

**SOUS-VİDE PİŞİRME YÖNTEMİNİN SIĞIR
ETİNDE HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN
OLUŞUMU VE BAZI KALİTATİF KRİTERLER
ÜZERİNE ETKİSİ**

Eldos ZIKIROV

Yüksek Lisans Tezi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç. Dr. Fatih ÖZ

2014

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SOUS-VIDE PİŞİRME YÖNTEMİNİN SIĞIR ETİNDE
HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU VE BAZI
KALİTATİF KRİTERLER ÜZERİNE ETKİSİ**

Eldos ZIKIROV

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2014**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**SOUS-VİDE PİŞİRME YÖNTEMİNİN SIĞIR ETİNDE HETEROSİKLİK
AROMATİK AMİN OLUŞUMU VE BAZI KALİTATİF KRİTERLER ÜZERİNE
ETKİSİ**

Doç. Dr. Fatih ÖZ danışmanlığında, Eldos ZIKIROV tarafından hazırlanan bu çalışma 30/06/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi tezi olarak **oybirliği/oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

İmza

:

Üye : Doç. Dr. Memiş ÖZDEMİR

İmza

:

Üye : Doç. Dr. Fatih ÖZ

İmza

:

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 03.07.2014 tarih ve 27.838 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU
Enstitü Müdürü

Bu çalışma BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: 2013/379

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

SOUS-VIDE PİŞİRME YÖNTEMİNİN SIĞIR ETİNDE HETEROSİKLIK AROMATİK AMİN OLUŞUMU VE BAZI KALİTATİF KRİTERLER ÜZERİNE ETKİSİ

Eldos ZIKIROV

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fatih ÖZ

Araştırmada sous-vide pişirme yönteminin sığır pirzola etlerinin bazı kalite kriterleri ile heterosiklik aromatik amin (HAA) oluşumu üzerine etkileri incelenmiş ve iki farklı pişirme yöntemi ile mukayese edilmiştir. Araştırmada kullanılan sığır pirzolarında kimyasal kompozisyonun yanı sıra pH, renk ve TBARS analizleri yapılırken, farklı yöntemlerle pişirilen örneklerde ise su, pH, renk ve TBARS analizleri ile HAA analizleri yapılmıştır. Ayrıca örneklerin pişirme kaybı da belirlenmiştir. HAA analizleri ise katı faz ekstraksiyon yöntemine göre yalnızca pişirilmiş örneklerde gerçekleştirilmiştir.

Araştırma sonucunda, pişirme işlemi neticesinde örneklerde su miktarının azaldığı, pH değerinin ise arttığı tespit edilmiştir. Örneklerde %34,41-53,05 arasında değişen oranlarda pişirme kaybı görülmüştür. Çiğ örneklerde 0,477mg/kg olarak tespit edilen TBARS değeri, pişmiş örneklerde 0,250-3,006mg/kg arasında değişiklik göstermiştir. Renk değerleri açısından pişirme işlemi çiğ örneklere kıyasla örneklerin a* ve C değerlerinde azalmaya, b* ve H değerlerini ise artışa neden olmuştur. Sous-vide yöntemi ve haşlama, L* değerini artırırken, tavada kızartma L* değerini düşürmüştür. Farklı yöntemlerle pişirilen örneklerin hiçbirinde MeAαC bileşiği tespit edilemezken, örneklerin değişen miktarlarda IQx (0,156ng/g'a kadar), IQ (0,072ng/g'a kadar), MeIQx (0,081ng/g>), MeIQ (0,068ng/g'a kadar), 7,8-DiMeIQx (0,074ng/g'a kadar), 4,8-DiMeIQx (0,044ng/g'a kadar), PhIP (0,535ng/g'a kadar) ve AαC (0,097ng/g'a kadar) içerdiği tespit edilmiştir. Pişirilen örneklerin toplam HAA içeriği pişirme yöntemi, sıcaklığı ve süresine bağlı olarak 0,032-0,940ng/g arasında değişiklik göstermiştir. En düşük toplam HAA içeriği haşlanmış örneklerde tespit edilirken, en yüksek toplam HAA içeriği ise tavada 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde tespit edilmiştir.

2014, 88 sayfa

Anahtar Kelimeler: Sous-Vide, Haşlama, Tavada Kızartma, Pişirme, TBARS, Renk, Heterosiklik Aromatik Amin

ABSTRACT

MS Thesis

THE EFFECTS OF SOUS-VIDE COOKING METHOD ON THE FORMATION OF HETEROCYCLIC AROMATIC AMINES AND SOME QUALITATIVE CRITERIA IN BEEF

Eldos ZIKIROV

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

Supervisor Assoc. Prof. Fatih ÖZ

In the present study, the effects of sous-vide cooking method on some quality criterias and the formation of heterocyclic aromatic amines (HCAs) of beef chops were investigated and compared with two different cooking methods. Not only the chemical composition analyses but also pH, color and TBARS analyses carried out in raw beef chops, while water, pH, color and TBARS analyses were determined in samples cooked with different methods. In addition, cooking loss was determined. HCAs analyses were carried out only in cooked samples according to solid phase extraction method.

In the present study, it was determined that the water content of samples decreased with cooking process, while pH increased. The cooking losses of samples were ranged from 34,41 to 53,05%. TBARS value that is 0,477mg/kg in the raw samples was ranged from 0,250 to 3,006 mg/kg in cooked samples. In terms of color values, cooking process caused a decrease in a* and C values, while it caused an increase in b* and H values. L* values of the samples cooked with sous-vide cooking and boiling increased, whereas those of the samples cooked with pan-frying decreased. While MeAαC was not detected in any of the samples cooked in different methods, varying amounts of IQx (up to 0,156ng/g), IQ (up to 0,072ng/g), MeIQx (0,081ng/g>), MeIQ (up to 0,068ng/g), 7,8-DiMeIQx (up to 0,074ng/g), 4,8-DiMeIQx (up to 0,044ng/g), PhIP (up to 0,535ng/g) and AαC (up to 0,097ng/g) were detected in the samples. The total HCA content of the samples was ranged between 0,032 and 0,940ng/g depending on cooking conditions such as method, temperature and time. The lowest total HCA content was belong to boiled samples, while the highest total HCA content was determined in samples cooked with pan-frying to an internal temperature of 95°C.

2014, 88 pages

Keywords: Sous-Vide, Boiling, Pan-Frying, Cooking, TBARS, Color, Heterocyclic Aromatic Amine

TEŞEKKÜR

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

Araştırmanın yürütülmesinde yardımlarını gördüğüm değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Mükerrrem KAYA'ya, Sayın Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI'ya, Sayın Prof. Dr. M. İrfan AKSU'ya, Sayın Doç. Dr. Memiş ÖZDEMİR'e, Sayın Dr. Sadrettin YÜKSEL'e teşekkür ederim. Ayrıca ekip arkadaşlarım Ali ZAMAN'a, İsa Han ÇAKMAK'a, Mehran MASOUMİ OZAN'a, Suleyman ÖNAL'a, Gül KOTAN'a, Mustafa Onur YÜZER'e, Esra SEYYAR'a, Hatice ERTEM'e, Arş. Gör. Ebru ERDEMİR'e ve Arş. Gör. Emel ÖZ'e teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca ve çalışmalarım süresince sabır göstererek beni daima destekleyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunar ve tezimi rahmetli babama armağan etmekten gurur duyarım.

Yüksek Lisans eğitimim için beni destekleyen Türkiye Bursları'na teşekkür ederim.

