	67
4.2.6.h. Örneklerin 4,8-DiMeIQx içerikleri.....	67
4.2.6.i. Örneklerin PhIP içerikleri.....	68
4.2.6.j. Örneklerin AαC içerikleri.....	69
4.2.6.k. Örneklerin MeAαC içerikleri.....	69
4.2.6.l. Örneklerin toplam HAA içerikleri.....	70
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	75
KAYNAKLAR	78
ÖZGEÇMİŞ	90

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AIA	Aminoimidazoazoaren
%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
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
AαC	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
LOD	Tespit edilebilme sınırı
LOQ	Miktarın belirlenebilme sınırı
MeAαC	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
ng	Nanogram
nq	Miktarı belirlenemedi
PhIP	2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5- <i>b</i>]piridin
rpm	Dakikada Dönme Hızı
s	Saniye
TBARS	Tiyobarbitürik asit reaktif maddeler
Da	Dalton

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kitin ve kitosanın molekül yapıları.	3
Şekil 1.2. Kabuklu deniz ürünü artıklarından kitin-kitosan oligomerleri ve monomerlerinin hazırlanması.....	8
Şekil 1.3. Kitinin deasetilasyonu.	9
Şekil 4.1. Kitosan seviyesi x pişirme durumu interaksyonunun su içeriği üzerine olan etkisi.....	30
Şekil 4.2. Pişirme durumu x pişirme sıcaklığı interaksyonunun su içeriği değeri üzerine olan etkisi.....	30
Şekil 4.3. Kitosan seviyesi x pişirme durumu interaksyonunun köftelerin pH değeri üzerine etkisi.....	38
Şekil 4.4. Kitosan seviyesi x pişirme durumu interaksyonunun köftelerin TBARS değeri üzerine etkisi.....	43
Şekil 4.5. Kitosan seviyesi x pişirme sıcaklığı interaksyonunun köftelerin L* değeri üzerine olan etkisi	48
Şekil 4.6. Pişirme durumu x pişirme sıcaklığı interaksyonunun köftelerin L* değeri üzerine olan etkisi	48
Şekil 4.7. Kitosan seviyesi x pişirme durumu interaksyonunun köftelerin a* değeri üzerine olan etkisi	54
Şekil 4.8. Pişirme durumu x pişirme sıcaklığı interaksyonunun köftelerin a* değeri üzerine olan etkisi	54
Şekil 4.9. Pişirme durumu x pişirme sıcaklığı interaksyonunun köftelerin b* değeri üzerine olan etkisi.....	59
Şekil 4.10. Mix stok solüsyonunun (10ng/g) HPLC kromotogramı	61
Şekil 4.11. Farklı seviyelerde kitosan içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen ve örneklerin toplam HAA miktarları (ng/g)	71
Şekil 4.12. Kontrol grubu ve farklı seviyelerde kitosan içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu toplam HAA miktarları.....	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Kitin, kitosan ve türevlerinin uygulama alanları.	5
Çizelge 1.2. Kitinin ticari kaynakları.	7
Çizelge 3.1. Kullanılan standartların isimleri ve bazı bilgileri	20
Çizelge 4.1. Hammadde olarak kullanılan kıyma haline getirilen sığır but etinin bazı kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri.....	25
Çizelge 4.2. Köftelerin ham su içeriği değerleri ve standart sapmaları	27
Çizelge 4.3. Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin su içeriklerine ait varyans analiz sonuçları.....	28
Çizelge 4.4. Kitosan seviyesinin köftelerin su içeriği üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	28
Çizelge 4.5. Pişirme durumunun köftelerin su içeriği üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	29
Çizelge 4.6. Pişirme sıcaklığının köftelerin su içeriği üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	29
Çizelge 4.7. Köftelerin ham pişirme kaybı değerleri ve standart sapmaları	32
Çizelge 4.8. Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin pişirme kaybı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	32
Çizelge 4.9. Kitosan seviyesinin köftelerin pişirme kaybı değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	33
Çizelge 4.10. Pişirme sıcaklığının köftelerin pişirme kaybı değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	34
Çizelge 4.11. Köftelerin ham pH değerleri ve standart sapmaları	35
Çizelge 4.12. Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	36
Çizelge 4.13. Farklı kitosan seviyeli köftelerin pH değerlerine ait ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	37
Çizelge 4.14. Pişirme durumunun köftelerin pH değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	37
Çizelge 4.15. Köftelerin ham TBARS değerleri ve standart sapmaları	39

Çizelge 4.16. Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	40
Çizelge 4.17. Kitosan seviyesinin köftelerin TBARS değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	41
Çizelge 4.18. Pişirme durumunun köftelerin TBARS değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	42
Çizelge 4.19. Köftelerin ham L* değerleri ve standart sapmaları	45
Çizelge 4.20. Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin L* değerlerine ait varyans analiz sonuçları	46
Çizelge 4.21. Pişirme durumunun köftelerin L* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	47
Çizelge 4.22. Pişirme sıcaklığının köftelerin L* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	47
Çizelge 4.23. Köftelerin ham a* değerleri ve standart sapmaları	50
Çizelge 4.24. Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin a* değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	51
Çizelge 4.25. Kitosan seviyesinin köftelerin a* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	52
Çizelge 4.26. Pişirme durumunun köftelerin a*değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	53
Çizelge 4.27. Pişirme sıcaklığının köftelerin a* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	53
Çizelge 4.28. Köftelerin ham b* değerleri ve standart sapmaları.....	56
Çizelge 4.29. Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin b* değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	57
Çizelge 4.30. Kitosan seviyesinin köftelerin b* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	58
Çizelge 4.31. Pişirme durumunun köftelerin b*değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	58
Çizelge 4.32. Pişirme sıcaklığının köftelerin b* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	59
Çizelge 4.33. Analizi yapılan HAA'ların geri kazanım, LOD ve LOQ değerleri	60

Çizelge 4.34. Farklı seviyelerde kitosan içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerde belirlenen HAA miktarları (ng/g) ve inhibisyon yüzdeleri.....63

1. GİRİŞ

Et kalitesi, özellikle 21. yüzyılda et endüstrisinde kritik bir konu haline gelmiş ancak tüketiciler için her zaman önemini korumuştur. Günümüzde tüketicilerin bilinçlenmesi kaliteli et talebini artırmaktadır. Et endüstrisi bu talepler karşısında sürekli olarak, lezzetli, güvenli, sağlıklı yani kaliteli et ve et ürünleri üretmek ve tedarik etmek zorunda kalmıştır (Joo *et al.* 2013).

Et sahip olduğu kaliteli protein, demir, selenyum, vitamin A, B₁₂, folik asit ve konjuge linoleik asit (özellikle ruminantlarda) gibi bileşenler nedeniyle beslenme açısından hayvansal orijinli gıdalar arasında önemli bir yer almaktadır (Lawrie 1991; Jimenez-Colmenero *et al.* 2001; Biesalski 2005).

Optimum büyüme ve gelişme açısından geleneksel olarak kabul görmüş konsantre bir gıda kaynağı olan et (Higgs 2000), insan gelişiminde kritik bir role sahiptir. Bu anlamda zengin besin değeri ile sağlıklı ve dengeli beslenme açısından önemli bir bileşendir. İnsan diyetinde tavsiye edilen diğer bileşenler azaltılabilirken et, dengeli beslenmenin önemli bir bileşeni olarak gösterilmiştir. Et, protein bakımından zenginliğine ek olarak, bütün esansiyel amino asitleri içermesi nedeniyle de diğer gıda maddelerinden farklı olarak göze çarpmaktadır. Et ayrıca çinko, selenyum, fosfor ve demir bakımından zengin bir gıda kaynağıdır. 100g yağsız et porsiyonu, günlük selenyum ihtiyacının yaklaşık %37'sini, günlük çinko ihtiyacının yaklaşık %26'sını ve günlük potasyum ihtiyacının yaklaşık %20'sini karşılamaktadır (Pereira and Vicente 2013).

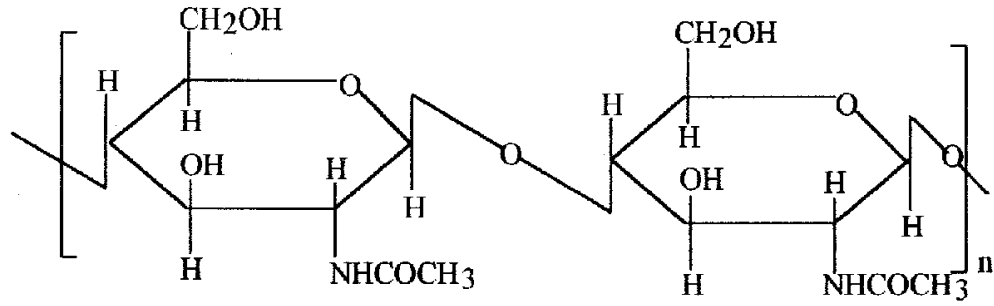
Günümüzde et ve ürünlerinin çoğu tüketimlerinden hemen önce pişirilmektedir. Pişirme işlemi patojen veya mikroorganizma gelişimini önlemekte, aynı zamanda pişmiş ete özgü olan duyu özelliklerinin gelişmesine de sebep olmaktadır. Pişirme, et ürünlerinin besin değeri üzerinde önemli etkiye sahip olmakla birlikte toksisiteye de etki etmektedir (Kondjoyan *et al.* 2014).

Et, mikrobiyal ve oksidatif bozulmalara meyilli olduğu için antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerin ikisini de barındıran bir koruyucu kullanımı arzu edilmektedir. Lipit oksidasyonu, istenmeyen organoleptik karakterlerin gelişimine neden olurken, mikrobiyal gelişme de bozulmalara neden olarak gıda güvenliğinin azalmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle üreticiler, lipidleri korumak, mikrobiyal gelişimi ve görünüm bozukluklarını engellemek için antimikrobiyal ve antioksidan özelliğe sahip gıda katkı maddelerini kullanmaktadır. Günümüzde, kimyasal koruyucu maddelerden arındırılmış, daha sağlıklı ve organik ürünlerin tüketimine olan talepte artış söz konusudur. Bu durum da doğal katkı maddelerinin kullanımına ve raf ömrünü uzatmak ve daha sağlıklı gıda ürünlerinin üretimi için farklı metotların geliştirilmesine olanak sağlamıştır (Sayas-Barberá *et al.* 2011).

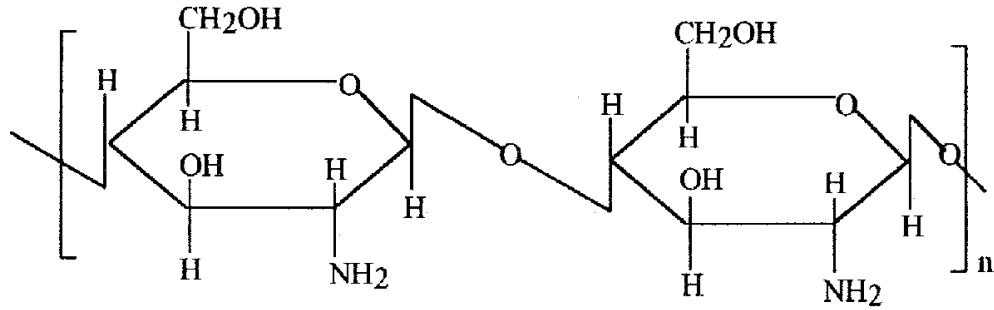
1.1. Kitin ve Kitosan

Kitin, kabuklular ve böcekler gibi omurgasızlar için destek materyali olan, $\beta(1\rightarrow4)$ bağlarıyla bağlı 2-deoksi-D-glukopiranoz rezidularının homopolimerinden oluşmuş ve yaygın olarak bulunabilen doğal bir mukopolisakkarittir (Kumar 2000; Jayakumar *et al.* 2007). İlk olarak 1884 yılında identifiye edilmiş olan kitin, büyük ölçüde yaşayan organizmalardan sentezlenmekte ve dünyada selülozdan sonra en çok bulunan polimer olarak dikkat çekmektedir. Kitin, eklembacaklıların, maya ve mantarların hücre duvarlarında sıralı kristal mikrofibriller olarak yapısal bileşenler oluşturmaktadır. (Rinaudo 2006).

Kitosan, %70'den fazla deasetilasyon derecesine sahip, molekül ağırlığı 100.000 ile 1,2 milyon Da arasında değişen bir biyopolimerdir. Kitosan, organik ve mineral asitlerinin sulu çözeltilerinde çözünebilmektedir. Genel olarak kitosanın çok iyi bir antimikrobiyal ve antioksidan olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte antitümör ve hipokolesterolemik özelliği de bulunan kitosan iyi bir çelatlama ajanı olarak da rol oynamaktadır (Kurt ve Zorba 2005). Kitin ve kitosanın molekül yapıları Şekil 1.1'de verilmiştir.



Kitin



Kitosan

Şekil 1.1. Kitin ve kitosanın molekül yapıları (Kumar 2000).

Günümüz polimerlerinin çoğunun sentetik olmaları onların biyoyumluluk ve biyoçözünürlüklerin selüloz, kitin, kitosan ve derivatları gibi doğal polimerlere kıyasla daha kısıtlı kalmasına yol açmaktadır. Bu bağlamda, kitin ve kitosan fonksiyonel materyal olmaya elverişli olarak tavsiye edilmektedir. Çünkü bu doğal polimerler biyoyumluluk, biyoçözünürlük, toksik olmama ve adsorbsiyon gibi kusursuz özelliklere sahiptirler (Kumar 2000; Jayakumar *et al.* 2007). Kitosan organik asitlerde çözünür. Kitin ve kitosan türevleri, suyun arıtılması, biyomedikal, kozmetik, ziraat ve gıda endüstrisi gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bununla birlikte kitosan, immünolojik, antibakteriyel, yara iyileştirici gibi biyolojik aktiviteler göstermekte ve doku mühendisliği uygulamalarında da kullanılmaktadır (Jayakumar *et al.* 2007)

Kitosan polikasyonik bir bileşiktir ($pK=6,2-6,8$). Doğal madde olarak bu özellik bir tek kitosanda bulunmaktadır. Bununla birlikte proteinler, anyonik polisakkaritler, yağ

asitleri, safra asitleri ve fosfolipidler gibi negatif yüklü maddelerle kolayca etkileşime girebilmektedir (Helander *et al.* 2001; No *et al.* 2002; Agulló *et al.* 2003; Joerger *et al.* 2009).

Kitin ve kitosanın molekül yapıları birbirine benzer olmasına rağmen, kimyasal özellikleri önemli derecede farklıdır. Kitin, yapısındaki molekül içi ve moleküller arası hidrojen bağları veya hidrofobik interaksyonlar nedeniyle, kimyasal olarak daha yüksek stabiliteye sahiptir. Ayrıca kitinin kitosandan daha fazla kristalizasyona sahip olması, çeşitli uygulamalarda daha az reaktif olmasına neden olmaktadır. Bu tür katkıların gıda uygulamalarında en önemli özelliklerinden biri de çözünürlükleridir. Kitosanın zincir boyunca çok sayıda katyonik kısmının olması, polariteyi ve elektrostatik itme derecesini artırarak çözünürlüğü yükseltmektedir. Çözünürlük derecesi kitosanı kitinden ayıran en önemli farklardan biridir. Kitinin çözünürlüğü sınırlı olup, çözücü konusunda seçicidir. Ancak kitosan formik asit, asetik asit ve laktik asit gibi birçok sulu asit çözeltisinde çözünmektedir. Bununla birlikte, kitosanın polikasyonik özelliğe sahip olması, önceden de belirtildiği gibi, protein, anyonik polisakkaritler, yağ asitleri ve fosfolipidler gibi negatif yüklü olabilen bileşenlerle kolay bir şekilde etkileşime girmesini sağlamaktadır. Kitosanın bu özellikleri, kitosanı gıdalarda kullanımı açısından kitine kıyasla daha önemli hale getirmektedir (Kurt ve Zorba 2005).

Kitosanın ve oligomerlerinin antimikrobiyal, antioksidan ve hücre yenileyici özelliklere sahip oldukları belirlendikten sonra bu bileşiklerin gıda ve ilaç sanayinde kullanıldığı belirtilmektedir (Jo *et al.* 2001). Ayrıca kitosan potansiyel doğal koruyucu olarak gıda uygulamalarında önemli bir potansiyele sahip olup (Helander *et al.* 2001; Kanatt *et al.* 2008), bakteriyosidal ve fungosidal etkilerinden dolayı antimikrobiyal ajan olarak, yenilebilir filmlerin yapılmasında, gıda proseslerinde atık duruma gelen suyun içerisindeki materyalin geri kazanılmasında, meyve sularının durultulması ve asiditesinin kontrolünde (Rungsardthong *et al.* 2006), oksidasyonun önlenmesinde, reolojik ve emülsifikasyon özelliklerinin geliştirilmesinde, enkapsülasyon ve enzim immobilizasyonu gibi pek çok farklı alanda kullanım imkanına sahiptir (Shahidi *et al.* 1999). İnsan sağlığı açısından ise, doğal olması, toksik olmaması, tümör oluşumunu

engelleyebilmesi, serum kolesterolü seviyesini azaltabilmesi gibi yararlı etkilerinin olması oldukça önemlidir (Kurt ve Zorba 2005). Çizelge 1.1’de kitin, kitosan ve türevlerinin uygulama alanları gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Kitin, kitosan ve türevlerinin uygulama alanları (Demir ve Seventekin 2009).

Uygulama Alanı	Spesifik Kullanımları
Su Arıtımı	Kirlenmiş atık sular için koagülasyon ve flokülasyon
	Atık sudaki metal iyonlarının uzaklaştırılması ve geri kazanımı
Ziraat	Bitki katkı maddesi Antimikrobiyal madde Bitki tohumu kaplanması Gübre yapımı İnsektisid ve nematositlerde
Biyoteknoloji	Kromatografik yöntemlerde Enzim immobilizasyonunda
Gıda	Doğal kıvamlaştırıcı Hayvan yemlerini de içeren yiyecek katkı maddesi Yiyecek işlemede (örneğin şeker işleme) Filtreleme ve temizleme Hipokolesterolemik madde (zayıflama maddesi) Atık yiyeceklerin tekrar işlenmesi
Kozmetik	Saç şekillendirici yapımı Cilt nemlendirmede (nemlendirici kremlerde) Antikolestrol ve yağ bağlayıcı olarak zayıflama maddesi Aftershave, deodorantlarda koku giderici madde
Medikal Alan	Hayvan ve insanlar için yara bandı yapımında Sargı bezi yapımında ve yara tedavisinde Yanık tedavisinde acıyı dindirme ve iyileştirme etkisi Kanı pıhtılaştırıcı madde Hidrojel yapımı Antikoagülant ve antitrombojenik materyaller (sülfatlanmış-kitin türevleri olarak) Hemostatik madde Kontakt lens yapımı İlaç salımı

Birçok araştırmacı kitosanın kimyasal modifikasyonlarının çeşitli yönlerini vurgulayan çalışmalar ortaya koymuştur. Kitosanın amino gruplarının işlevselliği onun asetilasyon, kuaternerleşme, aldehit ve ketonlarla reaksiyona girebilme, doku değişimi, metallerle çelat oluşturma gibi reaksiyonlara girebilmesine; antibakteriyel, antifungal, antiviral, antiasit, antiülser, toksik olmama, alerjik olmama, biyouyumluluk ve biyoçözünürlük

gibi özellikleriyle de çeşitli ürünleri geliştirmede önemli rol oynamasına olanak sağlamaktadır. Bununla birlikte hidroksil gruplarının işlevselliği kitosanın, O-asetilasyon, polar atomlarla hidrojen bağı kurabilme, doku değişimi gibi çeşitli reaksiyonlara girebilmesini sağlamaktadır. Ayrıca kitinin zor ve çözünmez olması dikkatleri kitosana çevirmiştir. Uyumlu molekül yapısına sahip olması sayesinde de çeşitli türevleri kitosana üstün özellik ve fonksiyonlar sunmaktadır (Pillai *et al.* 2009).

Kitin ve kitosan, besinsel etki mekanizması diyet liflere benzemesi nedeniyle "diyet lif benzeri" olarak tanımlanmaktadır, ancak klasik liflerden farklıdır (Kurt ve Zorba 2005). Kitosan midede çözünerek, intragastrik yağ damlacıkları ile emülsiyon oluşturarak pH 6,5-6,8'de ince bağırsakta çökmeye başlamakta ve bağırsaklarda jel oluşturmaktadır. Bu polisakkarit matriks içerisinde lipidleri ve kolesterolü tutarak dışkıyla birlikte uzaklaşmasını sağlamaktadır (Shahidi *et al.* 1999). Ayrıca, askorbik asidin de kitosanın bağırsaklarda jel oluşturma kabiliyetini artırmasından dolayı, plazma kolesterolü seviyesinin düşürülmesinde potansiyel etkisi bulunmaktadır. Kitosanın gıdalarda kullanımı trigliserid seviyesini düşürmekte ve plazma kolesterol seviyesini düşürebildiğinden, toplam kolesterol içerisinde HDL-kolesterol seviyesini de artırmaktadır. Ancak, mineraller ve yağda çözünebilir vitaminlerin (A, D, E ve K) bağırsaklarda absorpsiyonunu azalttığı belirtilmektedir (Kurt ve Zorba 2005). Bunların yanı sıra, kitosan ve kitin oligomerlerinin tümör oluşumunu engelleyebildiği de ifade edilmektedir (No *et al.* 2002).

1.1.1. Kitin ve kitosan eldesi

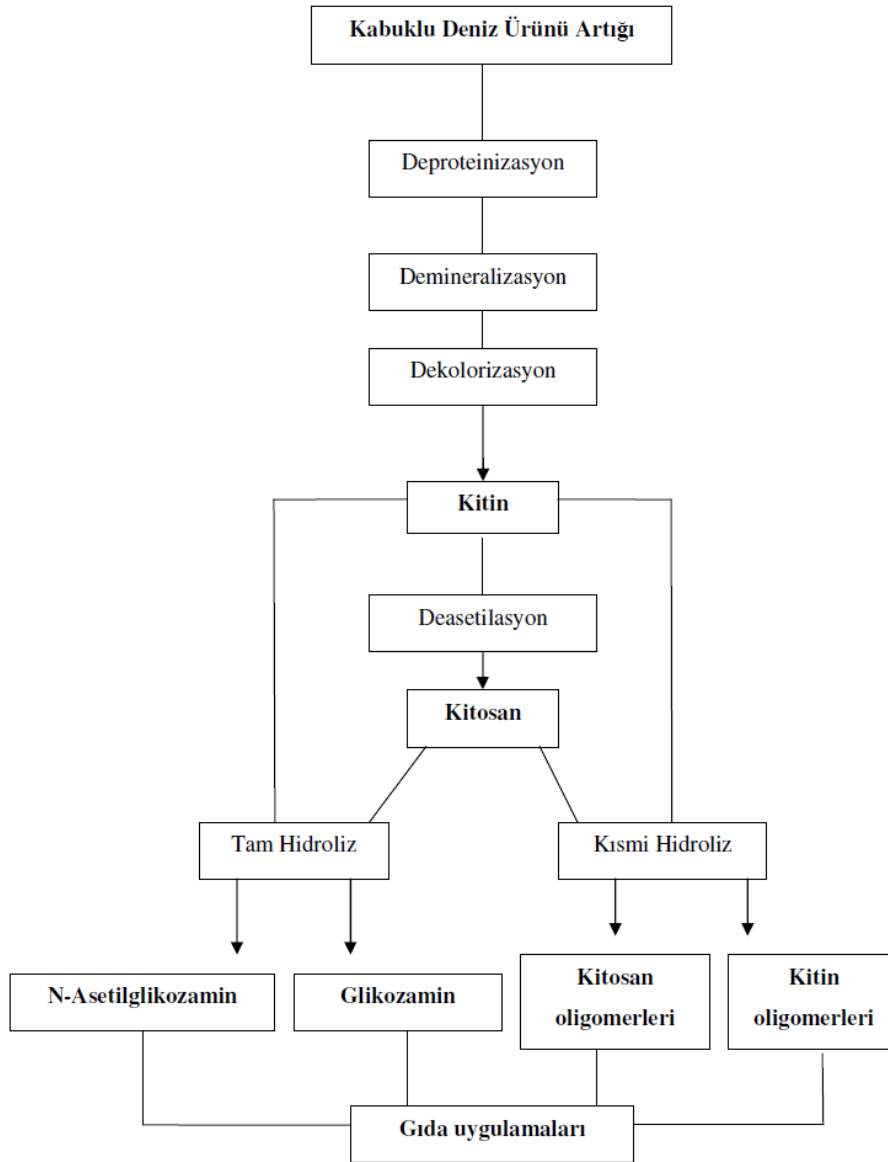
Doğada yıllık yaklaşık 10 milyar ton kitinin sentezlendiği tahmin edilmektedir. Kitinin ana kaynakları (kurumaddede % olarak) karides ve yengeç gibi kabuklular (%58-85); böcekler (%20-60); yumuşakçalar (%3-26); mürekkep balıkları, ahtapotlar ve halkalı solucanlar dahil olmak üzere kafadan bacaklılar (%20-28); çok az kitin içerikleriyle protozoalar; selentereler (%3-30); düşük miktarlarda kitin içeren deniz yosunları; ve %45 kitin içerikleriyle mantarlardır (Baouche *et al.* 2014). Çizelge 1.2'de kitinin ticari kaynakları gösterilmiştir.