Ayrıca tezimin yürütülmesinde, desteklerinden dolayı Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Destekleme Birimi'ne (2013/379), Gıda Mühendisliği Bölümü ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Eldos ZIKIROV

Haziran, 2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	11
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	16
3.1. Materyal.....	16
3.1.1. Hammadde.....	16
3.2. Yöntem	19
3.2.1 Etlerin pişirilmesi	19
3.2.2. Su içeriğinin belirlenmesi.....	23
3.2.3. Ham protein içeriğinin belirlenmesi.....	23
3.2.4. Ham yağ içeriğinin belirlenmesi	23
3.2.5. pH değerinin belirlenmesi	23
3.2.6. Renk analizi	23
3.2.7. Tiyoarbitürik asit reaktif maddelerin (TBARS) belirlenmesi	24
3.2.8. Pişirme kaybının belirlenmesi	25
3.2.9. HAA miktarının belirlenmesi	25
3.2.9.a. HAA'ların ekstraksiyonu.....	25
3.2.9.b. HPLC analizi	26
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	28
4.1. Hammaddenin Bazı Kimyasal ve Fizikokimyasal Özellikleri	28
4.2. Su İçeriği Sonuçları	28
4.3. Pişirme Kaybı Sonuçları.....	33
4.4. pH Değerleri Sonuçları.....	38
4.5. Renk Değerleri Sonuçları	42

4.6. TBARS Değeri Sonuçları.....	51
4.7. HAA İçeriği Sonuçları.....	57
4.7.1. Geri kazanımlar	57
4.7.2. HAA miktarları.....	59
4.7.3. Örneklerin IQx içerikleri	61
4.7.4. Örneklerin IQ içerikleri	61
4.7.5. Örneklerin MeIQx içerikleri.....	62
4.7.6. Örneklerin MeIQ içerikleri.....	63
4.7.7. Örneklerin 7,8-DiMeIQx içerikleri	64
4.7.8. Örneklerin 4,8-DiMeIQx içerikleri	65
4.7.9. Örneklerin PhIP içerikleri	66
4.7.10. Örneklerin AC içerikleri.....	67
4.7.11. Örneklerin MeAC içerikleri	67
4.7.12. Örneklerin toplam HAA içerikleri	68
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	74
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	89

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
C	Chroma
H	Hue angle

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Sous-vide teknolojisinn başlıca işlem basamakları	3
Şekil 3.1. Sığır M. <i>Longissimus dorsi</i> kasının analiz için hazırlanması	16
Şekil 3.2. Ambalaj materyali ve özellikleri	19
Şekil 3.3. Örneklerin sous-vide yöntemi ile pişirilmesi ve analizler için hazırlanması..	20
Şekil 3.4. Sous-vide yöntemi ile pişirme işleminde merkez sıcaklığının süreyle değişimi	21
Şekil 3.5. Sous-vide yöntemi ile pişirilmiş örneklerin soğutulmasında merkez sıcaklığının süreyle değişimi	21
Şekil 4.1. Örneklerin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen su içerikleri ortalamaları	30
Şekil 4.2. Örneklerin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen pişirme kayıplarının ortalamaları	35
Şekil 4.3. Sous-vide yöntemi ile farklı sıcaklıklarda pişirilen etlerdeki pişirme kaybının süreye göre değişimi	37
Şekil 4.4. Örneklerin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen pH değeri ortalamaları	40
Şekil 4.5. Örneklerin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen TBARS değeri ortalamaları	54
Şekil 4.6. Mix stok solüsyonların HPLC kromatogramı	58
Şekil 4.7. Örneklerin toplam HAA içerikleri	69
Şekil 4.8. Örneklerin HPLC kromatogramı	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Aminoimidazoazorenlerin isimleri ve bazı bilgileri	8
Çizelge 1.2. Aminokarbolinlerin isimleri ve bazı bilgileri	9
Çizelge 3.1. Etlerin farklı yöntemlerle pişirilmeleri esnasında uygulanan sıcaklık ve süreler	22
Çizelge 4.1. Hammadde olarak kullanılan pirzola etinin bazı kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri	28
Çizelge 4.2. Örneklerin su içeriği üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları	29
Çizelge 4.3. Örneklerin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen su içerikleri ortalamaları ve standart sapmaları	29
Çizelge 4.4. Sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin su içeriği üzerine pişirme sıcaklık ve süresi arasındaki varyans analiz sonuçları	31
Çizelge 4.5. Sous-vide pişirme metodunda 75°C, 85°C, 95°C sıcaklıkta pişirilen örneklerin su içerikleri ortalamaları ve standart sapmaları	32
Çizelge 4.6. Örneklerin pişirme kaybı üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları	34
Çizelge 4.7. Örneklerin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen pişirme kaybı ortalamaları ve standart sapmaları	34
Çizelge 4.8. Sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin pişirme kaybı üzerine pişirme sıcaklık ve süresi arasındaki varyans analiz sonuçları	36
Çizelge 4.9. Sous-vide pişirme metodunda 75°C, 85°C, 95°C sıcaklıkta pişirilen örneklerin pişirme kaybı ortalamaları ve standart sapmaları	36
Çizelge 4.10. Örneklerin pH değeri üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları ..	39
Çizelge 4.11. Örneklerin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen pH değeri ortalamaları ve standart sapmaları	39
Çizelge 4.12. Sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin pH değeri üzerine pişirme sıcaklık ve süresi arasındaki varyans analiz	41

Çizelge 4.13. Sous-vide pişirme metodunda 75°C, 85°C, 95°C sıcaklıkta pişirilen örneklerin pH değeri ortalamaları ve standart sapmaları	60
Çizelge 4.14. Örneklerin renk değerleri üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları	42
Çizelge 4.15. Örneklerin çiğ ve farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen L*, a*, b* değerlerinin ortalama ve standart sapmaları	43
Çizelge 4.16. Örneklerin çiğ ve farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen C, H, ΔE değerlerinin ortalama ve standart sapmaları	44
Çizelge 4.17. Sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin renk değerleri üzerine pişirme sıcaklık ve süresi arasındaki varyans analiz sonuçları	46
Çizelge 4.18. Sous-vide pişirme metodunda 75°C, 85°C, 95°C sıcaklıkta pişirilen örneklerin renk değerleri (C, H, ΔE) ortalamaları ve standart sapmaları	47
Çizelge 4.19. Örneklerin TBARS değeri üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları	53
Çizelge 4.20. Örneklerin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen TBARS değeri ortalama ve standart sapmaları	53
Çizelge 4.21. Örneklerin TBARS değeri üzerine sous-vide yönteminde pişirme şartları arası varyans analiz sonuçları	55
Çizelge 4.22. Sous-vide pişirme metodunda 75°C, 85°C, 95°C sıcaklıkta pişirilen örneklerin TBARS değeri ortalamaları ve standart sapmaları	56
Çizelge 4.23. Analiz yapılan HAA'ların geri kazanımları, LOD ve LOQ değerleri	57
Çizelge 4.24. Örneklerin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu oluşan heterosiklik aromatik amin miktarları	60
Çizelge 4.25. Örneklerin toplam HAA değerleri üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları	68
Çizelge 4.26. Örneklerin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen toplam HAA değerleri	69

1. GİRİŞ

Son yıllarda insanoğlunun beyin gücüne dayalı çalışma biçimi ve sağlıklı beslenme ile ilgili bilinçlenmesine paralel olarak protein, esansiyel aminoasitler, doymamış yağ asitleri, mineral ve vitamin bakımından zengin olan gıdalara yöneliminde artış gözlenmektedir (Özturan 2009). Bu bakımdan et, içerdiği makrobileşikler (protein ve yağ) ve mikrobileşikler (mineral madde, vitamin ve çeşitli biyoaktif bileşikler) nedeniyle beslenme açısından gıdalar arasında önemli bir yer almaktadır (Lawrie 1991). Etin içerdiği bazı mikrobileşikler bitkisel kaynaklı gıdalarda ya hiç bulunmamakta ya da çok düşük biyoyararlılığa sahiptir (Biesalski 2005). Bu nedenle et tüketimi sağlık için gerekli olan pek çok besin maddesini (esansiyel aminoasitler, esansiyel yağ asitleri, A ve B grubu vitaminler ve Fe, Zn gibi mineral maddeler) diyetimize dâhil etmektedir. Ayrıca etin, protein bakımından zengin olup karbonhidrat bakımından zayıf olması obezite, diyabet ve çeşitli kanser hastalıklarını tetiklediği düşünülen glisemik indeksi düşük tutmaya yardım ettiği de belirtilmektedir (Biesalski 2005). Bütün bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda et tüketiminin insan sağlığı açısından pozitif etkisinin olduğu açıkça görülmektedir.

Etin pişirilmesi lezzetli ve güvenilir bir ürün elde etmek için oldukça önemlidir. Ayrıca pişirme işlemi tat-aroma ve gevreklik gibi tüketicinin tercihleriyle ilgili temel özellikleri yakından etkilemektedir. Et ve et ürünlerine genellikle tüketimden hemen önce uygulanan pişirme işlemi patojen mikroorganizmaların inaktivasyonu ile ürün güvenliğini artırmakta ve raf ömrünü uzatmaktadır. Etin pişirilmesi ile mikroorganizmaların inaktivasyonu; pişirme sıcaklığı, pişirme süresi, pişirme yöntemi, mikroorganizmanın tipi ve sayısına bağlıdır. Gıda güvenliği sağlamak amacıyla farklı etlerin pişirilmesi esnasında ihtiyaç duyulan minimum iç sıcaklık değerleri; tavuk eti için 82°C, sığır eti ve kuzu eti için 71°C ve balıketi için 63°C olarak belirtilmiş ve etlerin bu minimum iç sıcaklık derecelerinde en az 15sn tutulması gerektiği de vurgulanmıştır (Gisslen 2004). Öte yandan pişirme işlemi boyunca gerçekleşen bir takım reaksiyonlar gıdanın besin değerini olumlu (gıdadaki protein denatürasyonu nedeniyle sindirilebilirliğin artması) veya olumsuz yönde (ısıl işleme dayanıksız, suda

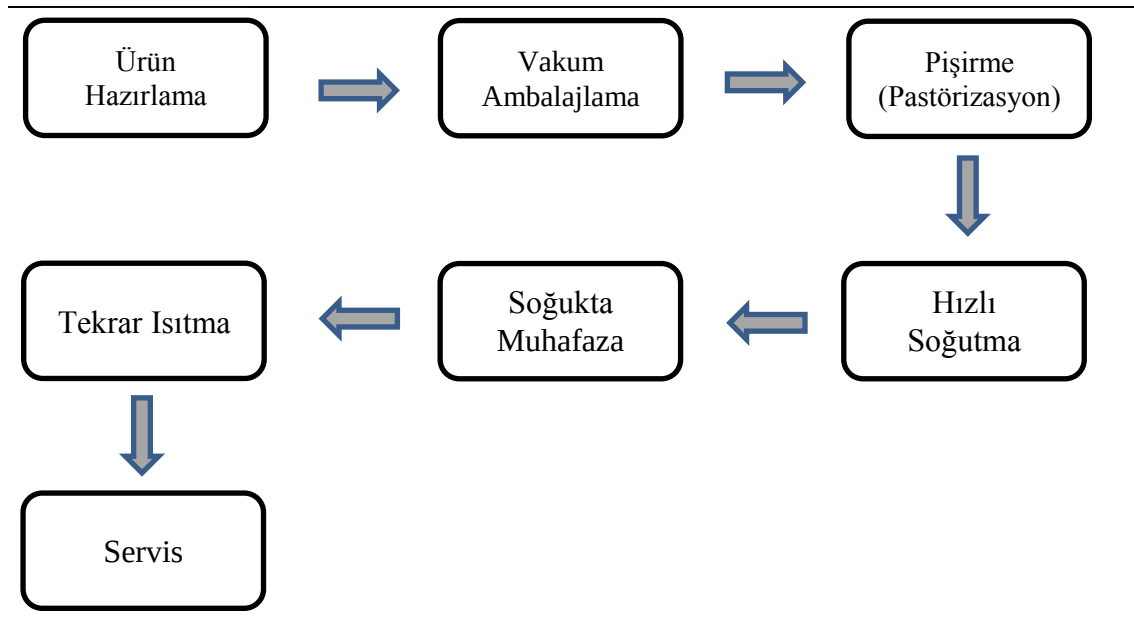
veya yağda çözünebilir vitamin ve mineral madde ile lipit oksidasyonu nedeniyle yağ asidi kompozisyonunda değişimler, özellikle PUFA miktarında azalma) etkileyebilmektedir (García-Arias *et al.* 2003; Gerber *et al.* 2009). Ayrıca pişirme işlemi ile gıdalarımızdaki çeşitli bileşenlerde görülen kayıplar nedeniyle ağırlık kayıpları da görülmektedir. 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, etten uzaklaşan suyun beraberinde suda çözünen bir takım bileşenleri de uzaklaştırdığı bilinmektedir (Sánchez del Pulgar *et al.* 2012).

Gıda güvenliği açısından, gıdaların pişirilmesi işleminden sonra mikroorganizmaların neden olduğu problemlerin oluşmasını engellemek için etkin bir soğutma işleminin yapılması gerekmektedir. Pişirilen gıdalar ya hemen tüketilmeli ya kısa bir süre için (3 saate kadar) iç sıcaklığı 63°C'nin altına düşmeyecek şekilde muhafaza edilmeli ya da hızlıca buzdolabı sıcaklığına (4-7°C) soğutulmalıdır. Yeniden ısıtma işleminde ise gıdaların, minimum 73,9°C iç sıcaklıkta en az 15sn tutulması gerektiği ve pişirildikten sonra soğutulan bir gıdanın sadece bir kere yeniden ısıtılması gerektiği belirtilmektedir (Armstrong 1995).

Bir yandan tüketim alışkanlıkları değişirken bir yandan da gelişen teknoloji ile tüketici farkındalıklarının artması, insanlarda hızlı ve kolay hazırlanan ancak besin öğeleri kaybolmamış ve ileri işlemler ile sağlığa zararlı bileşikler oluşmamış gıda ürünleri tüketme arzusu uyandırmıştır. Bu bağlamda tüketici beklentilerinin karşılanması için sous-vide yöntemi hem evlerde hem de hazır yemek sektöründe uygulama alanı bulan bir önemli bir teknolojidir (Nyati 2000a). Pişirme yöntemine adını veren Sous-vide, Fransızca bir kelime olup, gıdaların vakum ambalajlanmış poşetler içerisinde süre ve sıcaklık kontrolü yapılarak pişirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Yöntemin kullanılmasındaki amaç; gıdalar ile havadaki serbest oksijenin temasını azaltarak oksidasyonu engellemek ve bu şekilde gıdanın kalitesini korumaktır. Yöntem düşük sıcaklıkta (100°C'nin altında) ve uzun süre pişirme işlemi nedeniyle diğer pişirme yöntemlerinden ayrılmaktadır (Schellekens 1996). Pişirme işleminin ardından ürün

soğutma (0-3°C) işlemine tabi tutulmakta ve bu şekilde 3-5 hafta soğuk depolarda muhafaza edilebilmektedir (Nyati 2000a, 2000b; Vaudagna *et al.* 2002).

Sous-vide işleme teknolojisinin aşamaları; 1) Taze ve yüksek kalitede malzemelerin seçimi ve pişirme işlemi için hazırlanması (kalite kontrol, hijyen koşulları altında arzu edilen çeşitli malzemelerin eklenip, karıştırılması, malzemelerin tartılması ve vakum ambalaj poşetlerine doldurulması), 2) Vakum ambalajlama (vakum altında ambalajlanması ve hermetik olarak kapatılması), 3) Pişirme işlemi (Pastörizasyon), 4) Hızlı soğutma, 5) Soğuk depolama (0-3°C), 6) Tekrar ısıtma (10-15dk kaynar su banyosunda veya 4-5dk mikrodalga fırında), 7) Servis, şeklinde sıralanmaktadır (Kılınç ve Çaklı 2001). Sous-vide teknolojisinin başlıca işlem basamakları Şekil 1.1’de görülmektedir.