Çizelge 1.2. Kitinin ticari kaynakları (Mathur and Narang 1990).

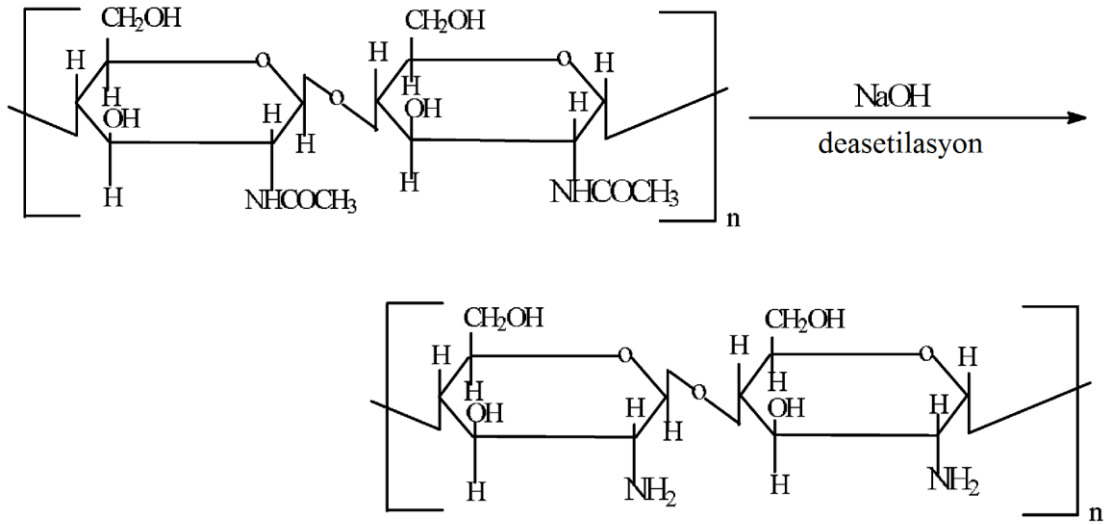
Eklem Bacaklılar		Mikroorganizmalar
Deniz Hayvanları	Böcekler	
Halkalı Solucanlar	Akrepler	Yeşil Algler
Yumuşakçalar	Örümcekler	Maya (β tipi)
Kabuklular	Dallı Bacaklılar	Mantar
Istakoz	Karıncalar	Penicillium Miselleri
Yengeç	Hamamböcekleri	Yeşil ve Kahverengi Algler
Karides	Kın kanatlılar	Sporlar
Deniz Tekesi		Chytridiaceae
Kril		Blastocladiaceae
		Ascomydes

Eklem bacaklıların kabuk artıkları, zengin kitin içerikleriyle kitin/kitosan endüstrisine büyük ölçüde kaynak olmaktadır. Şekil 1.2’de kabuklu deniz ürünü artıklarından kitin, kitosan, oligomerleri ve monomerlerinin hazırlanması gösterilmektedir. Eklem bacaklılardan kitinin izolasyonu için kullanılan yöntem deproteinizasyon, demineralizasyon ve dekolorizasyon olarak isimlendirilen üç basamaktan oluşmaktadır. Sonrasında kitosan ve diğer ürünleri elde etmek için deasetilasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Proteinler, başlangıç materyalinden bağımsız olarak, 30-100°C’de 30 dakika ile 12 saat arasında hafif NaOH veya KOH (%1-10, w/v) ile muamele edilerek uzaklaştırılmaktadır. Yengeç ve karideslerden deproteinizasyon için optimal metot 1:20 (w/v) alkali çözücüde, 90°C’de 1-2 saat %1-2 KOH muamelesi olarak belirtilmektedir. Ardından, seyreltik asitlerle kalsiyum karbonat, kalsiyum fosfat ve diğer mineraller ayrıştırılmaktadır. Son olarak, konsantre alkali çözücülerde (NaOH veya KOH) kitinin asetil grupları uzaklaştırılarak kitosan elde edilmektedir. Kullanılan NaOH miktarının fazla olması ekonomik ve ekolojik olarak endişe yaratmış, bu da alternatif yöntemlerin araştırılmasına yol açmıştır. Bu bağlamda kitinin, 1:5 oranında (w/w) toz NaOH ile karıştırılması ve 180°C’de ekstrüzyonu ile geleneksel yöntemle göre

yarı yarıya NaOH kullanılarak yüksek deasetilasyon derecesi ve çözünürlüğe sahip kitosan elde edilebilmektedir. Mantar ve böceklerden de kitin/kitosan eldesi mümkün olmasına rağmen bu kaynaklar ticari olarak deniz kabukluları ile yarışmamaktadır. Günümüzde böcek ve mantarlardan ticari kitin/kitosan eldesi pahalı olmasına karşın bu kaynaklardan elde edilen kitosan yüksek kalitede olmakta ve bazı özel biyoyougulamalarda kullanım alanı bulmaktadır (Baouche *et al.* 2014). Şekil 1.3'te kitinin deasetilasyonu gösterilmektedir.



Şekil 1.2. Kabuklu deniz ürünü artıklarından kitin-kitosan oligomerleri ve monomerlerinin hazırlanması (Shahidi *et al.* 1999).



Şekil 1.3. Kitinin deasetilasyonu (Kumar 2000).

1.2. Heterosiklik Aromatik Aminler

Et ve et ürünleri, özellikle çiğ tüketilen ürünler hariç, genellikle pişirilerek tüketilmektedir. Pişirme işlemi ile ete daha iyi aroma kazandırılırken proteinlerin sindirimi kolaylaşmakta ve ürünler usulüne uygun olarak pişirilmiş ise mikrobiyolojik açıdan da güvenilir hale gelmektedir. Öte yandan et gibi protein bakımından zengin gıdaların pişirilmesi esnasında zararlı birtakım kimyasal bileşiklerin oluştuğu da bilinen bir gerçektir. Bu kimyasal bileşiklerin başında heterosiklik aromatik aminler (HAA'lar) gelmektedir. İlk olarak 1977 yılında Japon bilim adamları tarafından ızgarada kızartılmış et ve balıkta tespit edilen HAA'ların (Nagao *et al.* 1977), epidemiyolojik çalışmalar sonucunda çoğunun mutajenik, nerdeyse tamamının ise karsinojenik olduğu kanıtlanmıştır (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 göstermektedir (Klassen *et al.* 2002; Knize *et al.* 2002). Günümüze kadar gıdalardan 25'ten fazla mutajenik ve/veya karsinojenik HAA izole ve identifiye edilmiştir (Alaejos and Afonso 2011; Puangsombat *et al.* 2012; Öz and Kızıl 2013). HAA'ların, diğer gıda mutajenleri ile karşılaştırıldıklarında aflatoxin B₁'den 100 kat, PAH'ların indikatörü olan benzo[a]pyrene'den ise 2000 kat daha fazla

mutajenik olduğu belirtilmektedir (Öz and Kaya 2011a). Ayrıca Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi (IARC) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda MeIQ, MeIQx, PhIP, AαC, MeAαC, Trp-P-1, Trp-P-2 ve Glu-P-1 “mümkün insan karsinojeni” olarak 2B sınıfında, IQ ise “muhtemel insan karsinojeni” olarak 2A sınıfında yer almıştır (IARC 1993). Buna ek olarak, Amerika Birleşik Devletleri Sağlık ve İnsan Hizmetleri Departmanı IQ, MeIQ, MeIQx ve PhIP bileşiklerini muhtemel insan karsinojeni olarak bildirmişlerdir (Puangsombat *et al.* 2012).

Oluşan HAA ve miktarları; kullanılan etin kaynağı, 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, lipit oksidasyonu ve antioksidantların 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 iki ana kimyasal sınıfı mevcuttur. Bunlardan ilki aminoimidazoazoarenler, ikincisi ise aminokarbolinlerdir (Puignou *et al.* 1997; Skog *et al.* 2000; Skog and Solyakov 2002). Aminoimidazoazoarenler (IQ tipi bileşikler, termik HAA’lar) genellikle 150-300°C arasındaki sıcaklıklarda, serbest aminoasitler, kreatin/kreatinin ve heksozlar arasındaki reaksiyonlarda oluşmaktadır (Jägerstad *et al.* 1983; Laser-Reuterswärd *et al.* 1987a, 1987b). Öte yandan 100°C’nin altındaki sıcaklıklarda aminoimidazoazoarenlerin oluştuğunu gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Barrington *et al.* 1990; Tsai *et al.* 1996; Chen *et al.* 2000; Solyakov and Skog 2002; Çelik 2013; Zikirov 2014).

HAA’ların ikinci grubu olan aminokarbolinler (IQ tipi olmayan bileşikler veya pirolitik HAA’lar) ise genellikle 300°C üzerindeki sıcaklıklarda proteinler ve aminoasitlerin pirolizi sonucu oluşmakta (Sugimura 1997; Sugimura and Adamson 2000; Knasmüller *et al.* 2001; Toribio *et al.* 2002) ve yaygın yapı olarak 2-aminopiridin parçası içermektedir. Öte yandan 300°C’nin altındaki sıcaklık derecelerinde de bu bileşiklerin

oluştugunu gösteren çalışmalar literatürde yer almaktadır (Busquets *et al.* 2004; Turesky *et al.* 2005; Toribio *et al.* 2007; Çelik 2013; Zikirov 2014). Ayrıca HAA'lar kimyasal davranışlarına göre polar (aminoimidazoazorenler, Glu-P-1 ve Glu-P-2) ve apolar (diğerlerinin tümü) olarak da sınıflandırılabilir (Fay *et al.* 1997; Cárdenes *et al.* 2004).

Literatürde et ve et ürünlerine direk kitosan ilavesi ile ilgili az sayıda araştırma yapılmış ve pişirilen et ve et ürünlerinde HAA'ların oluşumu üzerine kitosan kullanımının etkisi üzerine herhangi bir araştırmaya da rastlanılmamıştır. Son zamanlarda sahip olduğu avantajlar nedeniyle dikkatleri üzerine çeken kitosanın köfte üretimi esnasında kullanımının köftenin bazı kalite kriterleri ve HAA oluşumu üzerine olan etkisinin belirlenmesi, HAA'lar ile ilgili veri tabanı oluşturulması açısından büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle mevcut araştırma; kitosan kullanımının köftenin bazı kalite kriterleri ve HAA oluşumu üzerine olan etkisinin belirlenmesi amacıyla planlanmış ve yürütülmüştür.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yapılan çalışmalar kitosanın, antimikrobiyal, antioksidatif, çelatlayıcı, renk, tat ve görünüm gibi duyuşal özellikleri koruyucu, prematüre kahverengileşmeyi minimize etmesi ile birlikte gıda güvenliği açısından önemli olduğunu ve bu özellikleri sayesinde et endüstrisindeki kayıpları azaltacağını ortaya koymuştur.

Tüketicilerin, kimyasal koruyucu madde içermeyen gıdalara olan taleplerindeki artış, gıda sanayiindeki çalışmaları doğal antimikrobiyal ve antioksidan maddelerin keşfine doğru kaydırmıştır. Bu bağlamda, kitin, kitosan ve derivatlarının bakteri, küf ve mayalar gibi değişik mikroorganizma gruplarına karşı iyi derecede antimikrobiyal aktivite gösterdiği tespit edilmiştir (Shahidi *et al.* 1999).

Yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip kitosanın önemi, patojen bakterilerle kontamine olmuş gıdaların tüketiminin oluşturabileceği sağlık risklerini önlemesi ve bakteri gelişimini inihibe ederek raf ömrünü uzatması gibi özellikleri ile anlaşılmıştır (Cho *et al.* 1998; Chun *et al.* 1999). Asetik asitte çözünmüş ve jelatin tabaka olarak uygulanmış kitosan harmanının, balık köftelerinde, Gram (-) bakteriler üzerinde inihibe edici etki gösterdiği belirtilmiştir (Lopez-Caballero *et al.* 2005). Roller *et al.* (2002) yaptıkları araştırmada kitosanın sülfatlarla olan kombinasyonunun 24 saat buzdolabı şartlarında muhafaza edilmiş taze domuz sosislerinde laktik asit bakterilerini 1-2 log cfu/g oranında azalttığı sonucunu elde etmişlerdir.

Darmadji and Izumimoto (1994) kitosanın antimikrobiyal etkisi üzerine yaptıkları bir çalışmada, kitosanın %0,01 konsantrasyonda, gıda bozulmalarına neden olan *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas fragi* ve *Staphylococcus aureus* gibi bakterileri; %0,1-1 konsantrasyonlarında ise, *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Micrococcus varians* bakterilerini inihibe ettiğini belirtmişlerdir. Ayrıca %0,5-1 konsantrasyonlarında kitosan içeren ette 30°C’de 48 saat ve 4°C’de 10 gün depolama sonrasında gıda bozulmalarına sebep olan *Staphylococcus*, koliform, Gram (-)

bakteriler, *Micrococcus* ve *Pseudomonas* gibi bakterilerin inhibe olduğu, lipid oksidasyonunun azaldığı ve daha iyi duyusal özelliklere sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Darmadji and Izumimoto 1994). Kitosanın mayaları da inaktif hale getirebildiği Helander *et al.* (2001) tarafından belirtilmiştir.

Sagoo *et al.* (2002) parçalanıp dondurulmuş domuz eti ürünlerinde mikrobiyal gelişim üzerine kitosanın etkili bir inhibitör olduğunu ve bu etkinin konsantrasyona bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Baharatsız domuz kıymasına %0,3 ve %0,6 kitosan glutamat ilavesi, 4°C’de 18 gün saklanan kontrol numunesine göre toplam canlı, maya, küf ve laktik asit bakterilerini 3log CFU/g değerine kadar azaltmıştır.

No *et al.* (2002) farklı molekül ağırlığına sahip 6 grup kitosan ve oligomerini kullanarak 4 Gram (-) (*Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens*, *Salmonella typhimurium* ve *Vibrio parahaemolyticus*) ve 7 Gram (+) (*Listeria monocytogenes*, *Bacillus megaterium*, *B. cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Lactobacillus plantarum*, *L. brevis*, ve *L. bulgaricus*) bakteri üzerinde yaptıkları çalışmada; kitosanın hemen hemen bütün bakterilerin gelişimini inhibe ettiğini belirtmiştir.

Kaslı gıdalar düşük oksidatif stabiliteye sahiptirler. Bu sebeple üretim ve depolama sırasında ransidite oluşumuna karşı oldukça hassastırlar. Et ve et ürünlerindeki lipid oksidasyonunun antioksidan kullanımı ile önlenilebileceği veya minimize edilebileceği yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur (Roller *et al.* 2002). Kitosan antioksidan özelliği sayesinde ışınlanmış koyun kebabı ve domuz etinde lipid peroksidasyonunu azaltmıştır (Rao *et al.* 2005).

Kitosan ile şekerler arasındaki Maillard reaksiyonu sonucu ortaya çıkan ürünlerden bazılarının antioksidatif ve antimikrobiyal etki gösterdiği belirtilmiştir. Kitosan-glukoz kompleksinin kitosanın antimikrobiyal aktivitesini etkilemeden çok iyi antioksidatif özellik gösterdiği tespit edilmiştir (Li *et al.* 2011).

Buzdolabı şartlarında saklanan parça etlere %1 oranında kitosan ilavesi lipid oksidasyonu ve kalite bozulmalarını azaltmıştır. Bununla birlikte aerobik şartlarda ve dondurulmuş olarak saklanan kıymada da kitosanın lipid oksidasyonunu azalttığı belirlenmiştir (Suman *et al.* 2011).

Darmadji ve Izumimoto (1994) kitosan ilave edilen ve 30°C’de saklanan ette yaptıkları çalışma sonucunda TBA değerinin düştüğünü belirtmişlerdir. Araştırmacılar %1 kitosan ilave ettikleri etin +4°C’de 3 gün depolanmasının ardından TBA değerlerinde %70’lik bir azalma tespit etmişlerdir.

Kitosan ağır metalleri bağlayarak çelatlama ajanı gibi görev yapmaktadır. Böylece toksinlerin oluşumunu ve mikrobiyal gelişimi de inhibe etmektedir (Shahidi *et al.* 1999). Öte yandan, etlerde depolama sonrası meydana gelen ransit tat ve bozulma sonucu ortaya çıkan arzu edilmeyen tatlar kitosan kullanımı ile baskılanabilmektedir (Roller *et al.* 2002). Knorr (1983), yaptığı çalışmada kitosan içeren örneklerin kontrol grubuna göre daha iyi duyuşal özelliklere sahip olduğunu ve bunun da neredeyse ilk günkü özelliklerle aynı olduğunu belirtmiştir.

Aerobik şartlarda ve dondurulmuş olarak saklanan kıymada kitosanın renk stabilitesini artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca kitosan ilave edilerek paketlenen ve buzdolabı şartlarında saklanan kıymada yüzey renk kayıplarının önleildiği belirtilmiştir. %1 kitosan ilave edilmiş pişmiş etlerde prematüre kahverengileşmenin minimize edildiği gösterilmiş ve bunun gıda güvenliği açısından müşteri memnuniyetini artırmasının yanı sıra, renk kayıplarının önlenmesi ile de et endüstrisindeki kayıpların azaltılacağı belirtilmiştir (Suman *et al.* 2011).

Li *et al.* (1996)’ın yaptığı çalışmada ise pişmiş domuz etine 3000ppm N-karboksimetil kitosan ilave edilmiş ve bu değerin oksidatif ransiditeyi önlemede yeterli olduğu görülmüştür.

Liao *et al.* (2010) farklı pişirme metotları (tava kızartma, derin yağda kızartma, mangal ızgara, fırın) kullanarak pişirildikleri et örneklerinde farklı düzeylerde heterosiklik aromatik amin oluştuğunu bildirmiştir. Araştırmadaki en yüksek toplam HAA miktarının (112ng/g) mangalda pişirilen tavuk göğüs etinde bulunduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca toplam HAA içeriğinin tavada kızartılan tavuk göğüs etinde 27,40ng/g, derin yağda kızartılan tavuk göğüs etinde 21,30ng/g, fırında pişirilen tavuk göğüs etinde ise 4ng/g olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmada ördek göğüs etinin tavada, derin yağda, mangalda ve fırında pişirilmesi sonucu toplam HAA içeriklerinin sırasıyla 53,30ng/g, 14ng/g, 32ng/g, 7ng/g olduğu da tespit edilmiştir.

Öz *et al.* (2010a), tavada kızartma, ısıtıcı plaka üzerinde kızartma, mangal, fırında pişirme ve mikrodalga ile pişirme metotlarını kullanarak farklı seviyelerde (az, orta, iyi ve çok iyi) pişirdikleri sığır ve kuzu pirzola etlerinde HAA'ların miktarını belirlemek için yaptıkları çalışmada, mikrodalga, fırın ve ısıtıcı plaka üzerinde pişirdikleri örneklerin hiç birinde HAA belirleyememişlerdir. En yüksek toplam HAA içeriğini sığır pirzolasında 9,78ng/g, kuzu pirzolasında ise 3,06ng/g olarak belirlemişlerdir.

Wong *et al.* (2005) tüketime hazır 25 taze et ürününün 16'sının (%64) MeIQx içerdiğini, MeIQx içeriğinin tavada kızartılmış balıketinde 0,32ng/g, derin yağda kızartılmış tavukta 0,36ng/g, tavada kızartılmış tavuk etinde 1,26ng/g, ızgara yapılan sığır eti kıymasında 0,14ng/g, rosto yapılan ördek etinde 0,19ng/g düzeyinde olduğunu ve 25 örneğin 10 tanesinde (%40) 4,8-DiMeIQx bulunduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca aynı araştırmada tavada kızartılan balıketinin 0,21ng/g, tavuk etinin 0,48ng/g, derin yağda kızartılan tavuk etinin 0,23ng/g 4,8-DiMeIQx, içerdiği, ördek ve sığır etlerinin ise 4,8-DiMeIQx bileşimini içermediği saptanmıştır.

Öz and Kaya (2011a) üç farklı sıcaklıkta (175°C, 200°C ve 225°C) kızartılan yağlı köfte örneklerinde beş HAA (PhIP, MeIQx, IQ, MeIQ ve 4,8-DiMeIQx) araştırmış ve kontrol grubu köftelerde toplam HAA miktarının kızartma sıcaklığının artışına paralel olarak arttığını, 225°C'de kızartılan köftelerde en yüksek HAA içeriğinin, 31,80ng/g'ı PhIP olmak üzere toplam 37,81ng/g olduğunu ve köftelere %1 karabiber ilavesiyle PhIP

bileşiminin oluşumunun tamamen engellendiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar MeIQx bileşiminin, 200°C ve 225°C'lik kızartma sıcaklıklarında sırasıyla 0,24ng/g ve 2,66ng/g olduğunu, karabiber ilavesiyle bileşik miktarında %100'e yakın bir inhibisyon sağlandığını ve toplam HAA miktarlarında karabiberin inhibitör etkisinin %11-100 arasında değiştiğini de belirtmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Et

Et ve Süt Kurumu Erzurum Et Kombinasi'ndan temin edilen sığır but kası (*M. Gluteus medius*) et materyali olarak kullanılmış ve kas halinde alınan etler laboratuvarımızda kıyma haline getirilmiştir.

3.1.2. Köfte hamurunun hazırlanması

Kıyma haline getirilen etin yağ oranı %15'e karkasın kendi iç yağı ile ayarlanmıştır. Ardından köfte hamuru üretimi (%2 tuz, %0,7 kırmızıbiber, %0,4 karabiber, %0,7 kimyon, %1,5 soğan) gerçekleştirilmiştir (Serdaroğlu ve Değirmencioglu 2004). Bu köfte hamuru beş eşit parçaya bölünmüş ve bir grubuna kitosan ilave edilmeyerek kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Diğer gruplara ise %0,25, %0,5, %0,75 ve %1 oranlarında (w/w) kitosan ilave edilmiştir. İyi derecede karıştırılan köfte hamurları 1 gece 4°C'de bekletilmiş, ertesi gün şekil verme işlemi gerçekleştirildikten sonra pişirme işlemine geçilmiştir.