Şekil 1.1: Sous-vide teknolojisinn başlıca işlem basamakları (Creed and Reeve, 1998).

Sous-vide yöntemi; 1970 yılında Fransa’da bir aşçı olan George Pralus tarafından, çiğ ürüne düşük ısı uygulaması ile ilk olarak ortaya çıkmıştır (Schellekens and Martens 1992). Bu tarihten sonra dünyadaki bazı restoran şefleri bu yöntemi kullanarak hizmet vermeye başlamışlardır. 1990 yılından itibaren bilim dünyasının dikkatini üzerine çeken bu yöntem, 2000’li yıllarda yaygın olarak tanınmış ve 2010 yılından itibaren ise çeşitli

Avrupa ülkeleri ve Amerika’da bazı restoranlar ve evlerde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Baldwin 2012). Sous-vide yöntemine duyulan bu ilginin belli başlı nedenleri aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Et, tavuk ve balık gibi soğukta depolanan ve bozulmaya karşı hassas olan gıdalara uygulanabilmesi,
- Raf ömrünü uzatarak üretici ve satıcı açısından ekonomik, tüketici açısından ise kullanışlı ürünler ortaya koyması,
- Ambalajlama sayesinde üründe oluşabilecek nemlenmeyi önleyebilmesi,
- Az iş gücüyle kısa sürede uygulanabilen bir yöntem olması,
- Tüketici tarafından istendiğinde kısa sürede ve kolayca servise hazır hale gelmesi,
- Baharat ve yağ gibi çeşitli maddeler ilave edilerek gıdayı daha cazip hale getirme olanağı sağlaması,
- Uygulanan işlem basamaklarının pratik olması,
- Vakum ambalajlama sayesinde, aerobik mikroorganizmaların faaliyetlerini önleyebilmesi,
- Yöntemin uygulandığı gıdaların besin bileşiminin korunması ve hızlı servis edilebilir olması nedeniyle hastane, okul, fabrika ve restoranlarda tercih edilmesi,
- Et, balık ve kümes hayvanlarının yanı sıra diğer birçok gıdaya da uygulanabilir olması sayesinde lokanta, otel ve fabrika gibi toplu servis yapılan birimlere geniş menü olanağı sağlaması,
- Marketlerde hazır paketler şeklinde satışa sunulduğundan, yerden ve iş gücünden tasarruf sağlarken rafta daha uzun süre muhafaza edilebilme imkânını sağlıyor olması,
- Kalite ve raf ömrüne bağlı olarak catering sektöründeki yeniliklere hizmet etmesi,
- Gıda sanayinde üretici firmaların pazar rekabetini güçlendiriyor olması (Creed and Reeve 1998).

Sous vide yönteminin getirebileceği dezavantajlar ve riskler ise;

- Vakum paketleme ve pastörizasyon uygulamalarında kullanılan alet-ekipman ve ambalaj filmlerinin işletmeye ek maliyeti,

- Sıkı bir soğuk zincir takibi yapılmasının gerekliliği,
- Uygulanacak sıcaklık ve sürenin yetersiz olması durumunda pastörizasyon koşullarının gerektiği gibi sağlanamaması ve *C.botulinum*'un toksik etki oluşturmamasının önlenememesi,
- Kötü imalat koşullarının sonucu olarak işleme esnasında ürünün kontamine olması, soğuk zincirin korunamaması sonucunda kalite kaybı görülmesi ve raf ömründe beklenen etkinin sağlanamaması,
- Uygulanacak pastörizasyon koşullarının belirlenmesi ve bunun uygulanması için eğitimli elemanların gerekmesidir (Creed and Reeve 1998).

Gıdalara düşük sıcaklıkta ısıtma işlemi uygulaması ve soğuk şartlar altında (0-3°C) depolama öncesi vakum ambalajlanarak bu işlemlerin gerçekleştirilmesi olarak bilinen sous-vide yönteminin ürün kalitesini artırdığı ve ürün raf ömrünü uzattığı belirtilmektedir. Aroma bileşenlerinin kaybı ve oksidatif tat bozukluğunun gelişmesini engellemesi nedeni ile sous-vide yönteminin aromayı ve 100°C'nin altındaki sıcaklıklarda nemli ortamda pişirme nedeni ile tekstürü (özellikle et gevrekliği ve sululuğu) artırdığı ve geleneksel metotlardaki ağırlık kaybına (%25-40) kıyasla düşük bir ağırlık kaybına (%5-10) sebep olduğu belirtilmektedir (Ghazala *et al.* 1995; Armstrong and McIlveen 2000). Sous-vide pişirme işleminin etin rengini daha iyi muhafaza ettiği de belirtilmektedir. Ayrıca Sous-vide yönteminin hazır yemek endüstrisi (catering) için de uygun olması önemli bir avantajdır (Armstrong and McIlveen 2000).

Halen bu teknolojinin çeşitli gıda maddelerine uygulanması, farklı süre ve sıcaklıkların denenmesi, sous-vide teknolojisi ile birlikte kullanılabilecek katkı maddelerinin ve diğer kombine metotların geliştirilmesi üzerine bilimsel araştırmalar devam etmektedir (Church and Parsons 2000; Aran 2001; Vaudagna *et al.* 2002; García-Linares *et al.* 2004; Jang *et al.* 2006; Paik *et al.* 2006; Szerman *et al.* 2007; García-Segovia *et al.* 2007; Szerman *et al.* 2008; Baldwin 2008; Diaz *et al.* 2008; Diaz *et al.* 2009; Özturan 2009; Diaz *et al.* 2010; Baldwin 2012; Vaudagna *et al.* 2008; Çetinkaya 2013).

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 getirilmektedir. 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 ilişki olduğunu belirtmektedir (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 aflatoksin 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).

Oluşan HAA ve miktarları; ısıtılma işlemi gören et tipi, pişirme şartları (sıcaklık, süre, ekipman ve metot), pH, su aktivitesi, karbonhidratlar, serbest aminoasitler ve kreatin gibi faktörlere bağlıdır (Felton *et al.* 1997; Reistad *et al.* 1997; Pais *et al.* 1999; Felton *et al.* 2000; Keating and Bogen 2001; Öz *et al.* 2007, 2010a). Ayrıca ısı ve kütle transferi, yağlar, lipid 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.* 2014).

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). Aminoimidazoazorenler (IQ tipi bileşikler, termik HAA'lar) genellikle 150-300°C arasındaki sıcaklıklarda, serbest aminoasitler, kreatin/kreatinin ve heksozlar arasındaki reaksiyonlarda oluşmaktadır (Çizelge1.1) (Jägerstad *et al.* 1983; Laser-Reuterswärd *et al.* 1987a, 1987b). Öte yandan 100°C'nin altındaki sıcaklıklarda aminoimidazoazorenlerin oluştuğunu gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Barrington *et al.* 1990; Tsai *et al.* 1996; Chen *et al.* 2000; Solyakov and Skog 2002; Çelik 2013).