3.1.3. Kimyasallar

Araştırmada kullanılan kimyasal maddeler ve çözeltiler:

Kitosan;

Araştırmada kullanılan kitosan (Low Molecular Weight, Product Number: 448869), Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiştir.

Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeler (TBARS) için;

TCA Solüsyonu: %7,5 TCA, %0,1 EDTA, %0,1 propil galat, 1-propil gallat 3ml etanolde çözündürülmüş, toplam 920ml saf su ile karıştırılmıştır (1 litre için).

TBA Solüsyonu: 0,288g TBA (Tiyobarbitürik asit) tartılarak saf su ile 100ml'ye tamamlanmıştır.

HAA analizi için;

Analiz esnasında kullanılan bütün kimyasal ve çözeltiler analitik veya HPLC (High Performance Liquid Chromatography) grade kalitesinde olup, HPLC - grade haricindeki çözeltiler 0.45µm filtreden (Millipore) geçirilmiştir.

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

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

%95 CH₃OH: %5 NH₃: 19 birim metanol ve 1 birim %25'lik amonyanın (05003, Poanreac, HPLC-Grade) karıştırılması ile hazırlanmıştır.

Solvent A: Metanol/Asetonitril (34888, Riedel Haën, HPLC-Grade) /Su/Glasiyel asetik asit (27225, Riedel Haën, HPLC-Grade)’in 14/8/76/2 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

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

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 100µg/ml metanol konsantrasyonda hazırlanarak ileri dilüsyonlara seyreltilerek kullanılmıştır (Öz *et al.* 2015). Kullanılan standartların isimleri ve bazı bilgileri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan standartların isimleri ve bazı bilgileri (Öz and Kaya 2011a)

Kimyasal İsmi ve Sınıfı	Kısaltması	Molekül Ağırlığı	Yapı
2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinolin	IQ	198	
2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin	IQx	199	
2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinolin	MeIQ	212	
2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>] kinokzalin	MeIQx	213	
2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin	4,8-DiMeIQx	227	
2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin	7,8-DiMeIQx	227	
2-amino-3,4,7,8-tetrametilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin	4,7,8-TriMeIQx	241	
2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5- <i>b</i>]piridin	PhIP	224	
2-amino-9H-pirido[2,3- <i>b</i>]indol	AαC	183	
2-amino-3-metil-9H-pirido[2,3- <i>b</i>]indol	MeAαC	197	

3.2. Yöntem

3.2.1. Pişirme metodu

Köfteler sıcaklığı önceden 150°C, 200°C ve 250°C'ye getirilen ısıtıcı plaka üzerinde toplam 9dk pişirilmiştir. Pişirme esnasında köfteler dakikada bir olarak çevrilmiştir.

3.2.2. Su içeriğinin belirlenmesi

Çiğ ve pişmiş örneklerin su içerikleri kurutma kaplarına tartılan yaklaşık 10g örneğin 100°C'lik etüvde sabit tartım elde edilinceye kadar (yaklaşık 18 saat) kurutulması ile belirlenmiştir (Gökalp vd 2010).

3.2.3. Ham protein içeriğinin belirlenmesi

Örneklerin toplam azot ve ham protein miktarı Kjeldahl yöntemi kullanılarak sadece hammaddede tespit edilmiştir. Toplam azot miktarı belirlendikten sonra 6,25 sabit faktörü ile çarpılarak ham protein içeriği hesaplanmıştır (Gökalp vd 2010).

3.2.4. Ham yağ içeriğinin belirlenmesi

Örneklerin ham yağ miktarı eter ekstraksiyon yöntemi kullanılarak sadece hammaddede tespit edilmiştir. Bu amaçla kurutulan örnekler soksilet ekstraksiyon sisteminde dietil eter çözeltisi kullanılarak 8 saat süre ile ekstrakte edilmiştir (Gökalp vd 2010).

3.2.5. pH değerinin belirlenmesi

Homojen hale getirilmiş 10g örnek üzerine 100ml saf su ilave edilerek Ultra-Turrax (IKA Werk T 25, 18-10 20.000 UpM Germany)'da 1dk homojenize edildikten sonra pH-metre (Basic 20, E-08328 ALELLA-Barselona) kullanılarak okuma işlemi

yapılmıştır. pH metre kullanılmadan önce uygun tampon çözeltiler (pH 4,01, pH 7,00 pH 9,21) ile kalibre edilmiştir (Gökalp vd 2010).

3.2.6. Renk analizi

Örneklerin renk yoğunlukları kolorimetre cihazı Minolta (CR-200, Minolta Co, Osaka, Japan) kullanılarak belirlenmiştir. L^* , a^* ve b^* değerleri üç boyutlu renk ölçümünü esas alan Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIELAB (Commision Internationale de l'Eclairage) tarafından verilen kriterlere göre belirlenmiştir. Buna göre; L^* ; $L^*=0$, siyah; $L^*=100$, beyaz (koyuluk/açıklık); a^* ; $+a^*=$ kırmızı, $-a^*=$ yeşil ve b^* ; $+b^*=$ sarı, $-b^*=$ mavi renk yoğunluklarını göstermektedir. Beyaz kağıt üzerine konulan çiğ ve pişmiş örneklerin dört farklı yerinden şansa bağlı okumalar yapılmış ve bu değerlerin ortalaması alınarak kullanılmıştır.

3.2.7. Tiyoarbitürik asit reaktif maddelerin (TBARS) belirlenmesi

Lipit oksidasyonunun belirlenmesinde tiyoarbitürik asit reaktif maddelerin (TBARS) analizi uygulanmıştır. TBARS değeri Kılıç and Richards (2003) tarafından uygulanan yöntemle göre belirlenmiştir. Yöntemle göre; et örneklerinden 1'er gram alınmış, üzerine 6ml TCA solüsyonu ilave edilmiş, 15-30s homojenize edildikten sonra Whatman 1 filtre kâğıdından süzölmüştür. Elde edilen filtrattan bir tüp içine 1ml alınarak üzerine 1ml 0,02M TBA çözeltilisi ilave edilmiştir. Bu karışımlar kaynayan su banyosunda 40dk bekletildikten sonra 5dk çeşme suyu altında soğutulmuş ve 2000xg'de 5dk santrifüj edilmiştir. Daha sonra numunelerin absorbandsı 532nm dalga boyunda köre (şahit numune) karşı ölçölmüştür. Köre için 1ml TCA ekstraktına 1ml TBA çözeltilisi ilave edilmiş ve örnekler için uygulanan aşamalar aynı şekilde gerçekleştirilmiştir. K değerinin hesaplanmasında 1,1,3,3-tetraetoksipropan kullanılmıştır. TBARS değeri mg/kg örnek olarak verilmiştir.

3.2.8. Pişirme kaybının belirlenmesi

Örneklerin pişirme öncesi ve pişirme sonrası oda sıcaklığına soğutulduktan sonraki ağırlıkları belirlenerek pişirme kayıpları % olarak hesaplanmıştır (Çelik 2013).

3.2.9. HAA miktarının belirlenmesi

3.2.9.a. HAA'ların ekstraksiyonu

HAA'ların ekstraksiyonu Gross and Gruter (1992) tarafından geliştirilen orijinal metodun modifiye edilmesi ile gerçekleştirilmiştir (Messner and Murkovic 2003a, 2003b; Öz *et al.* 2015). Metoda göre behere 1g pişmiş et örneği tartılmış ve üzerine 12ml 1M NaOH ilave edilerek oda sıcaklığında 500rpm devirde 1 saat manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Üzerine 13g Extrelut NT (refill materyali, Merck, Darmstadt, Germany) paketleme materyali konularak spatül ile iyice karıştırılmıştır. Oasis MCX kartujları (3cm³/60mg, Waters, Milford, Massachusetts, USA) vakum sistemine (Supelco, Visiprep) bağlandıktan sonra diatomaceous earth ekstraksiyon kartujları (bond rezervoir, Extrelut-20) sisteme takılarak paketleme yapılmıştır. 45ml etil asetat ile 15dk dengeleme yapıldıktan sonra valfler açılmış, 3 kere daha 10'ar ml etil asetat ile yıkama yapılmıştır. Daha sonra Oasis kartujlar HCl ve sonra metanol ile yıkanmış ve 4ml'lik vial şişeye elüe edilmiştir. Örnekler analiz gününe kadar -18°C'de bekletilmiştir. Analiz gününden 1 gün önce 50°C'lik etüve alınarak kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından 100µl metanol ilave edilerek karıştırılmış ve bu karışım HPLC analizi için spitzviallere aktarılmıştır (Öz *et al.* 2015).

3.2.9.b. HPLC analizi

HAA'ların; 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) ile miktar tayinleri yapılmıştır. Ayırma işlemi 35°C'de ve 0,7ml/dk akış hızında, Acclaim™ 120 C18 3µm (4.6x150 mm) Tosoh Bioscience GmbH

(Stuttgart, Germany) ters fazlı analitik kolonunda yapılmıştır. HAA'ların identifikasyonu, UV spektrumları standart olarak bilinen HAA'ların alıkonma süreleri ile örneklerin alıkonma süreleri karşılaştırılarak yapılmıştır. Örneklerdeki HAA'ların konsantrasyonları, farklı konsantrasyonlarda standartların yürütülmesi ile hesaplanmıştır. Kantitatif belirleme, harici kalibrasyon eğrisi metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. HAA standart eğrilerinin regrasyon çizgisi katsayıları; IQx için 0,9998, IQ için 0,9998, MeIQx için 0,9997, MeIQ için 0,9997, 7,8-DiMeIQx için 0,9998, 4,8-DiMeIQx için 0,9999, PhIP için 0,9998, AαC için 0,9997 ve MeAαC için 0,9998 olarak belirlenmiştir.

Piştirme boyunca oluşabilen farklı HAA'ların geri kazanım oranları belirlemek için standart ilave metodu kullanılmıştır. Bunun için ekstraksiyon öncesinde bilinen bir örneğe farklı seviyelerde mix stok solüsyon (mix 1, 1,50, 2 ve 2,5) 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.

3.2.10. İstatistiki Analiz

Deneme Tam Şansa Bağlı deneme desenine göre iki tekerrürlü olarak kurulup yürütülmüştür. Elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuştur. Farklı bulunan örnekler arası ortalamalar için Duncan Çoklu Karşılaştırma metodu kullanılmıştır (Yıldız ve Bircan 1991). Analizler için SPSS 13.0 istatistik paket programından yararlanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Hammadde Analiz Sonuçları

Araştırmada Erzurum Et ve Süt Kurumu et kombinasyonundan temin edilen ve materyal olarak kullanılan sığır but etinin (*M. Gluteus medius*) bazı kimyasal ve fizikokimyasal özelliklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Hammadde olarak kullanılan kıyma haline getirilen sığır but etinin bazı kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri

n	Su(%) ($\pm$ SD)	Ham Yağ (%) ($\pm$ SD)	Ham Protein (%) ($\pm$ SD)	pH ($\pm$ SD)	TBARS (mg/kg) ($\pm$ SD)	Renk Değeri ($\pm$ SD)		
						L*	a*	b*
4	72,29 $\pm$ 0,41	4 $\pm$ 0,02	17,82 $\pm$ 0,07	5,55 $\pm$ 0,02	0,41 $\pm$ 0,08	45,46 $\pm$ 0,32	24,34 $\pm$ 1,05	16,2 $\pm$ 0,56

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

Araştırmada köfte hamuru yapımında kullanılan hammaddeye ait analiz sonuçları literatürdeki veriler ile benzerlik göstermektedir. Li *et al.* (2013) aynı kas grubunu kullanarak yaptıkları çalışmada pH değerini 5,57, su içeriğini %74,6 olarak belirlemişlerdir. Öte yandan Apple *et al.* (2014) aynı kası kullanarak yaptıkları çalışmada pH değerinin 5,39-5,43, L* değerinin 36,8-42,3, a* değerinin 12,1-16,8 ve b* değerinin ise 16,3-18,9 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Laycock *et al.* (2003) ise sığır eti üzerine yaptıkları çalışmada çiğ örneklerin %72 su, %22 protein ve %5 yağ içerdiğini belirlemişlerdir.

4.2. Köftelere Ait Sonuçlar

4.2.1. Su içeriği

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, farklı seviyelerde kitosan içeren, çiğ ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin ham su içeriği değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Köftelerin ham su içeriği değerleri ve standart sapmaları

Kitosan (%)	Piştirme Sıcaklığı (°C)	Durum	Su (%) (± SD)
0	150	Çiğ	63,85±0,33
		Pişmiş	57,51±0,18
	200	Çiğ	63,85±0,33
		Pişmiş	56,04±0,42
	250	Çiğ	63,85±0,33
		Pişmiş	56,36±0,11
0,25	150	Çiğ	60,68±0,06
		Pişmiş	58,04±0,45
	200	Çiğ	60,68±0,06
		Pişmiş	57,18±0,20
	250	Çiğ	60,68±0,06
		Pişmiş	56,54±0,21
0,5	150	Çiğ	62,59±1,72
		Pişmiş	58,60±0,91
	200	Çiğ	62,59±1,72
		Pişmiş	57,48±0,28
	250	Çiğ	62,59±1,72
		Pişmiş	55,88±1,76
0,75	150	Çiğ	61,14±0,25
		Pişmiş	57,79±0,49
	200	Çiğ	61,14±0,25
		Pişmiş	57,65±1,32
	250	Çiğ	61,14±0,25
		Pişmiş	55,78±0,41
1	150	Çiğ	61,74±0,86
		Pişmiş	57,14±0,73
	200	Çiğ	61,74±0,86
		Pişmiş	54,94±1,12
	250	Çiğ	61,74±0,86
		Pişmiş	56,00±0,83

SD: Standart Sapma

Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin su içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi köftelerin su içeriği üzerine; kitosan seviyesi, piştirme durumu, piştirme sıcaklığı ile

kitosan seviyesi x pişirme durumu ve pişirme durumu x pişirme sıcaklığı interaksiyonlarının çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

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

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
K	4	4,661	6,802**
D	1	395,934	577,771**
S	2	3,776	5,510**
K x D	4	6,548	9,556**
K x S	8	0,429	0,626
D x S	2	3,776	5,510**
K x D x S	8	0,429	0,626
Hata	30	0,685	

Sd: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması *: $p<0,05$, **: $p<0,01$

Kitosan seviyesinin köftelerin su içeriği üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi %0,25, 0,75 ve 1 kitosan ilaveli köftelerde su içeriği diğer köftelere kıyasla önemli düzeyde düşük bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Kitosan seviyesinin köftelerin su içeriği üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kitosan (%)	n	Su (%) ($\bar{x} \pm SD$)
0	12	60,24 $\pm$ 3,80a
0,25	12	58,97 $\pm$ 1,85b
0,5	12	59,95 $\pm$ 3,07a
0,75	12	59,11 $\pm$ 2,28b
1	12	58,88 $\pm$ 3,12b

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

Pişirme durumunun köftelerin su içeriği üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi

köfte örneklerinin pişirilmesi su içeriklerinde istatistiki olarak önemli derecede azalmaya neden olmuştur. Öz (2014) pişirme işleminin köftelerin su içeriğinde azalmaya neden olduğunu ve pişmemiş örneklerde %67,19 olan su içeriğinin, 175°C’de 8dk pişirilen köftelerde %64,17’ye düştüğünü belirlemişlerdir. Bilek and Turhan (2009) da pişmemiş köftelerde %55,70-65,45 arasında değişen su içeriğinin pişmiş köftelerde azaldığını ve %49.68-57.69 arasında değiştiğini belirtmiştir.

Çizelge 4.5. Pişirme durumunun köftelerin su içeriği üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Durum	n	Su (%) ($\bar{x} \pm SD$)
Çiğ	30	62,00±1,31a
Pişmiş	30	56,86±1,14b

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

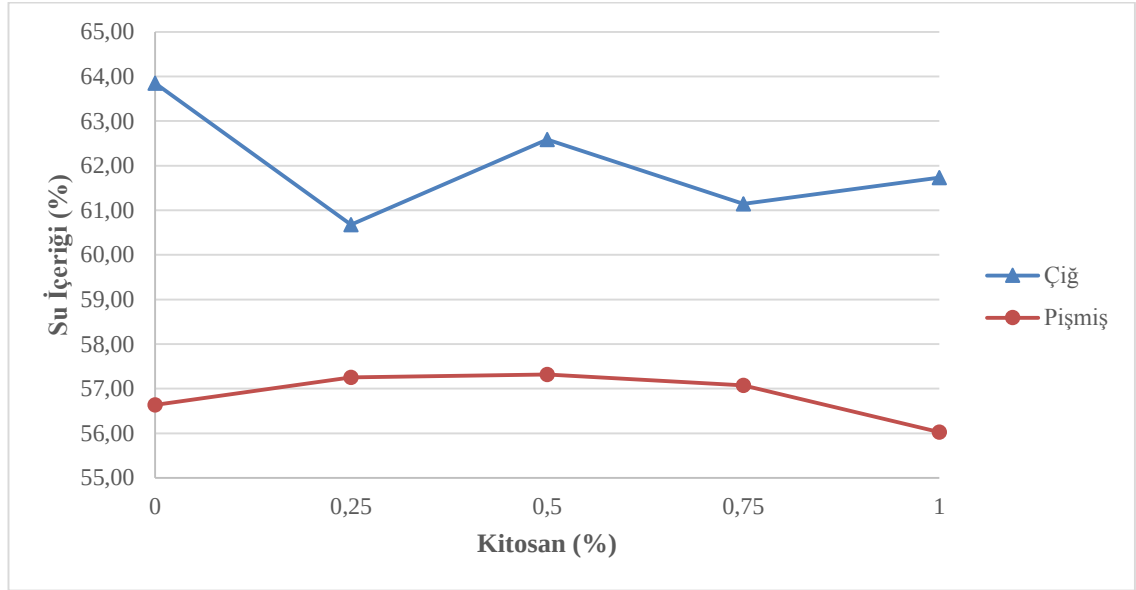
Pişirme sıcaklığının köftelerin su içeriği üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi 200 ve 250°C’de belirlenen su içerikleri 150°C’de belirlenen su içeriğinden önemli derecede düşük bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Pişirme sıcaklığının köftelerin su içeriği üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Pişirme Sıcaklığı (°C)	n	Su (%) ($\bar{x} \pm SD$)
150	20	59,91±2,39a
200	20	59,33±3,02b
250	20	59,06±3,20b

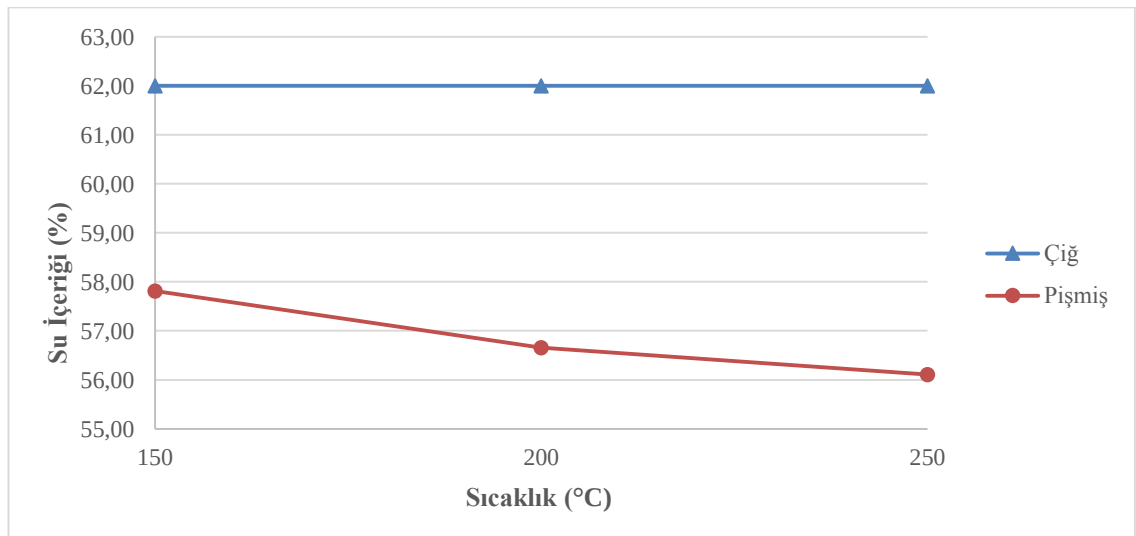
Aynı sütündaki farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ^{a-b}, SD: Standart Sapma, $\bar{x}$: Ortalama, n: Örnek sayısı

Kitosan seviyesi x pişirme durumu interaksiyonunun su içeriği üzerine olan etkisi Şekil 4.1’de verilmiştir. Çiğ örneklerde köfte hamuruna kitosan ilavesi örneklerin su içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Pişirilmiş örneklerde ise kitosan ilavesi (%1 hariç) örneklerin su içeriklerinde hafif bir artışa neden olmuştur.



Şekil 4.1. Kitosan seviyesi x pişirme durumu interaksiyonunun su içeriği üzerine olan etkisi

Pişirme durumu x pişirme sıcaklığı interaksiyonunun su içeriği üzerine olan etkisi Şekil 4.2.'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi çiğ örneklerde aynı düzeyde olan su içeriği, pişirilmiş örneklerde pişirme sıcaklığındaki artışa paralel olarak azalmıştır.



Şekil 4.2. Pişirme durumu x pişirme sıcaklığı interaksiyonunun su içeriği değeri üzerine olan etkisi

Sánchez del Pulgar *et al.* (2012) ısıtım işlem neticesinde ette görülen su kaybının 3 ana nedeninin olduğunu belirtmiştir. Bunlardan ilki; artan sıcaklık ve/veya azalan basınç nedeniyle etteki su buharlaşmaktadır. İkincisi; ısıtım işlem esnasında artan sıcaklıklar myofibriller proteinlerde şirinke neden olmaktadır. Bu proses 40°C’de başlamakta ve sıcaklığın artmasıyla birlikte daha yoğun olarak gerçekleşmektedir. Bu şirink nedeniyle fibriller arasındaki hacimde azalma oluşmakta ve bu azalma myofibrillerin su tutma yeteneğinde kayba neden olmaktadır. Bu nedenle etteki suyun %97’sini tutan myofibriller proteinlerin yapısındaki kapiler boşluklarda tutunan suyun bir kısmı ısıtım işlem esnasında kaybolmaktadır (Gençcelep 2008). 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 ısıtım işlem neticesinde yaşanan su kaybı nedeniyle etin su içeriği pişirme işlemi ile azalmaktadır.

4.2.2. Pişirme kaybı

Etin pişirilmesi lezzetli ve güvenilir bir ürün elde etmek için oldukça önemlidir. Öte yandan Rodriguez-Estrada *et al.* (1997), pişirme işleminin asıl olarak su kaybı nedeniyle et ürünlerinin ağırlıklarında azalmaya neden olduğunu belirtmiştir. Ancak pişirme işlemi ile etten uzaklaşan tek bileşenin su olmadığı, pişirme esnasında etten uzaklaşan suyun beraberinde suda çözünen bir takım maddeleri de uzaklaştırdığı bilinmektedir (Sánchez del Pulgar *et al.* 2012). Nitekim Gerber *et al.* (2009)’a göre Laroche (1988) pişirme boyunca etten ayrılan et suyunun myofibriller veya sarkoplazmik proteinler, kolajen, lipitler, tuz, polifosfatlar ve aroma bileşikler gibi çeşitli bileşikler de içerdiğini göstermiştir. Kontrol grubu, farklı seviyelerde kitosan içeren, çiğ ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pişirme kaybı sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Köftelerin ham pişirme kaybı değerleri ve standart sapmaları

Kitosan (%)	Piştirme Sıcaklığı (°C)	Piştirme Kaybı (%) ($\bar{x} \pm SD$)
0	150	15,44±0,21
	200	19,24±0,55
	250	21,35±1,68
0,25	150	14,59±0,25
	200	14,34±0,79
	250	19,15±3,71
0,5	150	11,76±1,85
	200	14,27±1,37
	250	19,89±2,84
0,75	150	11,86±0,52
	200	11,69±2,85
	250	19,38±1,51
1	150	12,62±2,32
	200	16,01±2,79
	250	14,67±4,00

SD: Standart Sapma

Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin pişirme kaybı değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi köftelerin pişirme kaybı değeri üzerine kitosan seviyesinin önemli ($p<0,05$), pişirme sıcaklığının ise çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin pişirme kaybı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
K	4	18,968	4,016*
S	2	82,508	17,468**
K x S	8	7,315	1,549
Hata	15	4,723	

Sd: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması *: $p<0,05$, **: $p<0,01$

Kitosan seviyesinin köftelerin pişirme kaybı değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi köfte hamuruna kitosan ilavesi pişirme kaybında kontrol gruplarına göre azalmaya neden olmuş ve bu azalma %0,5, 0,75 ve 1 kitosan ilaveli köftelerde, kitosan ilave edilmemiş kontrol grubu köftelere kıyasla önemli düzeyde düşük bulunmuştur. Pişirme kaybının pişirme boyunca et ürünlerinin fizikokimyasal davranışlarını ortaya koymada en önemli parametre olduğu ve genellikle proteinin su ve yağ bağlama yeteneği ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Sayas-Barberá *et al.* 2011). Sayas-Barberá *et al.* (2011) pişirme kaybının kitosanın molekül ağırlığına bağlı olarak değiştiğini ve model sistemde yüksek molekül ağırlıklı kitosan kullanımının daha az pişirme kaybına neden olduğunu belirtmiştir. Mevcut araştırmada ise düşük molekül ağırlıklı kitosan kullanımının köftelerin pişirme kaybında azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9. Kitosan seviyesinin köftelerin pişirme kaybı değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kitosan (%)	n	Pişirme Kaybı (%) ($\bar{x} \pm SD$)
0	6	18,68 $\pm$ 2,80a
0,25	6	16,02 $\pm$ 2,96ab
0,5	6	15,31 $\pm$ 4,07b
0,75	6	14,31 $\pm$ 4,19b
1	6	14,43 $\pm$ 2,86b

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

Pişirme sıcaklığının köftelerin pişirme kaybı değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir. Sıcaklıktaki artışa paralel olarak pişirme kaybında artış gözlemlenmiştir. 250°C’deki pişirme kaybı diğer pişirme sıcaklıklarındaki pişirme kaybından istatistiksel olarak önemli oranda yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$).

Çizelge 4.10. Pişirme sıcaklığının köftelerin pişirme kaybı değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Piştirme Sıcaklığı (°C)	n	Piştirme Kaybı (%) ($\bar{x} \pm SD$)
150	10	13,25±1,87b
200	10	15,11±2,99b
250	10	18,89±3,22a

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

4.2.3. pH

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, farklı seviyelerde kitosan içeren, çiğ ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin ham pH değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir. Hammaddede 5,55 olan pH değeri köfte hamurlarında gerek yağ içeriğinin %15’e ayarlanması gerekse kullanılan baharatlar nedeniyle artış göstermiş ve kontrol grubu köftelerde 5,75’e kadar yükselmiştir.

Çizelge 4.11. Köftelerin ham pH değerleri ve standart sapmaları

Kitosan (%)	Piştirme Sıcaklığı (°C)	Durum	pH ($\bar{x} \pm SD$)
0	150	Çiğ	5,75±0,01
		Pişmiş	5,90±0,02
	200	Çiğ	5,75±0,01
		Pişmiş	5,87±0,03
	250	Çiğ	5,75±0,01
		Pişmiş	5,95±0,01
0,25	150	Çiğ	5,84±0,01
		Pişmiş	6,06±0,01
	200	Çiğ	5,84±0,01
		Pişmiş	6,08±0,00
	250	Çiğ	5,84±0,01
		Pişmiş	6,03±0,00
0,5	150	Çiğ	5,95±0,02
		Pişmiş	6,20±0,00
	200	Çiğ	5,95±0,02
		Pişmiş	6,20±0,00
	250	Çiğ	5,95±0,02
		Pişmiş	6,03±0,01
0,75	150	Çiğ	6,28±0,03
		Pişmiş	6,30±0,01
	200	Çiğ	6,28±0,03
		Pişmiş	6,29±0,01
	250	Çiğ	6,28±0,03
		Pişmiş	6,31±0,01
1	150	Çiğ	6,64±0,03
		Pişmiş	6,39±0,01
	200	Çiğ	6,64±0,03
		Pişmiş	6,41±0,03
	250	Çiğ	6,64±0,03
		Pişmiş	6,42±0,01

SD: Standart Sapma

Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi köftelerin pH değeri üzerine; kitosan seviyesi ve piştirme durumu ile kitosan seviyesi x piştirme durumu interaksiyonunun çok önemli ($p < 0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
K	4	0,930	2762,319**
D	1	0,099	294,733**
S	2	0,000	0,748
K x D	4	0,117	346,205**
K x S	8	0,001	1,651
D x S	2	0,000	0,748
K x D x S	8	0,001	1,651
Hata	30	0,000	

Sd: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$

Farklı kitosan seviyeli köftelerin pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi köfte hamurunda kitosan seviyesinin artması pH değerinde istatistiki olarak önemli artışa neden olmuştur. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da bulunmuştur (Jo *et al.* 2001; Georgantelis *et al.* 2007a; Suman *et al.* 2010, 2011; Sayas-Barberá *et al.* 2011). Nitekim Suman *et al.* (2011), kitosan ilavesinin köftelerin pH değerini artırdığını, kontrol grubunda 5,8 olan pH değerinin, %1 kitosan ilaveli köfte örneklerinde 6,1'e kadar yükseldiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu durumu kitosanın pH değerinin yüksek olmasına bağlamışlardır. Nitekim araştırmacılar saf su içerisindeki %1'lik kitosanın pH değerini 7,8 olarak belirlemişlerdir. Mathenjwa *et al.* (2012) sosis üretiminde kitosan kullanımının örneklerin pH değerinde artışa neden olduğunu ve kitosan içermeyen örneklerin 5,43 olan pH değerinin kitosan ilaveli örneklerde 5,93'e kadar yükseldiğini belirlemişlerdir. Kitosan ilaveli örneklerin pH değerinin yüksek olması, kitosanın pK_a değerinin yüksek olmasına (6,3) bağlanmaktadır. Doğal olarak oluşan polisakkaritlerinin çoğunun (selüloz, pektin, alginik asit, agar ve karregenalar) nötral veya asidik olmasına karşın kitin ve kitosanın bazik polisakkaritler olduğu belirtilmektedir (Shahidi *et al.* 1999). Öte yandan Lin and Chao (2001) %0,1 kitosan içeren az yağlı Çin domuz sosislerinin pH değerinde kontrol grubuna göre azalma belirlemişlerdir. Araştırmacılar pH'daki bu düşüşü kitosanı %1'lik laktik asit çözeltisinde çözmelerine bağlamışlardır.

Çizelge 4.13. Farklı kitosan seviyeli köftelerin pH değerlerine ait ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kitosan (%)	n	pH ($\bar{x} \pm SD$)
0	12	5,82±0,09e
0,25	12	5,95±0,11d
0,5	12	6,07±0,13c
0,75	12	6,29±0,02b
1	12	6,52±0,12a

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

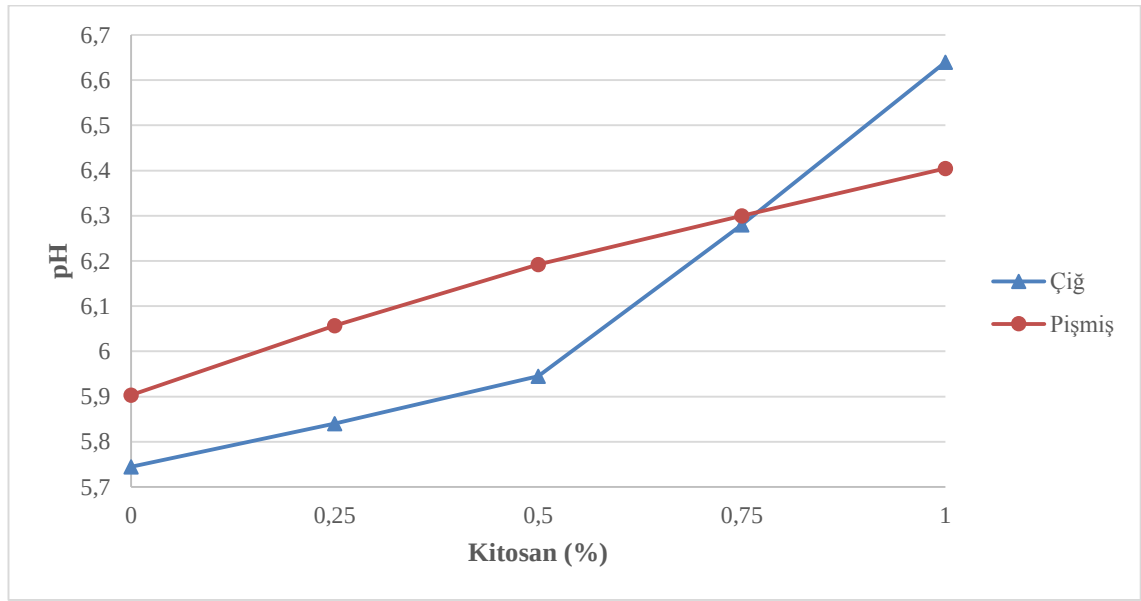
Piştirme durumunun köftelerin pH değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi köftelerin pişirilmesi pH içeriğinde istatistiksel olarak önemli artışa neden olmuştur. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da bulunmuştur (Serdaroğlu ve Değirmencioğlu 2004; Serdaroğlu 2006; Bilek ve Turhan 2009; Öz 2014). Öz (2014) ısırgan otu su ekstraktının köfte kalitesi üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları araştırmada pişmemiş köftelerin 5,65 olan pH değerinin pişmiş köftelerde 5,92'ye yükseldiğini tespit etmişlerdir. Bilek and Turhan (2009) da piştirme işlemi ile birlikte köftelerin pH değerinin arttığını, çiğ örneklerde 5,70-5,78 olan pH değerinin pişmiş örneklerde 5,91-6,15'e yükseldiğini belirtmişlerdir. Girard (1992), piştirme işlemi neticesinde pH değerinde görülen artışın piştirme işlemi esnasında imidazol, sülfidril ve hidroksil gruplarını içeren bağların serbest hale gelmesi nedeniyle olabileceğini belirtmiştir.

Çizelge 4.14. Piştirme durumunun köftelerin pH değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Durum	n	pH ($\bar{x} \pm SD$)
Çiğ	30	6,09±0,33b
Pişmiş	30	6,17±0,18a

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

Kitosan seviyesi x pişirme durumu interaksiyonunun pH değeri üzerine olan etkisi Şekil 4.3'te verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi hem çiğ hem de pişmiş örneklerde kitosan seviyesindeki artış köftelerin pH değerinde artışa neden olmuştur. En önemli artış %1 kitosan katkılı köftelerde tespit edilmiştir. Bu artışın kitosanın pH değerinin yüksek olması nedeniyle olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 4.3. Kitosan seviyesi x pişirme durumu interaksiyonunun köftelerin pH değeri üzerine etkisi

4.2.4. TBARS değerleri

Oksidasyon, et ve et ürünlerinde görülen en önemli kalite bozukluklarından biridir. Sıcaklık, oksijen, ışık, çeşitli katalizörler vb. gibi pek çok faktörün oksidasyona etki ettiği bilinmesine rağmen, asıl etkenin et ve et ürünlerine tüketimden hemen önce uygulanan ısı işlem olduğu belirtilmektedir. Et ve ürünlerinde lipid oksidasyonu yaygın olarak TBARS analizi ile belirlenmektedir. Mevcut araştırmada kıyma haline getirilmiş sığır etinin TBARS değeri (0,41mg/kg) literatürdeki veriler ile uyum içerisinde (Houben *et al.* 2002; Ferioli *et al.* 2008). Öte yandan araştırmada belirlenen TBARS değeri, Formanek *et al.* (1998) tarafından taze sığır etinde belirlenen (1,8-10,4mg/kg) TBARS değerinden oldukça düşüktür. Kontrol grubu, farklı seviyelerde kitosan içeren,

çiğ ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin ham TBARS değerleri Çizelge 4.15'te verilmiştir. Kıyma haline getirilmiş hammaddede 0,41mg/kg olan TBARS değeri köfte hamurunun hazırlanması neticesinde artış göstermiştir.

Çizelge 4.15. Köftelerin ham TBARS değerleri ve standart sapmaları

Kitosan (%)	Piştirme Sıcaklığı (°C)	Durum	TBARS (mg/kg) ($\bar{x} \pm SD$)
0	150	Çiğ	0,63±0,08
		Pişmiş	0,78±0,11
	200	Çiğ	0,63±0,08
		Pişmiş	0,90±0,04
	250	Çiğ	0,63±0,08
		Pişmiş	0,81±0,17
0,25	150	Çiğ	0,78±0,04
		Pişmiş	2,08±0,60
	200	Çiğ	0,78±0,04
		Pişmiş	3,52±0,50
	250	Çiğ	0,78±0,04
		Pişmiş	2,46±0,53
0,5	150	Çiğ	1,37±0,01
		Pişmiş	3,07±0,01
	200	Çiğ	1,37±0,01
		Pişmiş	6,61±0,32
	250	Çiğ	1,37±0,01
		Pişmiş	2,80±1,95
0,75	150	Çiğ	2,00±0,06
		Pişmiş	7,84±1,18
	200	Çiğ	2,00±0,06
		Pişmiş	5,51±0,85
	250	Çiğ	2,00±0,06
		Pişmiş	10,30±2,21
1	150	Çiğ	2,76±0,18
		Pişmiş	10,91±2,35
	200	Çiğ	2,76±0,18
		Pişmiş	12,52±0,06
	250	Çiğ	2,76±0,18
		Pişmiş	12,56±5,38

SD: Standart Sapma

Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.16’da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi köftelerin TBARS değeri üzerine; kitosan seviyesi ve pişirme durumu ile kitosan seviyesi x pişirme durumu interaksiyonunun çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
K	4	85,387	55,164**
D	1	240,24	155,206**
S	2	1,241	0,802
K x D	4	38,401	24,809**
K x S	8	2,612	1,687
D x S	2	1,241	0,802
K x D x S	8	2,612	1,687
Hata	30	1,548	

Sd: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması *: $p<0,05$, **: $p<0,01$

Kitosan seviyesinin köftelerin TBARS değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi köfte hamurunda kitosan seviyesinin artması TBARS değerinde artışa neden olmuş ve %0,5, 0,75 ve 1 kitosan içeren köftelerin TBARS değerleri, kitosan içermeyen kontrol grubu köftelerin TBARS değerinden ve birbirlerinden önemli oranda farklı bulunmuştur. Mevcut araştırmaya zıt olarak literatürde yer alan kitosan ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunda kitosanın antioksidan özelliğe sahip olduğu ve farklı gıda örneklerinde lipit oksidasyonunu azalttığı gösterilmiştir (No *et al.* 2007). Darmadji and Izumimoto (1994) ete %0,2, 0,5 ve 1 kitosan ilavesinin etin TBA sayısında sırası ile %10, 25 ve 40 oranında azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Kamil *et al.* (2002) 200mg/kg kitosan içeren ringa balığı örneklerinde kontrole göre peroksit değerinde %61 azalma tespit etmişlerdir. Kanatt *et al.* (2004) ışınlanmış koyun etinde kitosanın, lipit oksidasyonunun neden olduğu kalite bozulmalarını azalttığını belirtmiştir. Suman *et al.* (2010) da 1°C’de depoladığı sığır eti köftelerinin TBARS değerlerinin kitosan katkılı

örneklerde kontrol grubu örneklerle göre düşük olduğunu belirtmişlerdir. Öte yandan kitosanın et örneklerindeki antioksidan aktivitesinin kitosanın molekül ağırlığı, viskozitesi, çözünme derecesi ve konsantrasyonuna bağlı olduğu belirtilmektedir (Kamil *et al.* (2002); Borderías *et al.* 2005; Prashanth and Tharanathan 2007; Sayas-Barberá *et al.* 2011). Kitosanın antioksidan etkisinin metal iyonları ile çelat oluşturma ve/veya lipidler ile bağlanabilmesi nedeniyle olduğu belirtilmektedir. Ancak Xue *et al.* (1998) sadece suda çözünabilir kitosanların metal iyonları ile çelat oluşturabileceğini veya lipidlerle bağlanabileceğini ve önemli bir antioksidan etki gösterebileceğini belirtmiştir. Öte yandan kitosanın antioksidan aktivitesinin koruyucu film olarak uygulandığı durumlarda daha etkili olduğu belirtilmektedir (Lin and Chao 2001; Borderias *et al.* 2005). Nitekim Jo *et al.* (2001) 4°C’de aerobik olarak depoladıkları domuz sosisi örneklerinde 0. hafta TBARS değerinin %0,2 kitosan ilavesi ile arttığını, ancak kitosanın antioksidan etki göstermesinin 1. hafta ve daha sonraki haftalarda mümkün olduğunu belirtmiştir. Araştırmacılar kitosanın aerobik şartlarda depolama boyunca lipid oksidasyonunu engelleyebileceğini belirtmiştir. Ayrıca Kanatt *et al.* (2008) kitosanın et ve et ürünlerinde tek başına önemli bir antioksidan aktiviteye sahip olmadığını göstermiştir. Georgantelis *et al.* (2007a, 2007b) kitosanın antioksidan etkisinin biberiye ekstraktı ile birlikte kullanılması durumunda çok önemli oranda arttığını belirtmiştir.

Çizelge 4.17. Kitosan seviyesinin köftelerin TBARS değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kitosan (%)	n	TBARS (mg/kg) ($\bar{x} \pm SD$)
0	12	0,73±0,14d
0,25	12	1,73±1,13cd
0,5	12	2,76±2,03c
0,75	12	4,94±3,49b
1	12	7,38±5,17a

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

Piştirme durumunun köftelerin TBARS değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi köftelerin pişirilmesi TBARS değerinde önemli artışa neden olmuştur. Benzer sonuçlar

diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (Öz 2011). Öz (2011) pişirme işleminin köftelerin TBARS değeri üzerine çok önemli etkisinin olduğunu ve pişmemiş köftelerdeki 6,54µmolmalonaldehit/kg olan TBARS değerinin pişmiş örneklerde 8,24µmolmalonaldehit/kg'a yükseldiğini belirtmiştir.

Çizelge 4.18. Pişirme durumunun köftelerin TBARS değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Durum	n	TBARS (mg/kg) ($\bar{x} \pm SD$)
Çiğ	30	1,51±0,81b
Pişmiş	30	5,51±4,43a

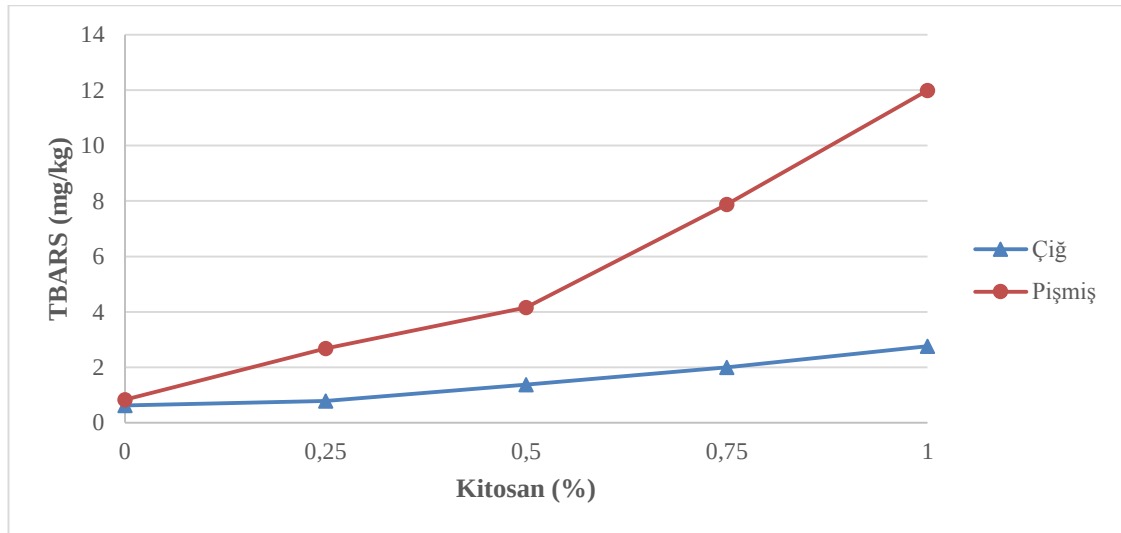
Aynı sütundaki farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ^{a-b}, SD: Standart Sapma, $\bar{x}$: Ortalama, n: Örnek sayısı

Pişirme işleminin TBARS değeri üzerine etkisinin pişirme metoduna bağlı olarak değişiklik gösterdiği literatürden görülmektedir. Bazı araştırmacılar pişirme işlemi ile TBARS değerinin değişmediğini, bazı araştırmacılar ise pişirme işlemi ile TBARS değerinin arttığını belirtmişlerdir. Bu bağlamda bazı çalışmalarda farklı hayvanlardan elde edilen etlerin pişirilmesi sonucu TBARS değerleri çiğ 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; Roldán *et al.* 2014; Domínguez *et al.* 2014a, 2014b), 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 lipit oksidasyonunun 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 belirtilmektedir (Meinert *et al.* 2007; Ferioli *et al.* 2008; Sánchez del Pulgar *et al.* 2012; Domínguez *et al.* 2014a). Ferioli *et al.* (2008) da yaptıkları araştırmada pişirme işleminin TBARS değerinde artışa neden olmadığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar ise 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.

Kitosan seviyesi x pişirme durumu interaksyonunun TBARS değeri üzerine olan etkisi Şekil 4.4'te verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi kitosan seviyesindeki artış, hem çiğ hem de pişmiş örneklerin TBARS değerinde artışa neden olmuştur. Kitosanın antioksidan aktivitesi; kullanılan kitosan seviyesine ve kitosanın molekül ağırlığına bağlı olduğu bilinmektedir. 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 1998; Maurya and Devasagayam 2010). Mevcut araştırmada kullanılan kitosanın prooksidan etki göstermesinin nedeni düşük molekül ağırlıklı kitosan kullanımı olabilir.



Şekil 4.4. Kitosan seviyesi x pişirme durumu interaksyonunun köftelerin TBARS değeri üzerine etkisi

Campo *et al.* (2006)'a göre Greene and Cumuze (1981) sığır etinde okside tat-aromanın panelistler tarafından algılanmasında TBARS değerinin eşik sınırının 2mg/kg olduğu belirtilmektedir (Verma and Sahoo 2000; Humada *et al.* 2014). Bu sonuca göre mevcut

araştırmada pişirilen köfte örneklerinde tespit edilen TBARS değeri (5,51mg/kg) bu eşiğin üstünde kalmıştır. Öte yandan Lepper-Blilie *et al.* (2014)'e göre White *et al.* (1988)'de 6,3mg/kg veya altındaki TBARS değerlerine sahip sığır etinin panelistler tarafından kötü olarak değerlendirilmediğini belirtmişlerdir.