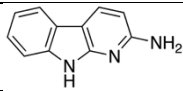
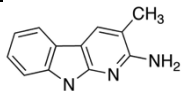
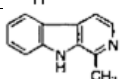
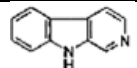
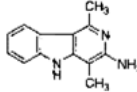
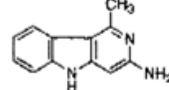
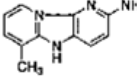
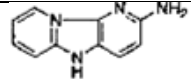
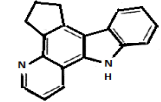
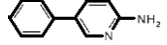
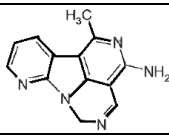
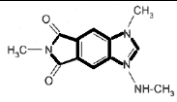
AIA'ların 2-aminoimidazo kısmınının, sıcaklık yaklaşık 100°C'ye ulaştığında kas hücrelerinde doğal olarak bulunan kreatin'den bir molekül su kaybı sonucu oluşan kreatinin'den geldiği kabul edilmektedir (Jägerstad *et al.* 1983; Laser-Reuterswärd *et al.* 1987a, 1987b). Ortamda kreatin bulunmaması durumunda AIA'ların oluşmadığı belirtilmektedir (Murkovic 2004). 2-aminoimidazo kısmı tüm IQ tipi bileşiklerin yaygın bir parçası olup aynı zamanda bu bileşiklerin mutajenliğinden de sorumludur. Bu kısmın, özellikle de 2-amino grubunun bulunmaması IQ tipi bileşiklerin mutajenliğini neredeyse ihmal edilebilir seviyeye düşürmektedir (Grivas and Jägerstad 1984; Felton *et al.* 2000). IQ tipi bileşiklerin diğer kısımlarının (kinolin ve kinokzalin) ise heksozlar ve aminoasitler arasındaki Maillard reaksiyonunda oluşan piridinler veya pirazinler gibi Strecker degradasyon ürünlerinden oluştuğu ve aldol kondensasyonunun, bir Strecker aldehiti veya ilgili Schiff bazı vasıtasıyla bu iki kısmı birleştirdiği belirtilmektedir (Johansson *et al.* 1993; Skog *et al.* 1995).

Çizelge 1.1. Aminoimidazoazoarenlerin isimleri ve bazı bilgileri (Öz and Kaya 2011c)

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-4-hidroksimetil-3,8-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin	4-CH2OH-8-MeIQx	243	
2-amino-1,7,9-trimetilimidazo[4,5- <i>g</i>]kinokzalin	7,9-DiMeIgOx	227	
2-amino-1,6-dimetilimidazo[4,5- <i>b</i>]piridin	1,6-DMIP	162	
2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5- <i>b</i>]piridin	PhIP	224	
2-amino-1-metil-6-(4-hidroksifenil)-imidazo[4,5- <i>b</i>]piridin	4 ¹ -OH-PhIP	240	
2-amino-1,5,6-trimetilimidazo[4,5- <i>b</i>]piridin	1,5,6-TMIP	176	
2-amino-3,5,6-trimetilimidazo[4,5- <i>b</i>]piridin	3,5,6-TMIP	176	
2-amino-1,6-dimetilfuro[3,2- <i>e</i>]imidazo[4,5- <i>b</i>]piridin	IFP	202	

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 oluşmaktadır (Çizelge 1.2) (Sugimura 1997; Sugimura and Adamson 2000; Knasmüller *et al.* 2001; Toribio *et al.* 2002).

Çizelge 1.2. Aminokarbolinlerin isimleri ve bazı bilgileri (Öz and Kaya 2011c)

Kimyasal İsmi ve Sınıfı	Kısaltması	Molekül Ağırlığı	Yapı
2-amino-9H-pirido[2,3-b]indol	AαC	183	
2-amino-3-metil-9H-pirido[2,3-b]indol	MeAαC	197	
1-metil-9H-pirido[4,3-b]indol	Harman	182	
9H-pirido[4,3-b]indol	Norharman	16	
3-amino-1,4-dimetil-5H-pirido[4,3-b]indol	Trp-P-1	211	
3-amino-1-metil-5H-pirido[4,3-b]indol	Trp-P-2	197	
2-amino-6-metildipirido[1,2-a:3 ¹ ,2 ¹ -d]imidazol	Glu-P-1	198	
2-aminodipirido[1,2-a:3 ¹ ,2 ¹ -d]imidazol	Glu-P-2	184	
3,4-cyclopentenopirido[3,2-a]karbazol	Lys-P-1	246	
2-amino-5-fenilpiridin	Phe-P-1	170	
4-amino-6-metil-1-H-2,5,10,10b-tetraazafluoranten	Orn-P-1	237	
4-amino-1,6-dimetil-2-metilamino-1H,6Hpirolo[3,4-f]benziimidazol-5,7-dion	Cre-P-1	244	

Öte yandan 300°C'nin altındaki sıcaklık derecelerinde de bu bileşiklerin oluştuğunu gösteren çalışmalar literatürde yer almaktadır (Busquets *et al.* 2004; Turesky *et al.*

2005; Toribio *et al.* 2007; Öz 2011). IQ tipi olmayan bileşikler veya pirolitik HAA'lar olarak da adlandırılan aminokarbolinler, çok yüksek sıcaklıklarda proteinler ve aminoasitlerin pirolizi sonucu oluşmakta (Sugimura 1997; Sugimura and Adamson 2000; Knasmüller *et al.* 2001) ve yaygın bir yapı olarak 2-aminopiridin içermektedir. Ayrıca HAA'lar kimyasal davranışlarına göre polar (aminoimidazoazoarenler, 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 ürünlerinin sous-vide yöntemiyle pişirilmesi ile ilgili az sayıda araştırma yapılmış ve sous-vide yöntemi kullanılarak pişirilen et ve et ürünlerinde HAA'ların oluşumu üzerine herhangi bir araştırmaya da rastlanılmamıştır. Son zamanlarda dikkatleri üzerine çeken bir pişirme yöntemi olarak karşımıza çıkan sous-vide pişirme yönteminin sığır pirzola etinin bazı kalite kriterleri ve HAA oluşumu üzerine olan etkisinin belirlenmesi ve referans yöntemler olarak seçilen haşlama ve tavada kızartma yöntemleri ile karşılaştırılması ve HAA'lar ile ilgili veri tabanı oluşturulması büyük önem arz etmektedir. Belirtilen bu nedenlerden dolayı mevcut araştırma sous-vide pişirme yönteminin sığır pirzola etinin bazı kalite kriterleri ve HAA oluşumu üzerine olan etkisinin belirlenmesi ve referans olarak seçilen yöntemler ile karşılaştırılması amacıyla planlanmış ve yürütülmüştür. Ayrıca hem çiğ hem de pişmiş örneklerde çeşitli kalite kriterleri de belirlenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

İnsan yiyeceği olarak bir gıda maddesinin 4 özelliğe sahip olması gerektiği belirtilmektedir. Bu özellikler; 1) Yiyeceğin lezzetli olması, 2) Yiyeceğin tatmin edici olması, 3) Yiyeceğin besin maddeleri yönünden yeterli olması ve insanın besin maddesi ihtiyacını karşılaması, 4) Yiyeceğin iyi bir şekilde hazm olabilmesidir. İnsan yiyeceği olarak et bu 4 maddede yer alan özelliklerin hepsini üzerinde yüksek düzeyde toplamış bir gıda maddesidir (Gökalp vd 1999). Et proteinlerinin yeterli miktarlarda tüketildiğinde, diğer proteinlerle desteklenmemiş olsa bile vücudun doğal büyüme ve gelişmesini sürdürdüğü ve normal fizyolojik fonksiyonlarını yapabilmesine imkan sağladığı belirtilmektedir. Etin yağı, ete belirli bir lezzet ve sululuk verip, iştahla yenmesini sağlayarak, sindirim sistemi salgılanmasını arttırdığı gibi esansiyel yağ asitleri ve yağda eriyen vitaminlerin de önemli bir kaynağıdır (Gökalp vd 1999). Ayrıca et, B grubu vitaminlerin özellikle de B12 vitamininin ana kaynağıdır. Etin insan beslenmesi bakımından diğer önemli bir özelliği de mineral madde bakımından zengin olmasıdır. Normal düzeydeki et tüketimiyle kalsiyum haricindeki tüm mineral madde ihtiyacının karşılanabildiği belirtilmektedir (Gökalp vd 1999; Demirci 2005; Karakaya 2010; Çelik 2013).