4.2.5. Örneklerin renk değerleri

Taze etin rengi tüketicinin satın alma kararını etkileyen en önemli kalite kriterlerinden biridir. Taze etin arzu edilen renginden önemli oranda oksimiyoglobin sorumludur. Uzun süre depolama ile oksimiyoglobin metmyoglobine okside olmakta ve bu durum arzu edilmeyen koyu bir et rengi oluşturmaktadır. Et rengi üzerine oksijenin bu olumlu etkisinin yanı sıra, oksijen, renk üzerine arzu edilmeyen etkilere sahip oksidasyon reaksiyonlarını da teşvik edebilmektedir (O'Grady *et al.* 1998). Etlerin pişirilmesi esnasında myoglobin globin kısmı denatüre olmakta ve hemoglobin oluşmaktadır (Lawrie 1991; Aberle *et al.* 2001; Gökalp *et al.* 2004).

4.2.5.a. L* değeri

Kontrol grubu, farklı seviyelerde kitosan içeren, çiğ ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin ham L* değerleri sonuçları Çizelge 4.19'da verilmiştir. Hammaddede 45,46 olan L* değeri, kontrol grubu köftelerde hazırlama aşaması nedeniyle artış göstermiş ve 46,80'e kadar yükselmiştir.

Çizelge 4.19. Köftelerin ham L* değerleri ve standart sapmaları

Kitosan (%)	Piştirme Sıcaklığı (°C)	Durum	L* ($\bar{x} \pm SD$)
0	150	Çiğ	46,80±3,18
		Pişmiş	34,81±4,22
	200	Çiğ	45,82±4,36
		Pişmiş	29,28±3,49
	250	Çiğ	46,22±2,47
		Pişmiş	27,47±4,09
0,25	150	Çiğ	46,70±2,00
		Pişmiş	31,97±1,85
	200	Çiğ	46,64±2,10
		Pişmiş	28,10±2,32
	250	Çiğ	46,47±2,93
		Pişmiş	26,31±2,24
0,5	150	Çiğ	45,92±4,55
		Pişmiş	32,18±1,57
	200	Çiğ	47,66±4,01
		Pişmiş	31,02±3,43
	250	Çiğ	44,48±2,05
		Pişmiş	23,92±2,47
0,75	150	Çiğ	48,76±4,68
		Pişmiş	32,12±2,68
	200	Çiğ	47,57±2,83
		Pişmiş	32,36±4,05
	250	Çiğ	46,88±3,10
		Pişmiş	22,92±1,70
1	150	Çiğ	47,26±1,50
		Pişmiş	32,27±2,36
	200	Çiğ	47,91±2,58
		Pişmiş	29,74±2,86
	250	Çiğ	47,29±3,04
		Pişmiş	25,87±4,14

SD: Standart Sapma

Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin L* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi pişirme durumu x pişirme sıcaklığı ile kitosan seviyesi ve pişirme sıcaklığı ile pişirme durumu x pişirme sıcaklığı interaksyonlarının köftelerin L* değeri üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu, buna karşın kitosan ilavesinin önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Nitekim Jo *et al.* (2001) kitosan ilavesinin (%0,2) aerobik olarak depoladıkları domuz sosislerinin L* değeri üzerine depolamanın ilk haftasında önemli bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

Çizelge 4.20. Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin L* değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
K	4	13,881	1,44
D	1	27464,762	2849,475**
S	2	527,46	54,724**
K x D	4	22,904	2,376
K x S	8	31,085	3,225**
D x S	2	326,458	33,870**
K x D x S	8	13,985	1,451
Hata	330	9,639	

Sd: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması *: $p<0,05$, **: $p<0,01$

Pişirme durumunun köftelerin L* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi köftelerin pişirilmesi L* değerinde azalmaya neden olmuştur. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (Bilek and Turhan 2009; Öz 2011). Öz (2011) pişirme işleminin köftelerin L* değeri üzerine çok önemli etkisinin olduğunu ve pişmemiş köftelerdeki 36,08 olan L* değerinin pişmiş örneklerde 35,11’e düştüğünü belirtmiştir. Bilek and Turhan (2009) pişmemiş köftelerdeki 33,86-39,51 arasında değişen L* değerinin köftelerin pişirilmesi sonucu düştüğünü ve 21,75-25,74 arasında değiştiğini belirtmiştir.

Çizelge 4.21. Pişirme durumunun köftelerin L* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Durum	n	L* ($\bar{x} \pm SD$)
Çiğ	180	46,82±3,20a
Pişmiş	180	29,36±4,46b

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

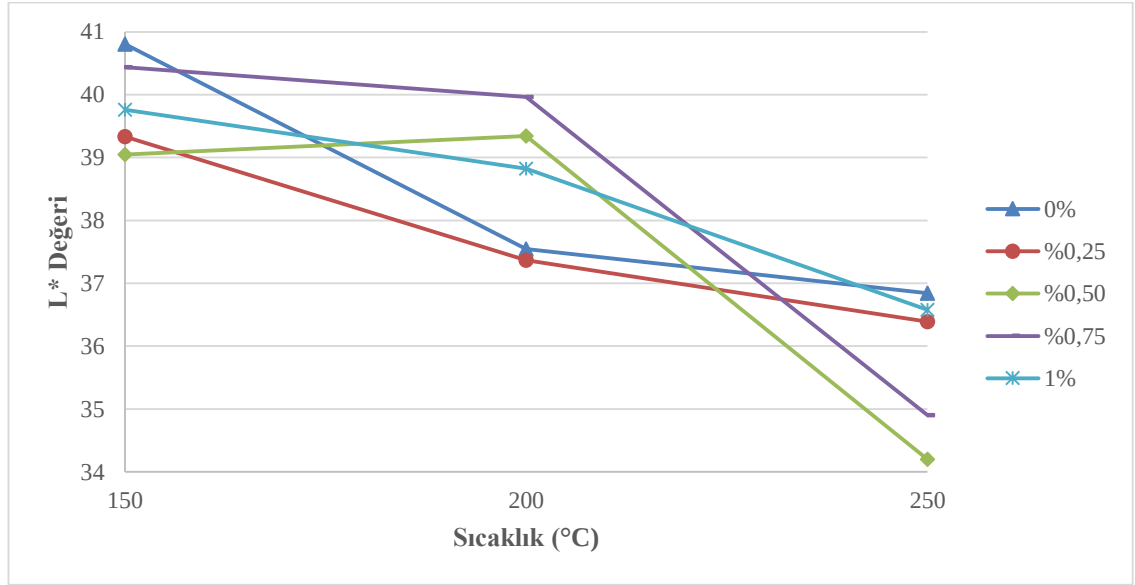
Pişirme sıcaklığının köftelerin L* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi L* değerleri sıcaklık artışına paralel olarak azalmıştır. L* değerinin yüksek olması daha açık bir et yüzey rengi anlamına gelmektedir. Öte yandan, Resurreccion (2003)’e göre daha yüksek L* değerli et ürünleri tüketiciler tarafından daha fazla tercih edilmektedir.

Çizelge 4.22. Pişirme sıcaklığının köftelerin L* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

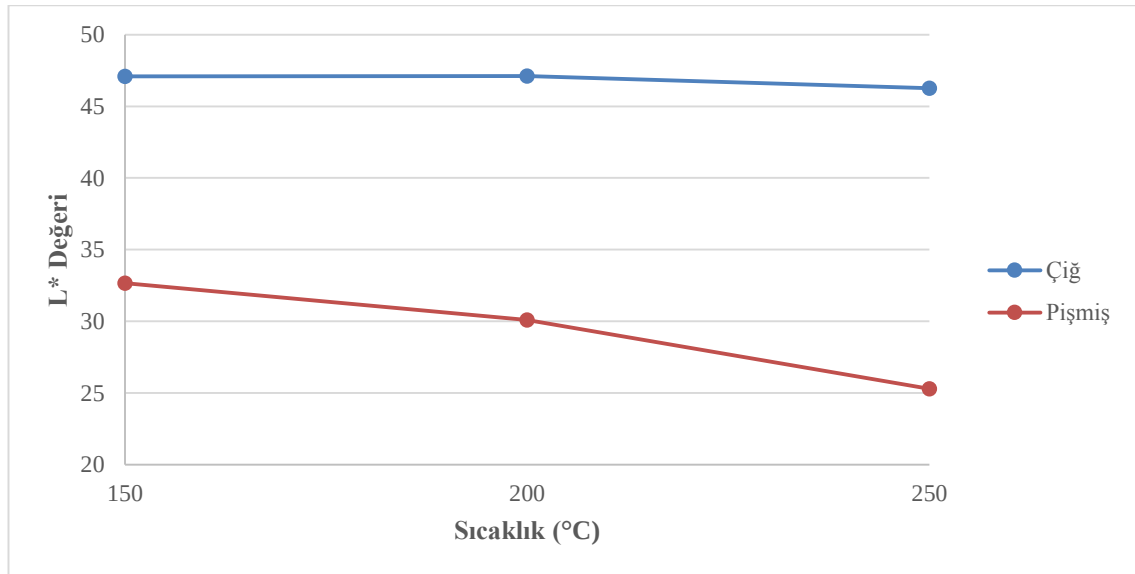
Pişirme Sıcaklığı (°C)	n	L* ($\bar{x} \pm SD$)
150	120	39,88±7,89a
200	120	38,61±9,19b
250	120	35,78±10,98c

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

Kitosan seviyesi x pişirme sıcaklığı interaksiyonunun köftelerin L* değeri üzerine olan etkisi Şekil 4.5’te, pişirme durumu x pişirme sıcaklığı interaksiyonunun L* değeri üzerine olan etkisi ise Şekil 4.6’da verilmiştir. Şekil 4.5’te görüldüğü gibi 250°C’de pişirilen %0.50 ve 0.75 kitosan içeren köftelerin L* değerleri diğer köftelere kıyasla daha düşük seviyede bulunmuştur. Diğer taraftan çiğ örneklerle kıyasla, 250°C’de pişirilen köftelerin L* değerindeki azalmanın diğer sıcaklıklardaki azalmadan daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.5. Kitosan seviyesi x pişirme sıcaklığı interaksyonunun köftelerin L* değeri üzerine olan etkisi



Şekil 4.6. Pişirme durumu x pişirme sıcaklığı interaksyonunun köftelerin L* değeri üzerine olan etkisi

4.2.5.b. a* değeri

Etin kırmızılığı tüketiciler için et ve et ürünlerini satın almada en önemli kriterlerden biridir. Çiğ ette çoğunlukla oksimiyoglobin içeriği (Renerre *et al.* 1996) ile yakından

ilişkilendirilen a^* değeri yüksekliğinin, pişmiş ette myoglobin denatrasyonuyla ters ilişkili olduğu belirtilmektedir (Roldn *et al.* 2013). Kontrol grubu, farklı seviyelerde kitosan içeren, çiğ ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin ham a^* değerleri sonuçları izelge 4.23'te verilmiştir. Hammaddede 24,34 olan a^* değeri, köfte hamuru hazırlanması neticesinde azalmış ve kontrol grubu köftelerde 15,55'e kadar dşmştir.

Çizelge 4.23. Köftelerin ham a* değerleri ve standart sapmaları

Kitosan (%)	Piştirme Sıcaklığı (°C)	Durum	a* ($\bar{x} \pm SD$)
0	150	Çiğ	15,55±2,13
		Pişmiş	9,93±1,03
	200	Çiğ	15,59±2,43
		Pişmiş	9,18±1,47
	250	Çiğ	15,72±1,52
		Pişmiş	5,16±1,99
0,25	150	Çiğ	15,77±1,63
		Pişmiş	10,58±0,63
	200	Çiğ	16,93±1,23
		Pişmiş	7,99±0,92
	250	Çiğ	15,61±1,78
		Pişmiş	3,72±3,59
0,5	150	Çiğ	16,97±1,47
		Pişmiş	9,97±0,67
	200	Çiğ	16,28±1,86
		Pişmiş	8,51±1,77
	250	Çiğ	17,51±1,45
		Pişmiş	4,55±2,72
0,75	150	Çiğ	18,34±2,88
		Pişmiş	8,93±1,22
	200	Çiğ	17,53±1,43
		Pişmiş	8,64±1,55
	250	Çiğ	17,87±2,34
		Pişmiş	4,03±2,70
1	150	Çiğ	19,06±1,32
		Pişmiş	9,48±1,08
	200	Çiğ	20,10±1,90
		Pişmiş	9,44±1,35
	250	Çiğ	18,90±1,95
		Pişmiş	4,74±3,33

SD: Standart Sapma

Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin a* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.24'te verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi kitosan seviyesi, pişirme durumu ve pişirme sıcaklığı ile kitosan seviyesi x pişirme durumu ve pişirme sıcaklığı x pişirme durumu interaksiyonlarının köftelerin a* değeri üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.24. Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin a* değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
K	4	39,97	10,872**
D	1	8164,735	2220,774**
S	2	247,061	67,199**
K x D	4	44,758	12,174**
K x S	8	4,011	1,091
D x S	2	234,442	63,767**
K x D x S	8	4,316	1,174
Hata	330	3,677	

Sd: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması *: $p<0,05$, **: $p<0,01$

Kitosan seviyesinin köftelerin a* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.25'te verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi köfte hamuru hazırlama esnasında kitosan seviyesinin artırılması köftelerin a* değerlerinde artışa neden olmuş ve %1 kitosan içeren köftelerin a* değerleri diğer köfte örneklerinin a* değerinden önemli oranda yüksek bulunmuştur. Mevcut araştırmada bulunan sonuçlara benzer olarak kitosanın kırmızı renk korunmasında ve artmasında önemli bir etkiye sahip olduğu diğer araştırmacılar tarafından da gösterilmiştir. Darmadji and Izumimoto (1994) buzdolabında 10 gün muhafaza sonrasında %0,2, 0,5 ve 1 kitosan içeren sığır kıymalarında daha yüksek a* değeri tespit etmişlerdir. Youn *et al.* (1999) 4°C'de muhafaza edilen domuz sosislerinde renk üzerine kitosanın etkisini belirledikleri çalışmalarında nitrit seviyesinde %50'lik azalmanın %0,2 kitosan içeren sosislerin rengi üzerine etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. %1 kitosan ilavesinin aerobik olarak paketlenmiş donmuş sığır eti köftelerinde (Georgantelis *et al.* 2007b) ve

vakum paketlenmiş buzdolabında muhafaza edilen domuz sosislerinde kırmızı renk stabilitesini geliştirdiğini belirtmişlerdir (Georgantelis *et al.* 2007a). Ayrıca Suman *et al.* (2010) aerobik olarak paketlenen sığır eti köftelerinin 1°C'deki muhafazasında örneklerin a^* değerinde kitosan ilavesinin olumlu etkisinden bahsetmişlerdir. Ancak araştırmacılar kitosanın bu etkisinin ambalajlama yöntemine göre değiştiğini ve yüksek oksijen içeren (%80O₂+%20CO₂) ve vakum ambalajlanmış ürünlerde kitosanın böyle bir etkiye sahip olmadığını belirtmişlerdir. Öte yandan yüksek et pH'sının myoglobin oksidasyonu ve sonuçta yüzeydeki renk problemlerini azalttığı bilinmektedir (Suman *et al.* 2010). Mevcut araştırmada da köfte hamurunda kitosan seviyesinin artması pH değerini artırmış (Çizelge 4.13) ve sonuçta örneklerin a^* değerinde de kitosan ilave seviyesine bağlı olarak artış gözlenmiştir. Kitosanın ete daha iyi bir renk verme özelliği etteki su ve yağ bağlama kapasitesi ile ilişkilendirilmiştir ve bu durum da etin daha yüksek a^* değerine sahip olmasını sağlamıştır (Soultos *et al.* 2008; Mathenjwa *et al.* 2012).

Çizelge 4.25. Kitosan seviyesinin köftelerin a^* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kitosan (%)	n	a^* ($\bar{x} \pm SD$)
0	72	11,86±4,44c
0,25	72	11,77±5,16c
0,5	72	12,30±5,23bc
0,75	72	12,56±5,99b
1	72	13,62±6,29a

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

Piştirme durumunun köftelerin a^* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi köftelerin pişirilmesi a^* değerinde azalmaya neden olmuştur. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (Bilek and Turhan 2009; Öz 2011). Öz (2011) piştirme işleminin köftelerin a^* değeri üzerine çok önemli etkisinin olduğunu ve pişmemiş köftelerdeki 13,44 olan a^* değerinin pişmiş örneklerde 8,02'ye düştüğünü

belirtmiştir. Bilek and Turhan (2009) pişmemiş köftelerdeki 8,59-11,39 arasında değişen a^* değerinin köftelerin pişirilmesi sonucu azaldığını ve 4,80-6,00 arasında değiştiğini belirtmiştir. Etlerde pişirme işlemi sonrası a^* değerindeki azalmanın pigment denatürasyonu nedeniyle olduğu belirtilmektedir (Aberle *et al.* 2001; Sánchez del Pulgar *et al.* 2012).

Çizelge 4.26. Pişirme durumunun köftelerin a^* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Durum	n	$a^* (\bar{x} \pm SD)$
Çiğ	180	17,18±2,29a
Pişmiş	180	7,66±3,03b

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

Pişirme sıcaklığının köftelerin a^* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi a^* değerleri pişirme sıcaklığındaki artışa paralel olarak azalmış ve bu azalma 250°C’de, diğer pişirme sıcaklıklarından istatistiki olarak önemli oranda düşük bulunmuştur.

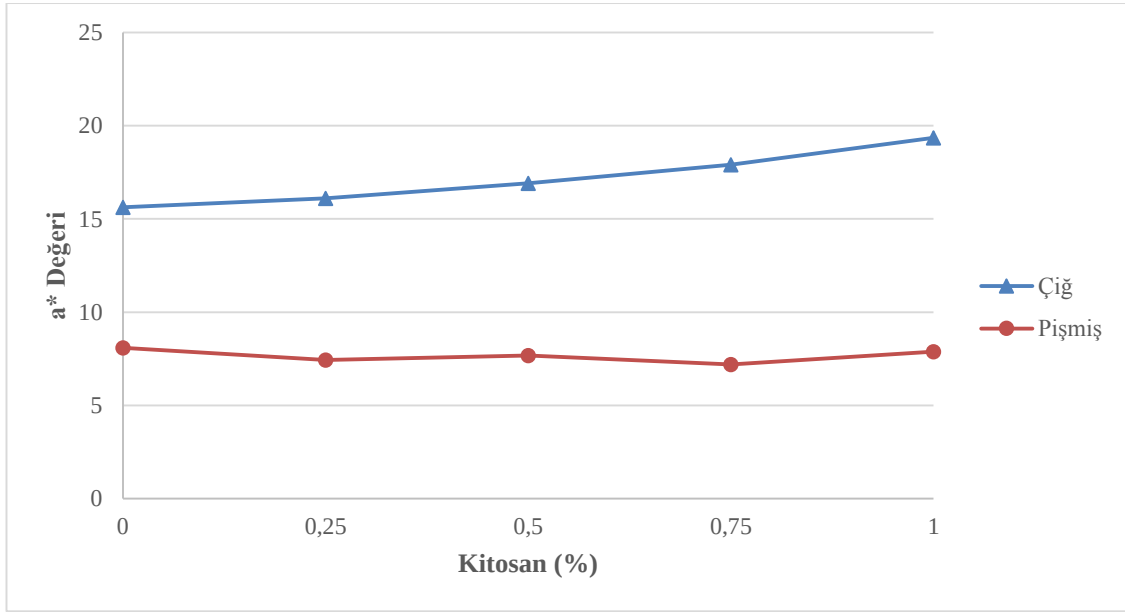
Çizelge 4.27. Pişirme sıcaklığının köftelerin a^* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Pişirme Sıcaklığı (°C)	n	$a^* (\bar{x} \pm SD)$
150	120	13,46±4,12a
200	120	13,02±4,71a
250	120	10,78±6,85b

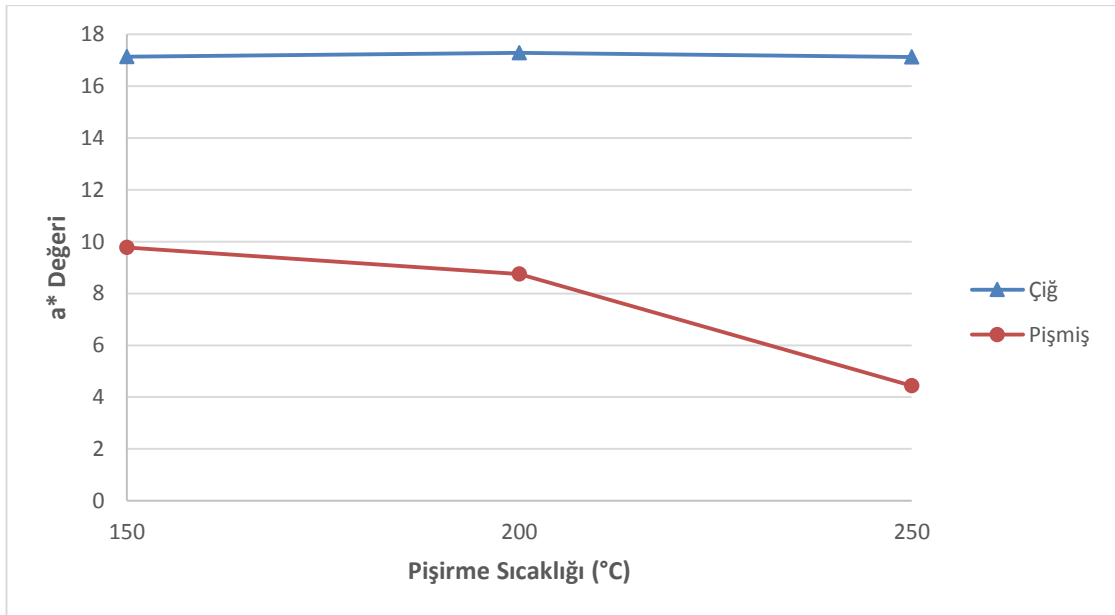
Aynı sütundaki farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ^{a-b}, SD: Standart Sapma, $\bar{x}$: Ortalama, n: Örnek sayısı

Kitosan seviyesi x pişirme durumu interaksiyonunun köftelerin a^* değeri üzerine olan etkisi Şekil 4.7’de, pişirme durumu x pişirme sıcaklığı interaksiyonunun a^* değeri üzerine olan etkisi ise Şekil 4.8’de verilmiştir. Şekillerden de görüldüğü gibi pişirme işlemi ve pişmiş örneklerde pişirme sıcaklığındaki artış ile a^* değerinin azaldığı

belirlenmiştir. Çiğ örneklerle kıyasla, 250°C’de pişirilen köftelerin a^* değerindeki azalmanın diğer sıcaklıklardaki azalmadan daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.7. Kitosan seviyesi x pişirme durumu interaksiyonunun köftelerin a^* değeri üzerine olan etkisi



Şekil 4.8. Pişirme durumu x pişirme sıcaklığı interaksiyonunun köftelerin a^* değeri üzerine olan etkisi

4.2.5.c. b* değeri

Sarı renk yoğunluğunun göstergesi olan b* değeri veya sarılık değeri literatürde hala tam olarak açıklanamayan bir değerdir. Öte yandan b* değerindeki çok küçük değişimlerin bile etin renk değişiminde çok önemli etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Insausti *et al.* 1999; Houben *et al.* 2002). Kontrol grubu, farklı seviyelerde kitosan içeren, çiğ ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin ham b* değerleri sonuçları Çizelge 4.28’de verilmiştir. Hammaddede 16,20 olan b* değeri, köfte hamuru hazırlama neticesinde artış göstermiştir.