Sous-vide yöntemi çiğ gıda maddesi veya maddelerinin ısıya dayanıklı vakum ambalaj materyalleri içerisinde pişirme sıcaklık ve süresinin kontrol altında tutulmasıyla pişirme işlemi olarak tanımlanmaktadır. Sous-vide ürünleri ılımlı sıcaklık derecelerinde (65-95°C) uzun süre pişirilmiş ürünlerdir. Pişirme işlemi takiben ürünler hızlı bir şekilde soğutulmakta ve soğuk olarak muhafaza edilmektedir. Raf ömürlerinin 6 günden 42 güne kadar değiştiği belirtilmektedir (Gonzalez-Fandos *et al.* 2004).

Piştir-soğut (Cook-chill) teknolojileri son zamanlarda oldukça gelişmiştir ve bu teknolojiler catering servisleri ve gıda işleme fabrikaları tarafından büyük çapta kullanılmaktadır. Bu proses çok bileşenli yemek üretiminde kullanıldığında sous-vide teknolojisi olarak bilinmektedir. Çünkü bu kelime Fransızca orijindir. Bu yöntem aynı zamanda torbada pişirme ve vakum pişirme olarak da bilinmektedir. Ancak bazen

konvensiyonel olarak pişirilmiş ve daha sonra vakum paketlenmiş ürünler de bu isimlerle anılmaktadır. Bu nedenle yaygın olarak kabul edilen tanımlama Sous-Vide İstişare Komisyonu (Sous-Vide Advisory Commitee, SVAC) tarafından yapılmıştır. Buna göre sous-vide çiğ veya yarı pişmiş gıdanın vakum ambalajlama poşetine vakum ambalajlanarak kontrollü şartlarda ısıtılması, hızlı bir şekilde soğutulması ve 0-3°C'e civarında belli bir süre muhafazasının ardından servis öncesi yeniden ısıtıldığı kesikli bir catering sistemidir (Creed and Reeve 1998; Vaudagna *et al.* 2002).

Poşette vakum pişirmenin temel prensibi düşük sıcaklık-uzun süre (LT-LT) ilişkisine dayanmaktadır. Bu proste kullanılan sıcaklık derecesi ve süresi gıdaya bağlı olarak genellikle 65-90°C'de 2-8 saattir. Bu işlem ile gıdadaki su ve tat-aroma bileşenlerinin kaybı azalmakta, böylece gıdanın duysal kalitesi korunmakta ve ürünün raf ömrünün uzatılması söz konusu olmaktadır (Church and Parsons 2000).

Son yıllarda yemeğe hazır olan ürünlere olan talebin artması nedeni ile yeni gıda işleme teknolojileri uygulamalarına yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Bunlar arasında sous-vide pişirme yöntemi sahip olduğu avantajlar nedeni ile dikkatleri üzerine çekmektedir. Bu teknolojinin en önemli dezavantajı ise et ürünlerine uygulandığı zaman ısı işlem esnasında açığa çıkan suyun ambalaj içerisinde kalmasıdır. Sonuç olarak ürün hoş olmayan bir görünüme sahip olmakta ve bu durum ekonomik kârı azaltmaktadır (Szerman *et al.* 2012).

Bu zamana kadar sous-vide ile ilgili yapılan çalışmalar özellikle pişirme sıcaklığı ve pişmiş ürünün depolama süresi üzerine yoğunlaşmıştır (Vaudagna *et al.* 2002; García-Segovia *et al.* 2007; Diaz *et al.* 2008; Baldwin 2008, 2012). Literatürde et ve çeşitli sebze ürünlerinde sous-vide teknolojisinin uygulanması sonucunda raf ömrü ve mikrobiyolojik kalite yönünden olumlu sonuçlar elde edildiği belirtilmektedir (Armstrong 2000). Armstrong and McIlveen (2000)'e göre Hansen *et al.* (1995) yaptıkları çalışmada sous-vide yöntemi kullanarak pişirdikleri kırmızı et ürünlerinin 23-35 gün, Bertelsen and Juncher, (1996) yaptıkları çalışmada beyaz et ürünlerinin 14-30 gün ve Bergslein (1996) balık ve sebze ürünlerinin 7 gün boyunca duysal özelliklerini

kaybetmeden muhafaza edilebildiğini belirtmektedir.

Mason *et al.* (1990)'a göre poşette vakum pişirme işlemi ile bazı ürünlerin raf ömrünü 5 günden 21 güne çıkarmak mümkündür. Poşet içerisindeki düşük oksijen basıncı buzdolabında muhafazada arzu edilmeyen tat-aromanın (off-flavours) oluşumuna neden olan bozucu aerobik mikroorganizmaların ve lipid oksidasyonunun gelişmesini engellemektedir. Bu nedenle bu yöntem et gibi gıda maddelerinin pişirilmesinde avantaj sağlamaktadır. Çünkü ette arzu edilmeyen karakteristik tat-aroma (Warmed Over Flavour, WOF) konvansiyonel pişir-soğut sistemlerinde ürünün kabul edilebilirliğini sınırlandırmaktadır.

Nyati (2000b) 70°C iç sıcaklıkta 2dk'ka sous-vide yöntemi ile pişirdikleri ve 3°C'de 5 haftaya kadar depoladıkları et içeren farklı yemeklerin mikrobiyolojik kalitesini belirlemek için yaptıkları çalışmada, 5 hafta depolama sonrasında toplam psikrotrof sayısının çiğ örnekteki sayıya yakın olduğu (3log cfu/g) ve örneklerin patojen bakteri (*Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Clostridium perfringens* ve *Bacillus cereus*) ile *Enterobacteriaceae*, laktik asit bakterileri, maya ve küf de içermediğini tespit etmişlerdir.

Armstrong and McIlveen (2000) yaptıkları çalışmada sous-vide yöntemi ile pişirdikleri et içeren yemeklerin 40 gün boyunca duyusal kalitede önemli bir kayıp olmadan depolanabileceğini belirtmişlerdir.

Diaz *et al.* (2008) sous-vide yöntemi ile pişirdikleri domuz etinin buzdolabında muhafazası neticesinde çeşitli kalite kriterlerindeki değişimi belirlemek için yaptıkları çalışmada, depolama boyunca mikrobiyolojik olarak çok önemli bir değişikliğin gözlenmediğini, 2°C'de 5 hafta muhafazası sonucunda pH, TBARS, L*, a*, b* değerlerinin arttığını belirtmişlerdir.

Sous-vide yöntemi ile pişirilen et içeren yemeklerde TBARS değerinin 0,5-2mgMDA/kg olduğu belirtilmektedir (Smith and Alvarez 1988; Grigioni *et al.* 2000; Vaudagna *et al.* 2002; Wang *et al.* 2004).