Çizelge 4.28. Köftelerin ham b* değerleri ve standart sapmaları

Kitosan (%)	Piştirme Sıcaklığı (°C)	Durum	b*($\bar{x} \pm SD$)
0	150	Çiğ	19,69±1,42
		Pişmiş	16,97±2,65
	200	Çiğ	19,70±2,49
		Pişmiş	13,01±2,17
	250	Çiğ	19,64±1,10
		Pişmiş	8,78±3,19
0,25	150	Çiğ	19,86±1,49
		Pişmiş	15,97±1,93
	200	Çiğ	19,76±1,44
		Pişmiş	11,85±2,68
	250	Çiğ	19,60±1,72
		Pişmiş	7,93±3,68
0,5	150	Çiğ	19,42±2,87
		Pişmiş	14,95±1,36
	200	Çiğ	19,25±1,45
		Pişmiş	13,61±2,31
	250	Çiğ	18,66±0,90
		Pişmiş	8,17±3,86
0,75	150	Çiğ	21,52±1,91
		Pişmiş	14,31±2,30
	200	Çiğ	20,18±1,54
		Pişmiş	15,09±2,95
	250	Çiğ	19,31±0,64
		Pişmiş	7,25±2,74
1	150	Çiğ	20,84±1,30
		Pişmiş	15,93±2,74
	200	Çiğ	21,04±0,98
		Pişmiş	15,63±2,87
	250	Çiğ	20,20±1,77
		Pişmiş	9,04±5,08

SD: Standart Sapma

Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin b* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.29'da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi kitosan seviyesi, pişirme durumu ve pişirme sıcaklığı ile pişirme sıcaklığı x pişirme durumu interaksiyonunun köftelerin b* değeri üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.29. Kontrol ve farklı seviyelerde kitosan ilave edilerek üretilen köftelerin b* değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
K	4	22,642	3,962**
D	1	4854,825	84,58**
S	2	542,342	94,908**
K x D	4	6,466	1,132
K x S	8	8,178	1,431
D x S	2	359,562	62,922**
K x D x S	8	10,137	1,774
Hata	330	5,714	

Sd: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması *: $p<0,05$, **: $p<0,01$

Kitosan seviyesinin köftelerin b* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi köfte hamuruna %1 kitosan ilavesi köftelerin b* değerinde istatistiki olarak önemli oranda artışa neden olmuştur. Benzer sonuçlar Youn *et al.* (1999) ve Jo *et al.* (2001) tarafından da belirlenmiştir. Youn *et al.* (1999) sosis hamuruna %0,5 kitosan ilavesinin örneklerin b* değerini artırdığını belirtmiş ve bunu kitosanın doğal rengine bağlamışlardır.

Çizelge 4.30. Kitosan seviyesinin köftelerin b* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kitosan (%)	n	b* ($\bar{x} \pm SD$)
0	72	16,30±4,70b
0,25	72	15,83±5,09b
0,5	72	15,68±4,64b
0,75	72	16,28±5,27b
1	72	17,11±5,05a

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

Piştirme durumunun köftelerin b* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.31’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi köftelerin pişirilmesi b* değerinde azalmaya neden olmuştur. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (Bilek and Turhan 2009; Öz 2011). Öz (2011) piştirme işleminin köftelerin b* değeri üzerine çok önemli etkisinin olduğunu ve pişmemiş köftelerde 14,51 olan b* değerinin pişmiş örneklerde 12,31’e kadar düştüğünü belirtmiştir. Bilek and Turhan (2009) pişmemiş köftelerdeki 8,31-10,53 arasında değişen b* değerinin köftelerin pişirilmesi sonucu 6,82-7,56 arasında değiştiğini belirtmiştir.

Çizelge 4.31. Piştirme durumunun köftelerin b*değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Durum	n	b* ($\bar{x} \pm SD$)
Çiğ	180	19,91±1,73a
Pişmiş	180	12,57±4,37b

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

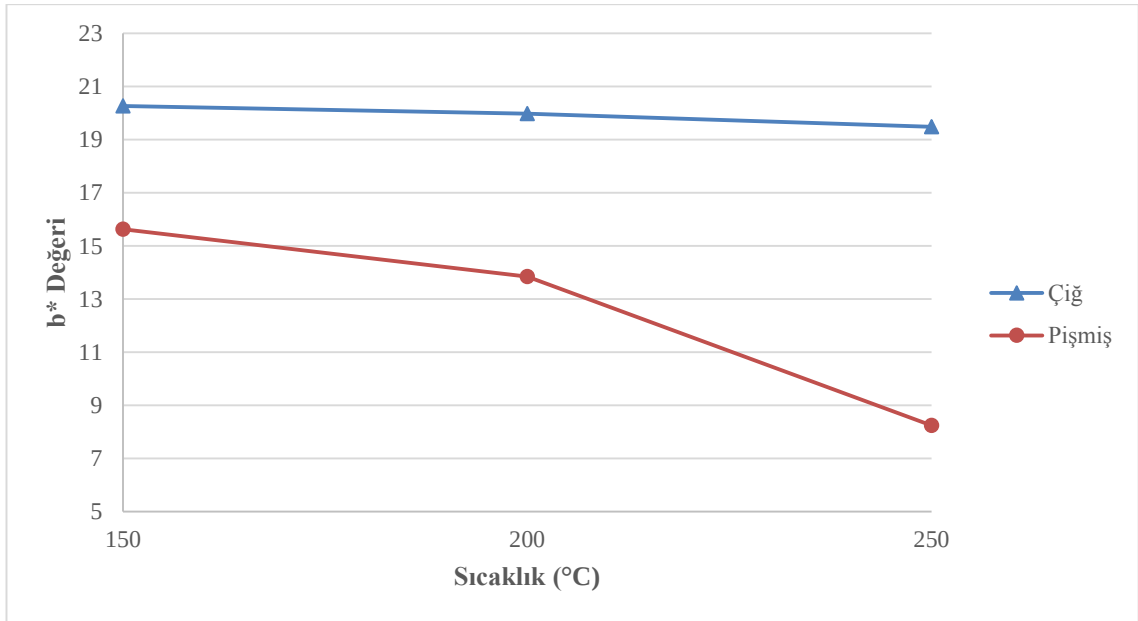
Piştirme sıcaklığının köftelerin b* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.32’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi b* değerleri piştirme sıcaklığındaki artışa paralel olarak azalmıştır.

Çizelge 4.32. Pişirme sıcaklığının köftelerin b* değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Piştirme Sıcaklığı (°C)	n	b* ($\bar{x} \pm SD$)
150	120	17,95±3,19a
200	120	16,91±3,88b
250	120	13,86±6,30c

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

Piştirme durumu x piştirme sıcaklığı interaksyonunun köftelerin b* değeri üzerine olan etkisi Şekil 4.9’da verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi piştirme işlemi ile birlikte b* değeri azalmıştır. Çiğ örneklerle kıyasla, 250°C’de piştirilen köftelerin b* değerindeki azalmanın diğer sıcaklıklardaki azalamadan daha fazla olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.9. Piştirme durumu x piştirme sıcaklığı interaksyonunun köftelerin b* değeri üzerine olan etkisi

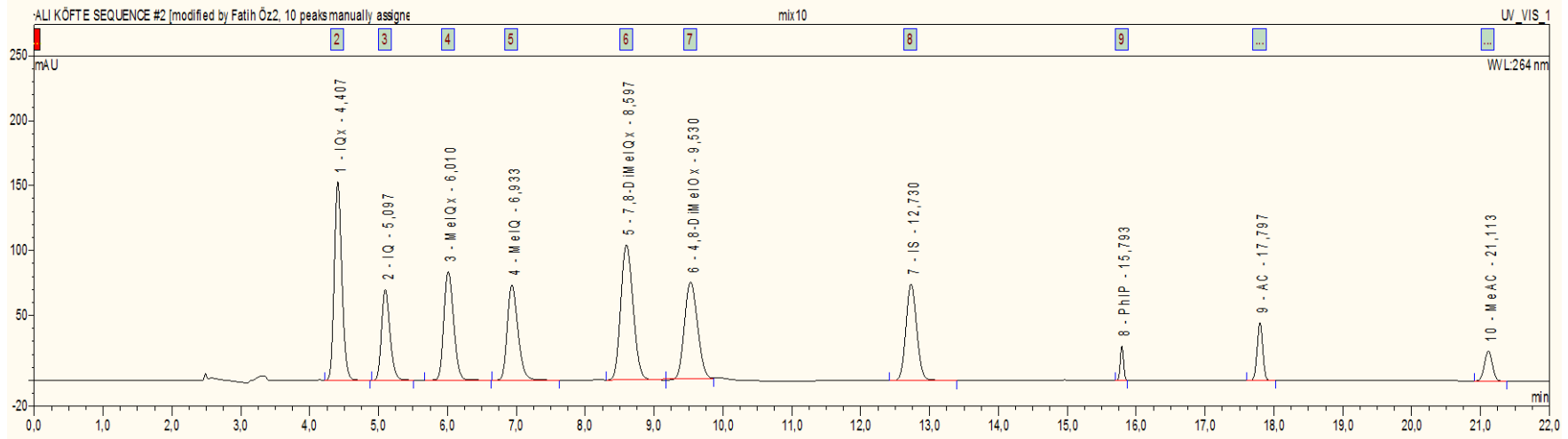
4.2.6. HAA içeriği sonuçları

4.2.6.a. Geri kazanımlar

Araştırmada HAA'ların geri kazanımlarını belirlemek için standart ilave metodu kullanılmış ve ısıtıl işlem görmemiş örneklerle ekstraksiyon öncesinde bilinen konsantrasyonlarda (10ng/g, 5ng/g, 2.5ng/g, 1ng/g, 0.5ng/g) HAA karışımı eklenmiştir. Ardından yapılan ekstraksiyon ve analiz sonrası geri kazanım miktarları belirlenmiştir. Çizelge 4.33'te mevcut araştırmada çalışılan HAA'ların geri kazanım oranları, belirli konsantrasyonlardaki HAA konsantrasyonlarından Sinyal/Gürültü (S/N) oranlarına göre hesaplanan LOD (limit of detection=3) ve LOQ (limit of quantification=10) değerleri yer almaktadır. Mevcut araştırmada HAA bileşiklerinin belirlenen geri kazanımları (%28,94-82,15) literatürdeki veriler ile uyum göstermektedir. Felton *et al.* (1994) ekstraksiyon geri kazanımlarını MeIQx, 4,8-DiMeIQx ve IQ için %26-80 olarak belirlerken, PhIP için %30-57 arasında değiştiğini belirlemiştir. 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. HAA mix stok solüsyonunun (10ng/g) HPLC kromatogramı Şekil 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.33. Analizi yapılan HAA'ların geri kazanım, 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
AaC	63,17	0,012	0,039
MeAaC	46,52	0,010	0,035



Şekil 4.10. Mix stok solüsyonunun (10ng/g) HPLC kromotogramı

4.2.6.b. HAA miktarları

Araştırmada farklı seviyelerde kitosan içeren/içermeyen ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerde belirlenen HAA miktarları Çizelge 4.34’de verilmiştir. Analizi yapılan örneklerin hiçbirinde 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx ve MeAαC bileşiği tespit edilemezken, diğer HAA’lar, kitosan seviyesi ve pişirme sıcaklığına bağlı olarak değişen miktarlarda tespit edilmiştir. Her bir bileşik aşağıda detaylı olarak tartışılmıştır.

Çizelge 4.34. Farklı seviyelerde kitosan içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerde belirlenen HAA miktarları (ng/g) ve inhibisyon yüzdeleri

Sıcaklık (°C)	Kitosan (%)	IQx	IQ	MeIQx	MeIQ	7,8-DiMeIQx	4,8-DiMeIOx	PhIP	AaC	MeAaC	Toplam HAA içeriği	İnhibisyon (%)
150	K	nd	nq	nd	nd	nd	nd	0,15	nd	nd	0,15	
	0,25	nd	nq	nd	nd	nd	nd	0,12	nd	nd	0,12	20,00
	0,5	nd	nq	nd	nd	nd	nd	0,11	nd	nd	0,11	26,67
	0,75	nd	nq	nd	nd	nd	nd	0,10	nd	nd	0,10	33,33
	1	nd	nq	nd	nd	nd	nd	0,09	nd	nd	0,09	40,00
200	K	0,02	0,05	nd	nd	nd	nd	0,17	nd	nd	0,24	
	0,25	nd	0,04	nd	nd	nd	nd	0,14	nd	nd	0,18	25,00
	0,5	nd	0,03	nd	nd	nd	nd	0,12	nd	nd	0,15	37,50
	0,75	nd	0,03	nd	nd	nd	nd	0,11	nd	nd	0,14	41,67
	1	nd	0,03	nd	nd	nd	nd	0,10	nd	nd	0,13	45,83
250	K	0,12	1,34	0,09	nq	nd	nd	2,66	0,84	nd	5,05	
	0,25	0,08	0,90	nd	nd	nd	nd	1,31	0,66	nd	2,95	41,58
	0,5	0,05	0,71	nd	nd	nd	nd	1,25	0,41	nd	2,42	52,08
	0,75	0,04	0,66	nd	nd	nd	nd	1,15	0,36	nd	2,21	56,24
	1	0,03	0,63	nd	nd	nd	nd	1,11	0,26	nd	2,03	59,80

nd: Tespit edilemedi (nd=LOD>...), nq: Miktarı belirlenemedi (nq= LOD<...<LOQ), K: Kontrol

4.2.6.c. Örneklerin IQx içerikleri

IQx bileşiği literatürde az çalışılan HAA'lerden biridir. Analizi yapılan örneklerde nd-0,12ng/g arasında IQx bileşiği belirlenmiştir. IQx bileşiği 150°C'de pişirilen örneklerin hiçbirinde belirlenemezken, 200°C'de pişirilen örneklerin sadece kitosan içermeyen kontrol grubu köftelerinde tespit edilmiş, diğer örneklerde tespit edilememiştir. Öte yandan 250°C'de pişirilen örneklerin tamamında tespit edilen IQx bileşiği, köfte hamuruna ilave edilen kitosan seviyesindeki artışa paralel olarak azalmıştır (Çizelge 4.34). Ayrıca pişirme sıcaklığındaki artışa paralel olarak örneklerin IQx içeriği de artış göstermiştir.

Literatürde az çalışılan bu bileşiği Pais *et al.* (1999) 275°C'de 30dk kızarttıkları sığır etinde, Öz *et al.* (2010b) 6dk'ya kadar mikrodalgada pişirdikleri, 200°C'lik fırında 3-12dk pişirdikleri ve 200°C'lik ısıtıcı plaka üzerinde 2-8dk pişirdikleri sığır etinde belirleyemediklerini belirtmişlerdir. Öte yandan mevcut araştırmada belirlenen IQx miktarının literatürdeki verilerle kıyaslandığında uyum içerisinde olduğu gözlenmiştir. Turesky *et al.* (2005) 20-30dk mangalda pişirdikleri sığır etinde 0,2ng/g'a kadar, 150-300°C sıcaklıkta 12-24dk tavada kızarttıkları sığır etinde 0,39ng/g'a kadar IQx bileşiği tespit etmişlerdir. Fay *et al.* (1997) ise ızgarada pişirilen sığır etinde 1,5ng/g seviyesinde IQx bileşiği belirlemişlerdir. Ayrıca Öz *et al.* (2010b) 200°C sıcaklıkta 1,5-6dk tavada kızarttıkları sığır etinde 0,61ng/g'a kadar, aynı sürelerde mangalda kızarttıkları örneklerde ise 3,65ng/g seviyesine kadar bu bileşiği belirlemişlerdir.

4.2.6.d. Örneklerin IQ içerikleri

Mevcut araştırmada farklı seviyelerde kitosan içeren ve içermeyen köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu en yaygın oluşan heterosiklik aromatik aminlerden birinin IQ bileşiği olduğu belirlenmiştir. Analizi yapılan örneklerde nq-1,34ng/g arasında IQ bileşiği olduğu belirlenmiştir. IQ bileşiği 150°C'de pişirilen örneklerin tamamında tespit edilmiş, fakat miktarı belirlenememiştir (<0,029ng/g). 200 ve 250°C'de pişirilen örneklerde IQ bileşiğinin miktarı pişirme sıcaklığındaki artışa paralel

olarak artış göstermiştir. Öte yandan her iki sıcaklık derecesinde de kitosan kullanımının kontrol grubu köftelerde belirlenen IQ miktarına kıyasla daha az IQ bileşiği oluşturduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.34).

Literatürde kızartma (Gross *et al.* 1989; Turesky *et al.* 1989; Thiebaut *et al.* 1994, 1995; Knize *et al.* 1998; Sinha *et al.* 1998; Pais *et al.* 1999; Busquets *et al.* 2004), mangalda (Johansson and Jägerstad 1994; Knize *et al.* 1998; Sinha *et al.* 1998), ızgarada (Fay *et al.* 1997; Öz *et al.* 2010b), mikrodalgada (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 mevcut araştırmada tespit edilen IQ miktarları da literatürdeki veriler ile uyum içerisindedir. Öz *et al.* (2010b) 200°C sıcaklıkta 1,5-6dk tavada kızarttıkları sığır etinde 0,68ng/g'a kadar, aynı sürelerde mangalda kızarttıkları örneklerde ise 0,78ng/g seviyesine kadar IQ bileşiği belirlemişlerdir. Barnes *et al.* (1983) 240°C'de 10dk kızarttıkları sığır etlerinde 0,53-20,1ng/g arasında, Turesky *et al.* (1988) 250°C'de 5-15dk kızartılan sığır etlerinde 0,3-1,9ng/g arasında, Felton *et al.* (1994) 200-250°C'de 12dk kızartılan sığır etlerde nd-0,1ng/g arasında, Rivera *et al.* (1996) 200-500°C'de 15dk mangalda pişirdikleri örneklerde 7ng/g'a kadar, Abdulkarim and Smith (1998) 200-240°C'de 7-12dk mangalda pişirdikleri örneklerde 4,11ng/g seviyesine kadar IQ bileşiği tespit etmişlerdir.

4.2.6.e. Örneklerin MeIQx içerikleri

Et ve et ürünlerinde HAA'lar ile ilgili yapılan çalışmalarda en sık rastlanan bileşiklerden birisi MeIQx bileşiğidir. Mevcut araştırmada ise analizi yapılan örneklerin sadece bir tanesinde (250°C'de pişirilen kontrol grubu köfte) 0,09ng/g MeIQx bileşiği belirlenmiş, diğer örneklerde ise tespit edilememiştir. Literatürde de benzer sonuçlarla karşılaşılmalıdır. Warzecha *et al.* (2004) 150-160°C sıcaklıkta 20dk tavada kızarttıkları örneklerde MeIQx bileşiğini tespit etmişler, ancak miktarını belirleyememişlerdir. Öte yandan Öz *et al.* (2010b) 200°C sıcaklıkta 3-12dk fırında pişirdikleri, 2-8dk mangalda pişirdikleri, 1,5-6dk mikrodalgada pişirdikleri sığır eti

örneklerinde, Öz and Kaya (2011a, 2011b) 175-225°C sıcaklıkta 15dk tavada kızarttıkları köfte ve pirzola örneklerinde MeIQx bileşimini tespit edemediklerini belirtmişlerdir. Buna karşın sığır eti örneklerinde MeIQx bileşimini; Turesky *et al.* (1988) 275°C sıcaklıkta 5-15dk kızartılan örneklerde 2,7-12,3ng/g arasında, Gross *et al.* (1989) 250°C sıcaklıkta 10dk kızartılan örneklerde 1,1-1,4ng/g arasında, Johansson and Jägerstad (1994) 180-190°C sıcaklıkta 12dk kızartılan örneklerde 0,03-2,8ng/g arasında, Felton *et al.* (1994) 200-250°C sıcaklıkta 12dk kızartılan örneklerde nd-5,1ng/g arasında, Knize *et al.* (1994) 150-230°C sıcaklıkta 4-20dk kızartılan örneklerde nd-7,3ng/g arasında, Sinha *et al.* (1994) 250°C sıcaklıkta 22dk kızartılan örneklerde 9ng/g'a kadar, Thiebaud *et al.* (1994) 277°C sıcaklıkta 12dk kızartılan örneklerde 16,4ng/g'a kadar, Johansson *et al.* (1995) 165-200°C sıcaklıkta 8dk kızartılan örneklerde 0,2-1,6ng/g arasında, Shin *et al.* (2003) 225°C sıcaklıkta 22dk kızartılan örneklerde 5,5-5,7ng/g arasında, Busquets *et al.* (2004) 175-200°C sıcaklıkta 11,2dk kızartılan örneklerde 0,7ng/g seviyesine kadar tespit etmişlerdir.

4.2.6.f. Örneklerin MeIQ içerikleri

Mevcut araştırmada analizi yapılan örneklerden sadece 250°C'de pişirilen kontrol grubu köfte örneklerinde MeIQ bileşiği tespit edilmiş, ancak miktarı belirlenememiştir (<0,047ng/g). Diğer örneklerde ise bu bileşik tespit edilememiştir. Literatürde de benzer sonuçlar mevcuttur. Sığır etlerinin kızartılması (Felton *et al.* 1994; Knize *et al.* 1998; Sinha *et al.* 1998; 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) ise ızgara yapılan sığır etlerinde MeIQ bileşimini tespit etmiş fakat miktarı belirlenememiştir. Öte yandan Abdulkarim and Smith (1998) tavada 170°C sıcaklıkta 16dk kızartılan örneklerde 0,3-0,6ng/g arasında, Balogh *et al.* (2000) tavada 175-225°C sıcaklıkta 12-20dk kızartılan örneklerde 0,1-3,5ng/g arasında, Klassen *et al.* (2002) tavada 160-220°C sıcaklıkta 14dk kızartılan örneklerde nd-0,1ng/g arasında, Öz and Kaya (2011b) tavada 175-225°C sıcaklıkta 15dk kızartılan örneklerde nd-1,34ng/g arasında, Rivera *et al.* (1996) 200-

250°C sıcaklıkta 15dk pişirilen örneklerde 8ng/g'a kadar, Öz *et al.* (2010b) mangalda 1,5-6dk pişirilen örneklerde nd-0,31ng/g arasında MeIQ bileşiği tespit etmişlerdir.

4.2.6.g. Örneklerin 7,8-DiMeIQx içerikleri

Literatürde az çalışılan diğer bir HAA ise 7,8-DiMeIQx bileşiğidir. Mevcut araştırmada analizi yapılan örneklerin hiçbirinde bu bileşiğe rastlanılmamıştır (<0,005ng/g). Sığır eti örneklerinin 180-210°C'lik sıcaklıkta 4dk ızgarada pişirilmesi (Busquets *et al.* 2004; Wong *et al.* 2005), mikrodalgada 1,5-6dk pişirilmesi (Öz *et al.* 2010b), 200°C'de 2-8dk ısıtıcı plaka üzerinde ve fırında pişirilmesi (Öz *et al.* 2010b) sonucu 7,8-DiMeIQx bileşiğinin tespit edilemediği belirtilmiştir. Öte yandan Turesky *et al.* (1988) tavada 275°C sıcaklıkta 5-15dk kızartılan örneklerde nd-0,7ng/g arasında, Fay *et al.* (1997) ızgara yapılan örneklerde 0,2ng/g, Klassen *et al.* (2002) tavada 160-220°C sıcaklıkta 14dk kızartılan örneklerde 0,1-1,75ng/g arasında, Busquets *et al.* (2004) tavada 175-200°C sıcaklıkta 14dk kızartılan örneklerde 0,04ng/g ve Öz *et al.* (2010b) mangalda 1,5-6dk pişirdikleri örneklerde 0,28ng/g 7,8-DiMeIQx bileşiği tespit ettiklerini belirtmişlerdir.

4.2.6.h. Örneklerin 4,8-DiMeIQx içerikleri

Literatürde 4,8-DiMeIQx bileşiği en çok araştırılan bileşiklerden biridir. Mevcut araştırmada analizi yapılan örneklerin hiçbirinde bu bileşiğe rastlanılmamıştır. Nitekim Gross *et al.* (1989) tavada, Knize *et al.* (1997) ızgarada, Sinha *et al.* (1998) tavada, mangalda ve fırında pişirdikleri sığır eti örneklerinde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin tespit edilemediğini belirtmişlerdir. Ayrıca Öz *et al.* (2010b) tarafından da yapılan çalışmada, fırında 200°C sıcaklıkta 3-12dk pişirdikleri sığır etinde, aynı sıcaklıkta 2-8dk ızgara yaptıkları sığır etinde ve aynı sıcaklıkta 1,5-6dk kızarttıkları sığır eti örneklerinde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin tespit edilemediğini belirtmişlerdir. Öte yandan Turesky *et al.* (1988) tavada 275°C sıcaklıkta 5-15dk kızartılan sığır etinde nd-3,9ng/g arasında, Gross (1990) tavada 190°C sıcaklıkta 6-13dk kızartılan sığır etinde 1,3-2ng/g arasında, Murray *et al.* (1993) ızgarada 225°C sıcaklıkta 12dk kızartılan sığır etinde 0,1ng/g'a

kadar, Knize *et al.* (1995) mangalda pişirilen sığır etinde 2,7ng/g'a kadar, Britt *et al.* (1998) 170°C sıcaklıkta 16dk kızartılan sığır etinde 0,5-2,7ng/g arasında, Turesky *et al.* (2005) 230-300°C sıcaklıkta mangalda 20dk pişirilen sığır etinde 0,12-0,43ng/g arasında 4,8-DiMeIQx bileşiği tespit etmişlerdir.

4.2.6.i. Örneklerin PhIP içerikleri

Mevcut araştırmada farklı seviyelerde kitosan içeren köfte örneklerinin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu en yaygın oluşan HAA'lerden birinin de PhIP bileşiği olduğu ve analizi yapılan örneklerde 0,09-2,66ng/g arasında PhIP bileşiği olduğu belirlenmiştir. Literatürde de PhIP bileşiğinin ısı işlem uygulanmış etlerde en yaygın 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 PhIP bileşiğinin miktarının pişirme sıcaklığındaki artışa paralel olarak arttığı ve köfte hamuruna kitosan ilavesinin tüm pişirme sıcaklıklarında bu bileşiğin oluşumunu azalttığı belirlenmiştir.

Gross (1990) tavada 190°C sıcaklıkta 6-13dk kızartılan örneklerde 23,5-48ng/g arasında, Wakabayashi *et al.* (1993) tavada 190°C sıcaklıkta 6-13dk kızartılan örneklerde 0,56ng/g'a kadar, Felton *et al.* (1994) tavada 200-250°C sıcaklıkta 6-13dk kızartılan örneklerde 0,7-13,3ng/g arasında, Murkovic *et al.* (1998) tavada 180°C sıcaklıkta 20dk kızartılan örneklerde 5,28ng/g'a kadar, Sinha *et al.* (1998) tavada 180-191°C sıcaklıkta 6-20dk kızartılan örneklerde nd-2,3ng/g arasında, Klassen *et al.* (2002) tavada 160-220°C sıcaklıkta 14dk kızartılan örneklerde 0,2-1,1ng/g arasında PhIP bileşiği tespit edildiğini belirtmişlerdir. Öte yandan literatürde PhIP bileşiğinin tespit edilemediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur (Johansson and Jägerstad 1994; Knize *et al.* 1995; Sinha *et al.* 1998). Öz *et al.* (2010b) fırında 200°C sıcaklıkta 3-12dk pişirdikleri sığır etinde, aynı sıcaklıkta 2-8dk ızgara yaptıkları sığır etinde ve aynı sıcaklıkta 1,5-6dk kızarttıkları sığır eti örneklerinde PhIP bileşiğinin tespit edilemediğini belirtmişlerdir.

4.2.6.j. Örneklerin AαC içerikleri

AαC bileşiği de literatürde az çalışılan diğer bir HAA bileşiklerindendir. Mevcut araştırmada analizi yapılan örneklerde nd-0,84ng/g arasında belirlenmiştir. 150 ve 200°C’de pişirilen örneklerin hiçbirinde bu bileşik belirlenemezken, 250°C’de pişirilen örneklerin tamamında bu bileşik belirlenmiştir. Ayrıca köfte hamurunda kitosan kullanım seviyesindeki artışın bu bileşiğin oluşum seviyesini azalttığı tespit edilmiştir.

Öz *et al.* (2010b) fırında 200°C sıcaklıkta 3-12dk pişirdikleri, aynı sıcaklıkta 2-8dk ızgara yaptıkları ve aynı sıcaklıkta 1,5-6dk tavada kızarttıkları sığır etlerinde AαC bileşiğinin tespit edilemediğini belirtmişlerdir. Buna karşın Busquets *et al.* (2004) tavada 175-200°C sıcaklıkta 11,2dk kızartılan sığır eti örneklerinde 0,04ng/g, Turesky *et al.* (2005) tavada 150-300°C sıcaklıkta 12-24dk kızartılan örneklerde 0,03-3,32ng/g arasında, mangalda 230-300°C sıcaklıkta 20dk pişirdikleri örneklerde 2,8-7,75ng/g arasında, Toribio *et al.* (2007) ızgarada 180-210°C sıcaklıkta 4dk pişirdikleri sığır etinde 0,33ng/g’a kadar AαC bileşiğinin tespit edildiğini belirtmişlerdir.

4.2.6.k. Örneklerin MeAαC içerikleri

MeAαC bileşiği de literatürde az çalışılan HAA’lardan birisidir. Mevcut araştırmada farklı seviyelerde kitosan içeren ve farklı sıcaklık derecelerinde pişirilen örneklerin hiçbirinde MeAαC bileşiği tespit edilememiştir. 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 sıcaklıkta 4dk pişirdikleri sığır etinde ve tavada 175-200°C sıcaklıkta 11,2dk kızartıkları sığır eti örneklerinde sırasıyla 0,4ng/g ve 0,1ng/g’a kadar MeAαC bileşiğini tespit ettiklerini belirtmişlerdir. Öte yandan Turesky *et al.* (2005) tavada 150-300°C sıcaklıkta 12-24dk pişirdikleri sığır etinde 0,03-0,14ng/g arasında, mangalda 130-300°C sıcaklıkta 20dk pişirdikleri sığır etinde ise 0,09-0,29ng/g arasında MeAαC bileşiğinin tespit edildiğini belirtmişlerdir.

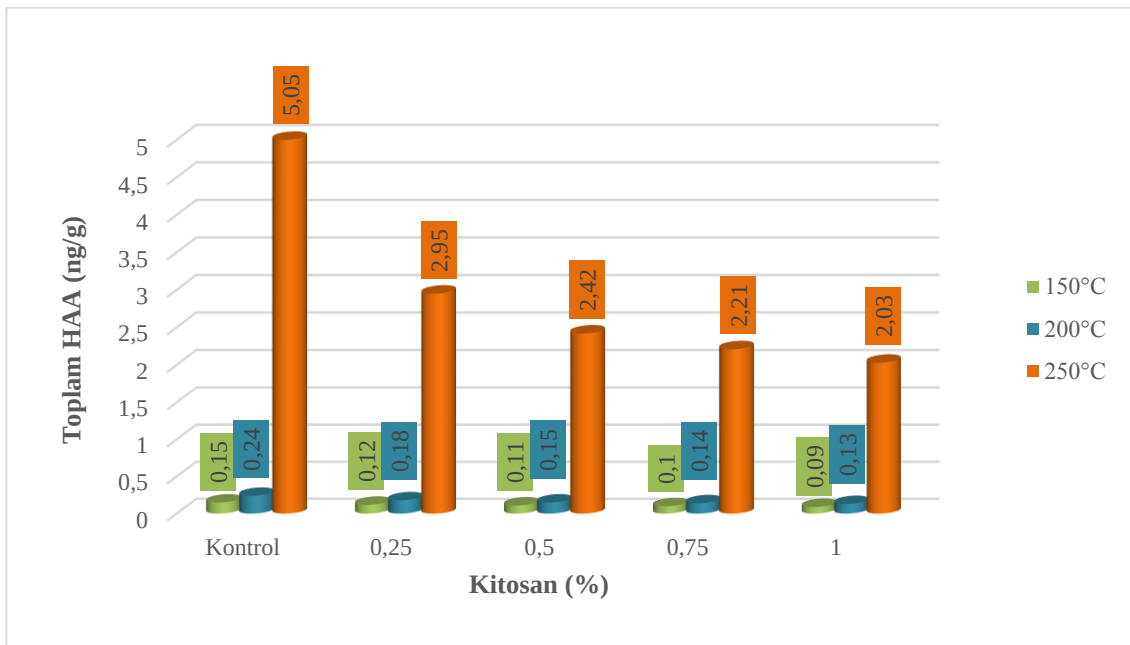
4.2.6.1. Örneklerin toplam HAA içerikleri

Mevcut araştırmada analizi yapılan HAA'ların örneklerdeki toplam miktarının 0,09-5,05ng/g arasında değiştiği belirlenmiştir. Hem kontrol grubu hem de farklı seviyelerde kitosan içeren köftelerin toplam HAA miktarının pişirme sıcaklığının artışına paralel olarak artış gösterdiği ve kitosan kullanımının tüm pişirme sıcaklık derecelerinde toplam HAA miktarında azalmaya (%20,00-59,80) neden olduğu belirlenmiştir.

Mevcut araştırmada elde edilen sonuçları, literatürdeki araştırmaların toplam HAA içeriği ile karşılaştırmak oldukça zordur, çünkü mevcut araştırma, kitosan ilave edilerek pişirilen köftelerde HAA'ların araştırıldığı literatürdeki ilk çalışmadır. Ayrıca 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; Öz and Kaya 2011a). Diğer pişirme yöntemleri ile kıyaslanacak olursa; mevcut araştırmada 9 farklı bileşik çalışılmış olmasına rağmen, toplam HAA içeriğinin literatürdeki verilerden oldukça düşük olduğu söylenebilir (Çizelge 4.34).

Farklı seviyelerde kitosan içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen ve örneklerin toplam HAA miktarları Şekil 4.11'de verilmiştir. Kontrol grubu köftelerin 150°C'de pişirilmesi sonucu 0,15ng/g olan toplam HAA miktarının 200°C'de pişirilen köftelerde 0,24ng/g, 250°C'de pişirilen köftelerde ise 5,05ng/g'a kadar yükseldiği belirlenmiştir. Pişirme sıcaklığının 150°C'den 200°C'ye çıkartılması toplam HAA miktarını 1,6 kat, 200°C'den 250°C'ye çıkartılması 21 kat ve 150°C'den 250°C'ye çıkartılması ise 33,7 kat artırmıştır. %0,25 kitosan ilave edilen köftelerin 150°C'de pişirilmesi sonucu 0,12ng/g olan toplam HAA miktarının 200°C'de pişirilen köftelerde 0,18ng/g, 250°C'de pişirilen köftelerde ise 2,95ng/g'a kadar yükseldiği belirlenmiştir. Pişirme sıcaklığının 150°C'den 200°C'ye çıkartılması toplam HAA miktarını 1,5 kat, 200°C'den 250°C'ye çıkartılması 16,4 kat ve 150°C'den 250°C'ye çıkartılması ise 24,6 kat artırmıştır. %0,50 kitosan ilave edilen köftelerin 150°C'de pişirilmesi sonucu 0,11ng/g olan toplam HAA miktarının 200°C'de pişirilen köftelerde 0,15ng/g, 250°C'de pişirilen köftelerde ise

2,42ng/g'a kadar yükseldiği belirlenmiştir. Pişirme sıcaklığının 150°C'den 200°C'ye çıkartılması toplam HAA miktarını 1,4 kat, 200°C'den 250°C'ye çıkartılması 16,1 kat ve 150°C'den 250°C'ye çıkartılması ise 22 kat artırmıştır. %0,75 kitosan ilave edilen köftelerin 150°C'de pişirilmesi sonucu 0,10ng/g olan toplam HAA miktarının 200°C'de pişirilen köftelerde 0,14ng/g, 250°C'de pişirilen köftelerde ise 2,21ng/g'a kadar yükseldiği belirlenmiştir. Pişirme sıcaklığının 150°C'den 200°C'ye çıkartılması toplam HAA miktarını 1,4 kat, 200°C'den 250°C'ye çıkartılması 15,8 kat ve 150°C'den 250°C'ye çıkartılması ise 22,1 kat artırmıştır. %1 kitosan ilave edilen köftelerin 150°C'de pişirilmesi sonucu 0,09ng/g olan toplam HAA miktarının 200°C'de pişirilen köftelerde 0,13ng/g, 250°C'de pişirilen köftelerde ise 2,03ng/g'a kadar yükseldiği belirlenmiştir. Pişirme sıcaklığının 150°C'den 200°C'ye çıkartılması toplam HAA miktarını 1,44 kat, 200°C'den 250°C'ye çıkartılması 15,6 kat ve 150°C'den 250°C'ye çıkartılması ise 22,6 kat artırmıştır. Nitekim literatürde 200°C ve üzerindeki sıcaklıklarda uygulanan kızartma işleminin HAA oluşumunu artırdığı belirtilmektedir (Skog and Solyakov 2002; Skog and Alexander 2006).

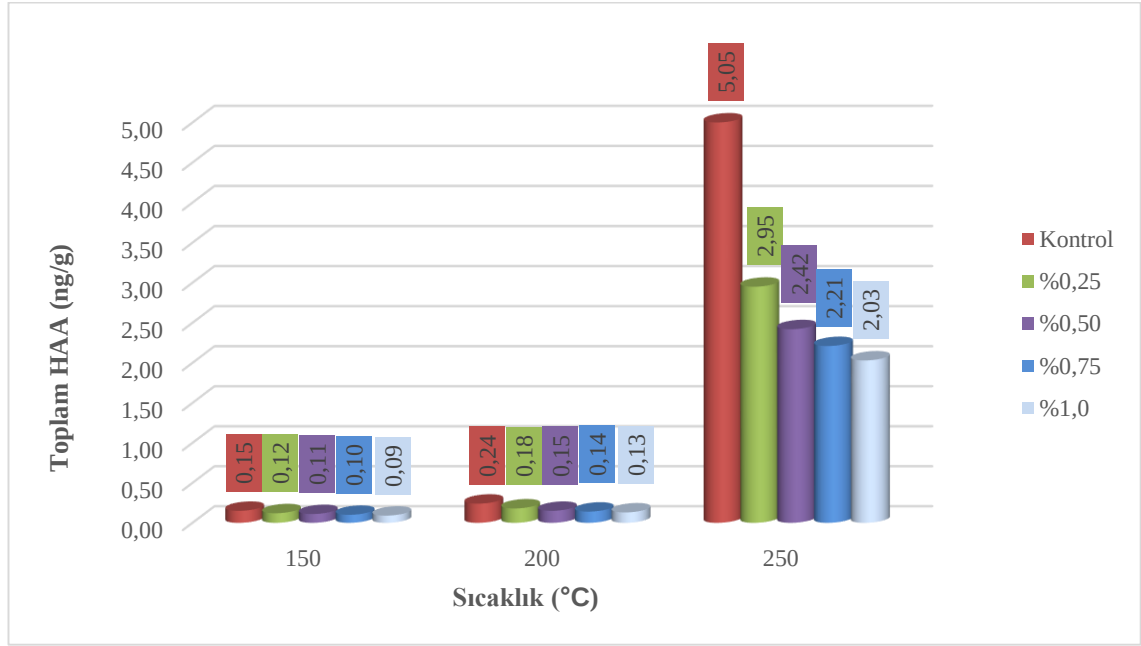


Şekil 4.11. Farklı seviyelerde kitosan içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen ve örneklerin toplam HAA miktarları (ng/g)

150°C’de pişirilen köftelerden kontrol grubu köftelerin toplam HAA içeriği 0,15ng/g iken köfte hamuruna kitosan ilavesi ile toplam HAA miktarında azalma tespit edilmiştir. Bu azalma kitosan ilave miktarındaki artışa paralel olarak artmıştır. %0,25 kitosan katkılı köftelerde toplam HAA miktarında kontrol grubu köftelere kıyasla %20 oranında inhibisyon sağlanırken %0,5 kitosan içeren köftelerde %26,67, %0,75 kitosan içeren köftelerde %33,33 ve %1 kitosan içeren köftelerde ise %40 inhibisyon sağlanmıştır (Şekil 4.12).

200°C’de pişirilen köftelerden kontrol grubu köftelerin toplam HAA içeriği 0,24ng/g iken köfte hamuruna kitosan ilavesi ile toplam HAA miktarında azalma tespit edilmiştir. Bu azalma kitosan ilave miktarındaki artışa paralel olarak artmıştır. %0,25 kitosan katkılı köftelerde toplam HAA miktarında kontrol grubu köftelere kıyasla %25 oranında inhibisyon sağlanırken %0,5 kitosan içeren köftelerde %37,50, %0,75 kitosan içeren köftelerde %41,67 ve %1 kitosan içeren köftelerde ise %45,83 inhibisyon sağlanmıştır (Şekil 4.12).

250°C’de pişirilen köftelerden kontrol grubu köftelerin toplam HAA içeriği 5,05ng/g iken köfte hamuruna kitosan ilavesi ile toplam HAA miktarında azalma tespit edilmiştir. Bu azalma kitosan ilave miktarındaki artışa paralel olarak artmıştır. %0,25 kitosan katkılı köftelerde toplam HAA miktarında kontrol grubu köftelere kıyasla %41,58 oranında inhibisyon sağlanırken %0,5 kitosan içeren köftelerde %52,08, %0,75 kitosan içeren köftelerde %56,24 ve %1 kitosan içeren köftelerde ise %59,80 inhibisyon sağlanmıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Kontrol grubu ve farklı seviyelerde kitosan içeren köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu toplam HAA miktarları

Pişirme yönteminin HAA oluşumunu etkileyen önemli bir faktör olduğu belirtilmektedir (Sinha *et al.* 1998; Busquets *et al.* 2004; Öz *et al.* 2007; Toribio *et al.* 2007; Öz 2010; Öz *et al.* 2010b). Etlerde farklı pişirme yöntemlerinin HAA oluşumu üzerine etkilerinin incelendiği araştırmalarda farklı sonuçlar tespit edilmiştir. Tavada kızartılmış ve ızgara-mangal pişirme yöntemleri uygulanmış etlerdeki HAA oluşumunun fırında rostolanmış, derin yağda kızartılmış veya mikrodalgada pişirilmiş etlerdeki HAA miktarından daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Sinha *et al.* 1998).

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 60-1820ng (Chiu *et al.* 1998; Nowell *et al.* 2002; Butler *et al.* 2003), kişi başı maksimum alım düzeyinin ise 5000ng 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 edilebilen günlük tüketim miktarının kişi başı 0-15µg/gün arasında

olduğunu belirtmektedir. Mevcut araştırmada toplam HAA içeriğinin en yüksek olduğu 250°C’de pişirilen kontrol grubu köftelerden 100g yenmesi durumunda bile alım miktarının 1µg’ın altında olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Köfte hamuruna kitosan ilavesinin ve farklı pişirme sıcaklıklarının köftelerin çeşitli kalite kriterleri ve pişirme esnasında oluşabilen heterosiklik aromatik amin oluşumu üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde belirtilmektedir;

1. Araştırmada hammadde olarak kullanılan kıyma haline getirilen sığır but etlerinin su içeriklerinin %72,29, ham yağ içeriğinin %4, ham protein içeriğinin %17,84, pH değerinin 5,55, TBARS değerinin 0,41mg/kg olduğu belirlenmiştir.
2. Köfte örneklerinin pişirilmesi su içeriklerinde istatistiki olarak önemli derecede azalmaya, pH ve TBARS değerinde ise önemli derecede artışa neden olmuştur.
3. Köfte hamurunda kitosan seviyesinin artması pH ve TBARS değerinde istatistiki olarak önemli artışa neden olmuştur.
4. Köfte hamuruna kitosan ilavesi pişirme kaybında kontrol gruplarına göre önemli derecede azalmaya neden olmuştur.
5. Köftelerin pişirilmesi L*, a* ve b* değerlerinde önemli derecede azalmaya neden olmuştur.
6. İlave edilen kitosan seviyesinin köftelerin su içeriği, pH değeri, TBARS değeri, a* değeri ve b* değeri üzerine istatistiki olarak çok önemli, pişirme kaybı üzerine önemli etkisi olduğu tespit edilirken L* değeri üzerine istatistiki olarak önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

7. Pişirme durumunun köftelerin su içeriği, pH değeri, TBARS değeri, L* değeri, a* değeri ve b* değeri üzerine istatistiki olarak çok önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir.
8. Pişirme sıcaklığının köftelerin su içeriği, pişirme kaybı, L* değeri, a* değeri ve b* değeri üzerine istatistiki olarak çok önemli etkisinin olduğu tespit edilirken, pH değeri ve TBARS değeri üzerine istatistiki olarak önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.
9. Kitosan ve pişirme sıcaklığı interaksiyonunun köftelerin L* değeri üzerine istatistiki olarak çok önemli etkisinin olduğu tespit edilirken, su içeriği, pişirme kaybı, pH değeri, TBARS değeri, a* değeri ve b* değeri üzerine istatistiki olarak önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.
10. Kitosan ve pişirme durumu interaksiyonunun köftelerin su içeriği, pH değeri, TBARS değeri ve a* değeri üzerine istatistiki olarak çok önemli etkisinin olduğu tespit edilirken, L* değeri ve b* değeri üzerine istatistiki olarak önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.
11. Pişirme sıcaklığı ve pişirme durumu interaksiyonunun köftelerin su içeriği, L* değeri, a* değeri ve b* değeri üzerine istatistiki olarak çok önemli etkisinin olduğu tespit edilirken, pH değeri ve TBARS değeri üzerine istatistiki olarak önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.
12. Kitosan seviyesi ve pişirme sıcaklığı ve pişirme durumu interaksiyonunun köftelerin su içeriği, pişirme kaybı, pH değeri, TBARS değeri, L* değeri, a* değeri ve b* değeri üzerine istatistiki olarak önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.
13. Mevcut araştırmada HAA'ların geri kazanım miktarlarının %28,94-82,15 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

14. Analizi yapılan örneklerde 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx ve MeAαC tespit edilememiştir. Öte yandan örneklerde değişen miktarlarda IQx (0,12ng/g'a kadar), IQ (1,34ng/g'a kadar), MeIQx (0,09 ng/g'a kadar), MeIQ (<0,047ng/g'a kadar), PhIP (2,66ng/g'a kadar), AαC (0,84ng/g'a kadar) belirlenmiştir.
15. Mevcut araştırmada toplam HAA miktarı 0,09-5,05ng/g arasında değişmiştir.
16. Hem kontrol grubu hem de farklı seviyelerde kitosan içeren köftelerin toplam HAA miktarı pişirme sıcaklığındaki artışa paralel olarak artmıştır.
17. Köfte hamurunda kitosan kullanımı tüm sıcaklık derecelerinde toplam HAA miktarında %20,00-59,80 arasında azalmaya neden olmuştur.