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

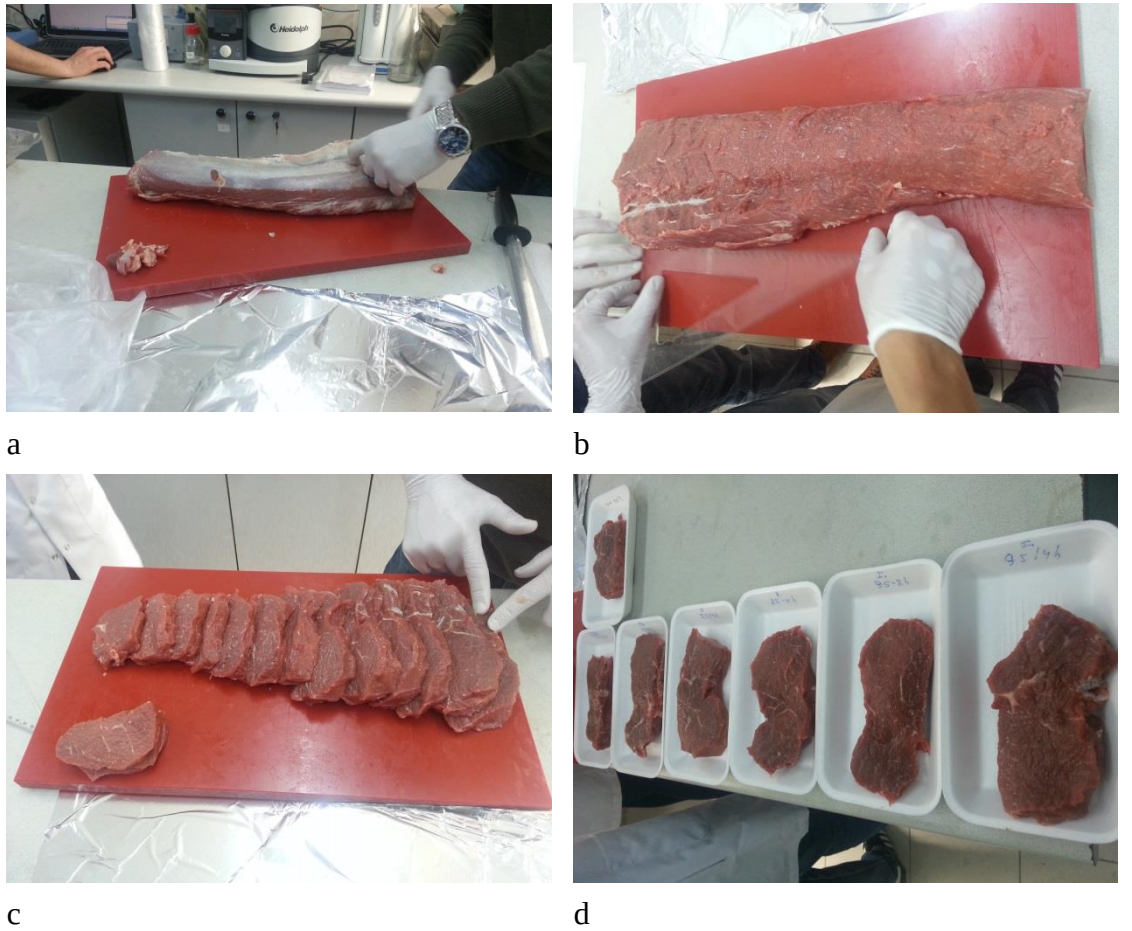
bileşiminin oluşumunun tamamen engellendiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar MeIQx bileşiminin, 200°C ve 225°C'lik kızartma sıcaklıklarında sırasıyla 0,24ng/g ve 2,66ng/g olduğunu, karabiber ilavesiyle bileşik miktarında %100'e yakın bir inhibisyon sağlandığını ve toplam HAA miktarlarında karabiberin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

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Hammadde

Araştırmada materyal olarak kullanılan sığır pirzola etleri (*M. Longissimus dorsi*), Et ve Süt Kurumu Erzurum Et Kombinasından temin edilmiş ve soğuk zincir altında laboratuvara getirilmiştir. Temin edilen etler laboratuvarında usulüne uygun olarak hazırlanmış ve kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Sığır *M. Longissimus dorsi* kasının analiz için hazırlanması

Kimyasallar

Araştırmada kullanılan kimyasal maddeler ve çözeltiler:

Thiobarbiturik Acid Reactive Maddeleri (TBARS) için;

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

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

HAA analizi için;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Solvent B: Asetonitril (%100).

HAA Standartları: IQ (CAS no: 76180-96-6, 2-amino-3-metilimidazo[4,5-*f*]kinolin), IQx (CAS no: 108354-47-8, 2-amino-3-metilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), MeIQ (CAS no: 77094-11-2, 2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5-*f*]kinolin), MeIQx (CAS no: 77500-04-0, 2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), 4,8-DiMeIQx (CAS no: 95896-78-9, 2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), 7,8-DiMeIQx (CAS no: 92180-79-5, 2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), PhIP (CAS no: 105650-23-5, 2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5-*b*]piridin), AαC (CAS no: 26148-68-5, 2-amino-9H-pirido[2,3-*b*]indol), MeAαC (CAS no: 68006-83-7, 2-amino-3-metil-9H-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.* 2007). Araştırmada 4,7,8-TriMeIQx internal standart olarak alınmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Etlerin pişirilmesi

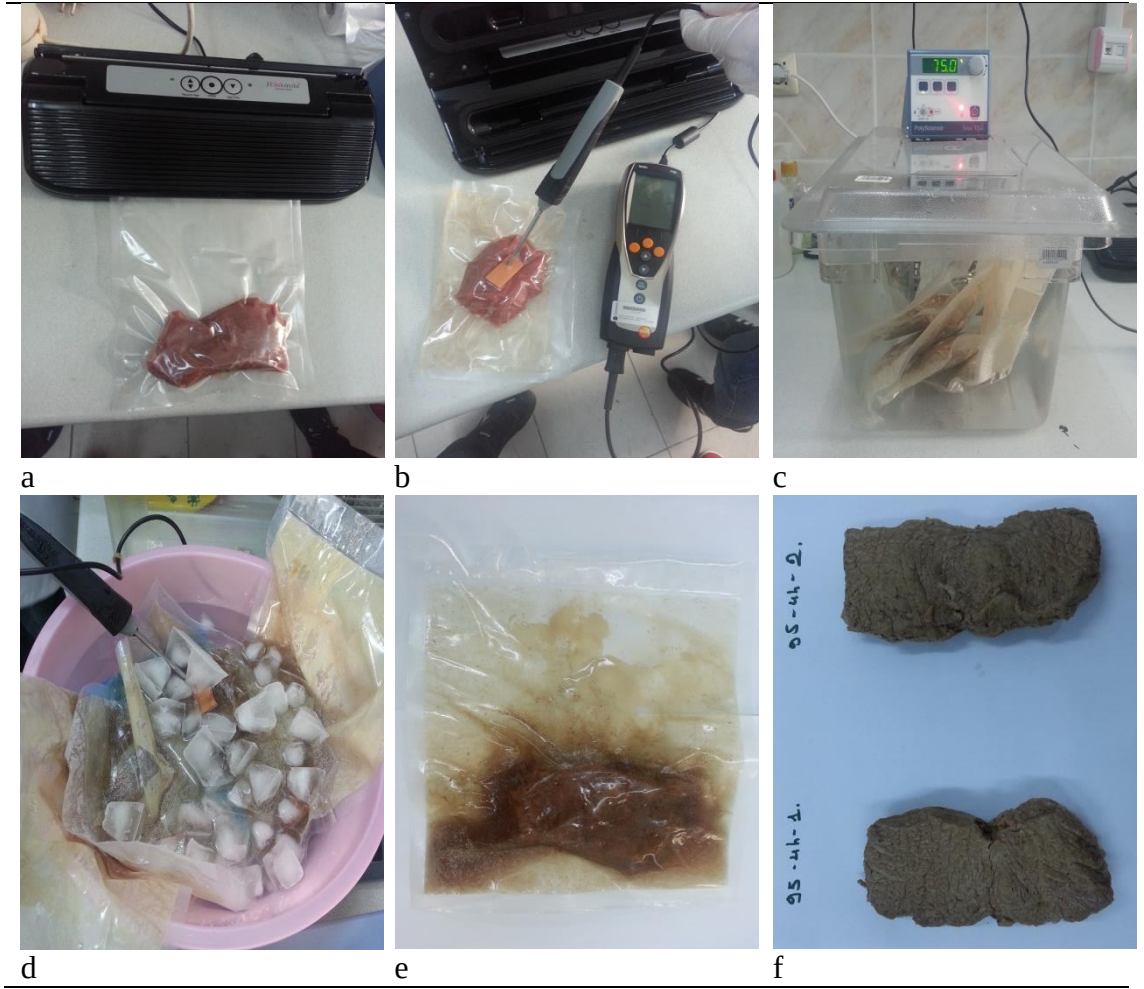
Sous-vide yöntemi:

Etler sous-vide yöntemine uygun olarak özel plastik ambalajlara (Şekil 3.2) vakum makinesinde vakum ambalajlanmış (Şekil 3.3a) ve sous-vide pişirme yöntemine göre farklı sıcaklık derecelerinde (75°C, 85°C ve 95°C) farklı sürelerde (2 saat ve 4 saat) pişirilmiştir. Pişirme işleminde iç sıcaklık, laboratuvar tipi termometre (Testo) (Şekil 3.3b), pişirme süresi ise laboratuvar tipi kronometre kullanılarak tespit edilmiştir. Pişirme işleminden (Şekil 3.3c) hemen sonra örnekler katı buz kullanılarak oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur (Şekil 3.3d). Soğutulan örnekler depolanmaksızın ambalajından çıkartılarak analiz için kullanılmıştır (Şekil 3.3e, f).