KAYNAKLAR

- Abdulkarim, B.G. and Smith, J.S., 1998. Heterocyclic amines in fresh and processed meat products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46 (11), 4680-4687.
- Aberle, E.D., Forrest, J.C., Gerrard, D.E., Mills, E.W., Hedrick, H.B., Judge, M.D. and Merkel, R.A., 2001. *Structure and Composition of Animal Tissues. Principles of Meat Science*. Kendall/Hunt Publishing, 9-45 pp, USA.
- Agulló, E., Rodríguez, M.S., Ramos, V. and Albertengo, L., 2003. Present and future role of chitin and chitosan in food. *Macromolecular Bioscience*, 3 (10), 521-530.
- 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., 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.
- Apple, J.K., Machete, J.B., Stackhouse, R.J., Johnson, T.M., Keys, C.A. and Yancey, J.W.S., 2014. Color stability and tenderness variations within the gluteus medius from beef top sirloin butts. *Meat Science*, 96 (1), 56-64.
- 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.
- Baouche, N.M., Elchinger, P.H., Baynast, H., Pierre, G., Delattre, C. and Michaud, P., 2014. Chitosan as an adhesive. *European Polymer Journal*, 60, 198-212.
- 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.
- Barrington, P.J., Baker, R.S.U., Truswell, A.S., Bonin, A.M., Ryan, A.J. and Paulin, A.P., 1990. Mutagenicity of basic fractions derived from lamb and beef cooked by common household methods. *Food and Chemical Toxicology*, 28 (3), 141-146.
- 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, E. and Turhan, S., 2009. Enhancement of the nutritional status of beef patties by adding flaxseed flour. *Meat Science*, 82 (4), 472-477.
- Borderías, A.J., Sanchez-Alonso, I. and Perez-Mateos, M., 2005. New applications of fibres in foods: Addition to fishery products. *Trends in Food Science and Technology*, 16 (10), 458-465.
- 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. and 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.
- Cárdenes, L., Ayala, J.H., Afonso, A.M. and González, V., 2004. Solid-phase microextraction coupled with high-performance liquid chromatography for the analysis of heterocyclic aromatic amines. *Journal of Chromatography A*, 1030 (1-2), 87-93.
- Chen, B.H., Lee, K.H. and Tai, C.Y., 2000. Formation of heterocyclic amines in fried fish fiber during processing and storage. *Journal of Food Protection*, 63 (10), 1415-1420.
- 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.
- Cho, H.R., Chang, D.S., Lee, W.D., Jeong, E.T. and Lee, E.W., 1998. Utilization of chitosan hydrolysate as a natural food preservative for fish meat paste products. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 30, 817-822.
- Chun, K.H., Kim, B.Y. and Hahm, Y.T., 1999. Extension of tofu shelf-life with water soluble degraded chitosan as a coagulant. *Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition*, 28 (1), 161-166.
- Çelik, T., 2013. Farklı Pişirme Yöntemlerinin Kaz Etinde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu ve Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikler Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Darmadji, P. and Izumimoto, M., 1994. Effect of chitosan in meat preservation. *Meat Science*, 38 (2), 243-254.
- Demir, A. ve Seventekin, N., 2009. Kitin, kitosan ve genel kullanım alanları. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3 (2), 92-103.
- 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.
- 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., Jägerstad, M., Knize, M.G., Skog, K. and Wakabayashi, K., 2000. Contents in Foods, Beverages and Tobacco. John Wiley and Sons Ltd, 373 p, Chichester, UK.
- Felton, J.S., 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.
- 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.
- Formanek, Z., Kerry, J.P., Buckley, D.J., Morrissey, P.A. and Farkas, J., 1998. Effects of dietary vitamin E supplementation and packaging on the quality of minced beef. *Meat Science*, 50 (2), 203-210.
- Gençcelep, H., 2008. Et proteinlerinin fonksiyonel özellikleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2, 9-18.
- Georgantelis, D., Ambrosiadis, I., Katikou, P., Blekas, G. and Georgakis, S.A., 2007a. Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4°C. *Meat Science*, 76 (1), 172-181.
- Georgantelis, D., Blekas, G., Katikou, P., Ambrosiadis, I. and Dimitrios, J.F., 2007b. Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on lipid oxidation and color stability during frozen storage of beef burgers. *Meat Science*, 75 (2), 266-274.
- 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*. France, 32-83.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y. ve Zorba, Ö., 2010. Et ve Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 318, Erzurum.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M. ve Zorba, Ö., 2004. Et Ürünleri İşleme Mühendisliği. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 786, Erzurum.
- Greene, B.E. and Cumuze, T.H., 1981. Relationship between TBA numbers and inexperienced 'panelists' assessments of oxidized flavor in cooked beef. *Journal of Food Science*, 47 (1), 52-54.
- Gross, G.A., 1990. Simple methods for quantifying mutagenic heterocyclic aromatic amines in food products. *Carcinogenesis*, 11 (9), 1597-1603.
- Gross, G.A. and Grüter, A., 1992. Quantitation of mutagenic/carcinogenic heterocyclic aromatic amines in food products. *Journal of Chromatography*, 592 (1-2), 271-278.
- Gross, G.A., Philippossian, 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.
- Helander, I.M., Nurmiaho-Lassila, E.L., Ahvenainen, R., Rhoades, J., and Roller, S., 2001. Chitosan disrupts the barrier properties of the outer membrane of Gram-negative bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 71 (2-3), 235-244.
- 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.
- Higgs, J.D., 2000. The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality. *Trends in Food Science and Technology*, 11 (3), 85-95.
- Holtz, E., Skjöldebrand, C., Jägerstad, M., Laser Reuterswärd, A. and Isberg, P-E., 1985. Effect of recipes on crust formation and mutagenicity in meat products during baking. *Journal of Food Technology*, 20 (1), 57-66.
- Houben, J., Van Dijk, A. and Eikelenboom, G., 2002. Dietary vitamin E supplementation, an ascorbic acid preparation, and packaging effects on colour

- stability and lipid oxidation in mince made from previously frozen lean beef. *European Food Research and Technology*, 214 (3), 186-191.
- 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), 908-915.
- Insausti, K., Beriain, M.J., Purroy, A., Alberti, P., Lizaso, L. and Hernandez, B., 1999. Colour stability of beef from different Spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere. *Meat Science*, 53 (4), 241-249.
- International Agency for Research on Cancer (IARC)., 1993. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some Natural Occurring Substances: Food Items and Constituents. Vol. 56., Heterocyclic amines and mycotoxins, Lyon: International Agency for Research on Cancer, 163-242.
- 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 (1), 61-69.
- Jägerstad, M., Laser-Reuterswärd, A., Olsson, R., Grivas, S., Nyhammar, T., Olsson, K. and Dahlqvist, A., 1983. Creatin(in)e and Maillard reaction products as precursors of mutagenic compounds: Effects of various amino acids. *Food Chemistry*, 12 (4), 255-264.
- Jägerstad, M., Skog, K., Arvidsson, P. and Solyakov, A., 1998. Chemistry, formation and occurrence of genotoxic heterocyclic amines identified in model systems and cooked foods. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 207 (6), 419-427.
- Jayakumar, R., Nwe, N., Tokura, S. and Tamura H., 2007. Sulfated chitin and chitosan as novel biomaterials. *International Journal of Biological Macromolecules*, 40 (3), 175-181.
- Jimenez-Colmenero, F., Carballo, J. and Cofrades, S., 2001. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Science*, 59 (1), 5-13.
- Jo, C., Lee, J.W., Lee, K.H. and Byun, M.W., 2001. Quality properties of pork sausage prepared with water-soluble chitosan oligomer. *Meat Science*, 59 (4), 369-375.
- Joerger, R.D., Sabesan, S., Visioli, D., Urian, D. and Joerger, M.C., 2009. Antimicrobial activity of chitosan attached to ethylene copolymer films. *Packaging Technology and Science*, 22 (3), 125-138.
- Johansson, M.A., Fredholm, L., Bjerne, I. and Jägerstad, 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. and Jägerstad, 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.
- Joo, S.T., Kim, G.D., Hwang, Y.H. and Ryu, Y.C., 2013. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Science*, 95 (4), 828-836.
- 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.

- Kamil, J.Y.V.A., Jeon, Y.J. and Shahidi, F., 2002. Antioxidative activity of chitosans of different viscosity in cooked comminuted flesh of herring (*Clupea harengus*). *Journal of Food Chemistry*, 79 (1), 69-77.
- Kanatt, S.R., Chander, R. and Sharma, A., 2004. Effect of irradiated chitosan on the rancidity of radiation-processed lamb meat. *International Journal of Food Science and Technology*, 39 (9) 997-1003.
- Kanatt, S.R., Chander, R. and Sharma, A., 2008. Chitosan and mint mixture: A new preservative for meat and meat products. *Food Chemistry*, 107 (2), 845-852.
- 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.
- 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.
- Knasmüller, S., Steinkellner, H., Hirschl, A.M., Rabot, S., Nobis, E.C. and Kassie, F., 2001. Impact of bacteria in dairy products and of the intestinal microflora on the genotoxic and carcinogenic effects of heterocyclic aromatic amines. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 480-481, 129-138.
- Knize, M.G., Andresen, B.D., Healy, S.K., Shen, N.H., Lewis, P.R., Bjeldanes, L.F., Hatch, F.T. and Felton, J.S., 1985. Effects of temperature, patty thickness and fat content on the production of mutagens in fried ground beef. *Food and Chemical Toxicology*, 23 (12), 1035-1040.
- 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., 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, 153-162.
- 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), 179-185.
- 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., 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), 545-551.
- Knorr, D., 1983. Dye binding properties of chitin and chitosan. *Journal of Food Science*, 48 (1), 36-37.

- Kondjoyan, A., Kohler, A., Realini, C.E., Portanguen, S., Kowalski, R., Clerjon, S., Gatellier, P., Chevolleau, S., Bonny, J.M. and Debrauwer, L., 2014. Towards models for the prediction of beef meat quality during cooking. *Meat Science*, 97 (3), 323-331.
- Kumar, M.N.V.R., 2000. A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and Functional Polymers*, 46 (1), 1-27.
- Kurt, Ş. ve Zorba, Ö., 2005. Kitin (chitin), kitosan (chitosan) ve türevlerinin gıdalarda kullanım olanakları. *Gıda*, 30 (6), 371-378.
- Laser-Reuterswärd, A., Skog, K. and Jägerstad, M., 1987a. Effects of creatine and creatinine content on the mutagenic activity of meat extracts, bouillons and gravies from different sources. *Food and Chemical Toxicology*, 25 (10), 747-754.
- Laser-Reuterswärd, A., Skog, K. and Jägerstad, M., 1987b. Mutagenicity of pan-fried bovine tissues in relation to their content of creatine, creatinine, monosaccharides and free amino acids. *Food and Chemical Toxicology*, 25 (10), 755-762.
- Lawrie, R.A., 1991. *Meat Science*. 5th ed., Pergamon Press, Oxford.
- 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.
- 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.
- Li, K., Hwang, Y., Tsai, T. and Chi, S., 1996. Chelation of iron ion and antioxidative effect on cooked salted ground pork by N-carboxymethylchitosan (NCMC). *Food Science Taiwan*, 23, 608-616.
- Li, X., Babol, J., Wallby, A. and 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 (2), 229-234.
- Li, X., Shi, X., Wang, M. and Du, Y., 2011. Xylan chitosan conjugate - A potential food preservative. *Food Chemistry*, 126 (2), 520-525.
- Liao, G.Z., Wang, G.Y., Xu, X.L. and Zhou, G.H., 2010. Effect of cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and duck breast. *Meat Science*, 85 (1), 149-154.
- Lin, K.W. and Chao, J.Y., 2001. Quality characteristics of reduced-fat Chinese-style sausage as related to chitosan's molecular weight. *Meat Science*, 59 (4), 343-351.
- Lopez-Caballero, M.E., Gomez-Guillen, M.C., Perez-Mateos, M. and Montero, P., 2005. A chitosan-gelatin blend as a coating for fish patties. *Food Hydrocolloids*, 19 (2) 303-311.
- Mathenjwa, S.A., Hugo, C.J., Bothma, C. and Hugo, A., 2012. Effect of alternative preservatives on the microbial quality, lipid stability and sensory evaluation of boerewors. *Meat Science*, 19 (2), 165-172.
- Mathur, N.K. and Narang, C.K., 1990. Chitin and chitosan, versatile polysaccharides from marine animals. *Journal of Chemical Education*, 67 (11), 938-942.

- Maurya, D.K. and Devasagayam, T.P.A., 2010. Antioxidant and prooxidant nature of hydroxycinnamic acid derivatives ferulic and caffeic acids. *Food Chemistry and 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, Graz, Austria.
- 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, Graz, Austria.
- 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.
- Milic, B.L., Djilas, S.M. and Čanadanović-Brunet, J.M., 1993. Synthesis of some heterocyclic amino-imidazoarenes. *Food Chemistry*, 46 (3), 273-276.
- 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.
- No, H.K., Meyers, S.P., Prinyawiwatkul, W. and Xu Z., 2007. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A review. *Journal of Food Science*, 72 (5), R87-100.
- No, H.K., Park, N.Y., Lee, S.H. and Meyers, S.P., 2002. Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weights. *International Journal of Food Microbiology*, 74 (1-2), 65-72.
- 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, 175-185.
- 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'Grady, M.N., Monahan, F.J., Bailey, J., Allen, P., Buckley, J. and Keane, M.G., 1998. Colour-stabilising effect of muscle vitamin E in minced beef stored in high oxygen packs. *Meat Science*, 50 (1), 73-80.

- Öz, F., 2010. The effect of different thawing methods on heterocyclic aromatic amine contents of beef chops cooked by different methods. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9 (17), 2327-2332.
- Öz, F., 2011. Quantitation of heterocyclic aromatic amines in ready to eat meatballs by ultra fast liquid chromatography. *Food Chemistry*, 126 (4), 2010-2016.
- Öz, F., 2014. Effects of water extract of *Urtica dioica* L. on the quality of meatballs. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38 (3), 1356-1363.
- Öz, F., Çakmak, I.H., Zikirov, E., Kızıl, M. and Turhan, S., 2015. Heterocyclic aromatic amine contents of kavurma commercially cooked in steam and copper cauldron. *Journal of Food Processing and Preservation*, basımda.
- 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., 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 (10), 1436-1440.
- 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. and Kızıl, M., 2013. Determination of heterocyclic amines in cooked commercial frozen meat products by ultra fast liquid chromatography. *Food Analytical Methods*, 6 (5), 1370-1378.
- 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.
- 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.
- Pereira, P.M. and Vicente, A.F., 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science*, 93 (3), 586-592.
- Pillai, C.K.S., Paul, W. and Sharma, C.P., 2009. Chitin and chitosan polymers: Chemistry, solubility and fiber formation. *Progress in Polymer Science*, 34 (7), 641-678.
- Prashanth, K.V.H. and Tharanathan, R.N., 2007. Chitin/chitosan: Modifications and their unlimited application potential. *Trends in Food Science and Technology*, 18 (3), 117-131.
- 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.
- Puignou, L., Casal, J., Santos, F.J. and Galceran, M.T., 1997. Determination of heterocyclic aromatic amines by capillary zone electrophoresis in a meat extract. *Journal of Chromatography A*, 769 (2), 293-299.
- Rao, M.S., Chander R. and Sharma, A., 2005. Development of shelf-stable intermediate-moisture meat products using active edible chitosan coating and irradiation. *Journal of Food Science*, 70 (7), 325-331.
- 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.
- 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.
- Renner, M., Dumont, F. and Gatellier, P., 1996. Antioxidant enzyme activities in beef in relation to oxidation of lipid and myoglobin. *Meat Science*, 43 (2), 111-121.
- Resurreccion, A.V.A., 2003. Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. *Meat Science*, 66 (1), 11-20.
- Rinaudo, M., 2006. Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in Polymer Science*, 31 (7), 603-632.
- 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.
- Robbana-Barnat, S., Rabache, M., Rialland, E. and Fradin, J., 1996. Heterocyclic amines: Occurrence and prevention in cooked food. *Environmental Health Perspectives*, 104 (3), 280-288.
- 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. and 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.
- Roldán, M., Antequera, T., Martín, A., Mayoral, A.I. and Ruiz, J., 2013. Effect of different temperature-time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins. *Meat Science*, 93 (3), 572-578.
- Roller, S., Sagoo, S., Board, R., O'Mahony, T., Caplice, E. and Fitzgerald, G., 2002. Novel combinations of chitosan, carnocin and sulphite for the preservation of chilled pork sausages. *Meat Science*, 62 (2), 165-177.
- Rungsardthong, V., Wongvuttanakul, N., Kongpien, N. and Chotiwaranon, P., 2006. Application of fungal chitosan for clarification of apple juice. *Process Biochemistry*, 41 (3), 589-593.
- Sagoo, S., Board, R. and Roller, S., 2002. Chitosan inhibits growth of spoilage micro-organisms in chilled pork products. *Food Microbiology*, 19 (2-3), 175-182.
- Sánchez del Pulgar, J., Gázquez, A. and Ruiz-Carrascal, J., 2012. Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as

- affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *Meat Science*, 90 (3), 828-835.
- Sayas-Barberá, E., Quesada, J., Sánchez-Zapata, E., Viuda-Martos, M., Fernández-López, F., Pérez-Alvarez, J.A. and Sendra, E., 2011. Effect of the molecular weight and concentration of chitosan in pork model burgers. *Meat Science*, 88 (4), 740-749.
- Serdaroğlu, M., 2006. Improving low fat meatball characteristics by adding whey powder. *Meat Science*, 72 (1), 155-163.
- Serdaroğlu, M. ve Değirmencioğlu, Ö., 2002. Etin önemli bir kalite özelliği: Lezzet. *Gıda*, 27 (4), 297-303.
- Serdaroğlu, M. and Değirmencioğlu, Ö., 2004. Effects of fat level (5,10,20%) and corn flour (0,2,4%) on some properties of Turkish type meatballs (Koefteler). *Meat Science*, 68 (2), 291-296.
- 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.
- Shahidi, F., Arachchi, J.K.V. and Jeon Y.J., 1999. Food applications of chitin and chitosans. *Trends in Food Science and Technology*, 10 (2), 37-51.
- 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.
- Sinha, R., Rothman, N., Brown, E.D., Mark, S.D., Hoover, R.N., Caporaso, N.E., Levander, O.A., Knize, M.G., Lang, N.P. and Kadlubar, F.F., 1994. Pan-fried meat containing high levels of heterocyclic aromatic amines but low levels of polycyclic aromatic hydrocarbons induces cytochrome P4501A2 activity in humans. *Cancer Research*, 54 (23), 6154-6159.
- 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 Chemical Toxicology*, 36 (4), 279-287.
- Skog, K., 2002. Problems associated with the determination of heterocyclic amines in cooked foods and human exposure. *Food Chemical Toxicology*, 40 (8), 1197-1203.
- Skog, K. and Alexander, J., 2006. *Acrylamide and Other Hazardous Compounds in Heat-Treated Foods*, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK.
- Skog, K., Johansson, M.A.E. and Jägerstad, M., 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. and Solyakov, A., 2002. Heterocyclic amines in poultry products: A literature review. *Food and Chemical Toxicology*, 40 (8), 1213-1221.
- Skog, K., Solyakov, A. and Jägerstad, M., 2000. Effects of heating conditions and additives on the formation of heterocyclic amines with reference to amino-carbolines in a meat juice model system. *Food Chemistry*, 68 (3), 299-308.
- Solyakov, A. and Skog, K., 2002. Screening for heterocyclic amines in chicken cooked in various ways. *Food and Chemical Toxicology*, 40 (8), 1205-1211.

- Soultos, N., Tzikas, Z., Abraham, A., Georgantelis, D. and Ambrosiadis, I., 2008. Chitosan effects on quality properties of Greek style fresh pork sausages. *Meat Science*, 80 (4), 1150-1156.
- Sugimura, T., 1995. History, Present and Future of Heterocyclic Amines, Cooked Food Mutagens. *Heterocyclic Amines in Cooked Foods: Possible Human Carcinogens*, Ed. Adamson, R.H. Princeton Scientific Publishing, Princeton, New Jersey, 214-231.
- Sugimura, T., 1997. Overview of carcinogenic heterocyclic amines. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 376 (1-2), 211-219.
- Sugimura, T. and Adamson, R.H., 2000. Introduction, Baffins Lane. John Wiley and Sons Ltd, 373 p, Chichester, West Sussex, UK.
- Suman, S.P., Mancini, R.A., Joseph, P., Ramanathan, R., Konda, M.K.R., Dady, G., Yin, S., 2010. Packaging-specific influence of chitosan on color stability and lipid oxidation in refrigerated ground beef. *Meat Science* 86 (4), 994-998.
- Suman, S.P., Mancini, R.A., Joseph, P., Ramanathan, R., Konda, M.K.R., Dady, G. and Yin, S., 2011. Chitosan inhibits premature browning in ground beef. *Meat Science*, 88 (3), 512-516.
- 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.
- 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.
- Toribio, F., Moyano, E., Puignou, L. and Galceran, M.T., 2002. Ion-trap tandem mass spectrometry for the determination of heterocyclic amines in food. *Journal of Chromatography A*, 948 (1-2), 267-281.
- Tsai, S.J., Jenq, S.N. and Lee, H., 1996. Naturally occurring diallyl disulfide inhibits the formation of carcinogenic heterocyclic aromatic amines in boiled pork juice. *Mutagenesis*, 11 (3), 235-240.
- 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.
- 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.
- 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. *Environmental Health Perspectives*, 99, 129-134.
- 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.
- Wong, K.Y., Su, J., Knize, M.G., Koh, W.P. and Seow, A., 2005. Dietary exposure to heterocyclic amines in a chinese population. *Nutrition and Cancer*, 52 (2), 147-155.
- Xue, C., Yu, G., Hirata, T., Terao, J. and Lin, H., 1998. Antioxidative activities of several marine polysaccharides evaluated in a phosphatidylcholine-liposomal suspension and organic solvents. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 62 (2), 206-209.
- 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.
- Youn, S.K., Park, S.M., Kim, Y.J. and Ahn, D.H., 1999. Effect on storage property and quality in meat sausage by added chitosan. *Journal of Chitin and Chitosan*, 4 (4), 189-195.
- Yoshino, M. and Murakami, K., 1998. Interaction of iron with polyphenolic compounds: Application to antioxidant characterization. *Analytical Biochemistry*, 250 (1), 40-44.
- Zikirov, E., 2014. Sous-vide pişirme yönteminin sığır etinde heterosiklik aromatik amin oluşumu ve bazı kalitatif kriterler üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ali ZAMAN

Doğum Tarihi : 12.01.1986

Doğum Yeri : Üsküdar

Eğitim :

Lisans 2006-2010 : Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum

Yüksek Lisans 2011- : Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum

Yayınları :

Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitaplarında Basılan Yayınlar

Zaman, A., Çakmak, İ.H., Öz, F., (2012). Gıda Sanayinde Kitosan Kullanımı. 3. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu – Mayıs 2012.

Çakmak, İ.H., **Zaman, A.**, Öz, F., (2012). Gıda Sanayinde Ohmik Isıtma. 3. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu – Mayıs 2012.

Çelik, T., **Zaman, A.**, Çakmak, İ.H., Kotan, G., Zikirov, E., Öz, F., (2012). Kanatlı Etlerin Pişirilmesi Esnasında Oluşan Heterosiklik Aromatik Aminler. İşlenmiş Kanatlı Eti Ürünleri Çalıştayı – Aralık 2012.

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitaplarında Basılan Yayınlar

Zaman, A., Öz, F., (2013). Erzurum's Traditional Meal: Cag Kebab. The 2nd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus - Ekim 2013.