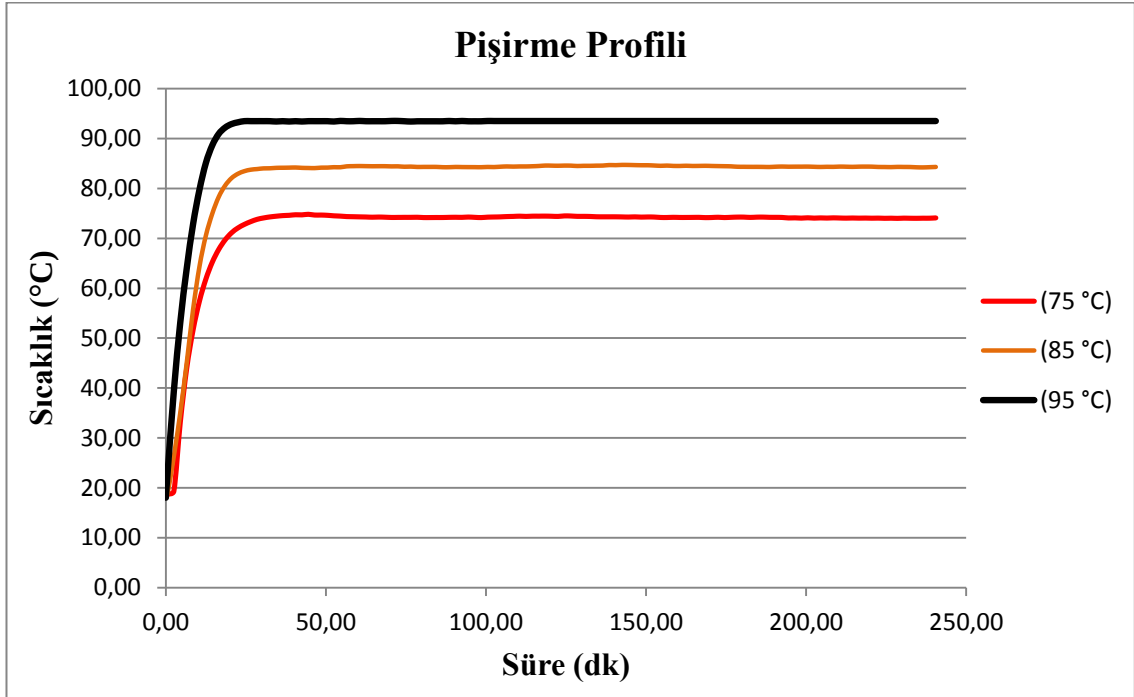
- Malzeme: Poliamit + Polietilen
- Boyut Alternatifleri: 22x30cm
- Kalınlık: 165µm (düz taraf: 75µm + mikro-kanallı taraf: 90µm)
- Dondurulabilir ve mikrodalgada kullanılabilir
- AB , FDA , LFGB ye uygundur
- BPA, ftalat ve kurşun içermeme onaylıdır

Şekil 3.2. Ambalaj materyali ve özellikleri

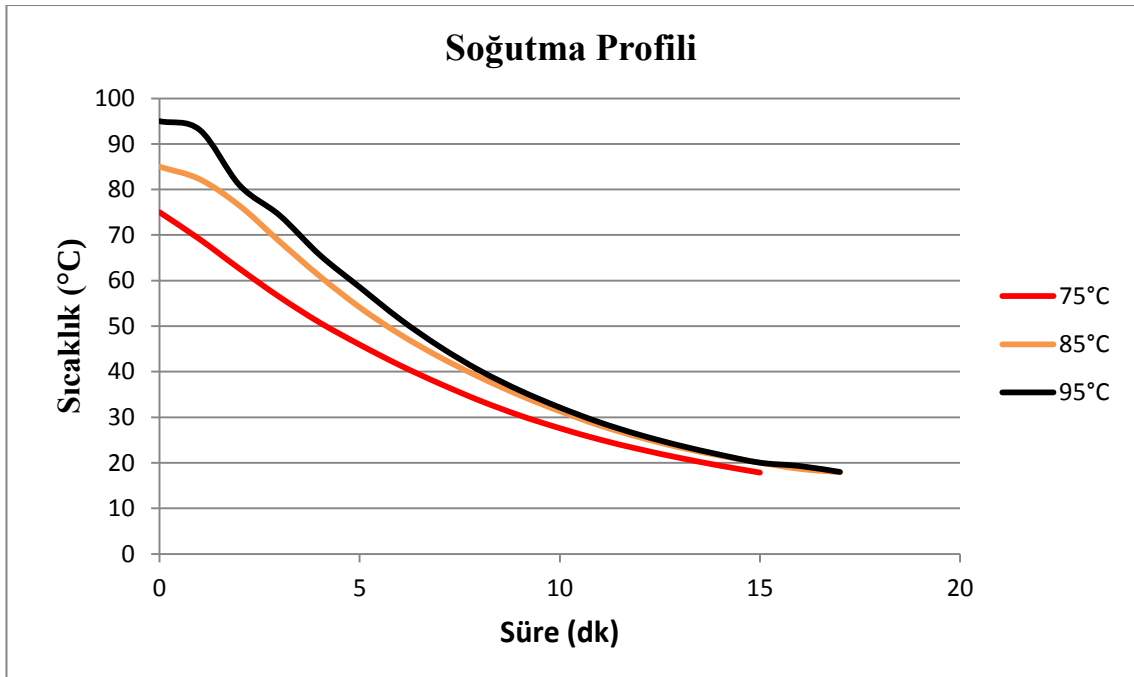


Şekil 3.3. Örneklerin sous-vide yöntemi ile pişirilmesi ve analizler için hazırlanması

Sous-vide yöntemi ile pişirilmiş örneklerin merkez sıcaklığının süreyle değişimi laboratuvar tipi termometrede, her 2dk'da bilgisayara kayda alınarak, pişirme profili (Şekil 3.4) ve soğutma profili elde edilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.4. Sous-vide yöntemi ile piştirme işleminde merkez sıcaklığının süreyle değişimi



Şekil 3.5. Sous-vide yöntemi ile piştirilmiş örneklerin soğutulmasında merkez sıcaklığının süreyle değişimi

Haşlama:

Araştırmada materyal olarak kullanılan etlerin haşlama yöntemi ile pişirilmesi düdüklü tencere kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla etlerin üzerini hafifçe geçecek şekilde soğuk su konulan düdüklü tencerede haşlama işleminin ilk 5 ve devamındaki 7dk'sı sonunda üstte biriken ekstraktif maddeler (tortulu kısım) uzaklaştırılmış, ardından düdüklü tencerenin kapağı kapatılarak etler 30dk verilen sürelerde haşlanmıştır (Çizelge 3.1) (Çelik 2013).

Tavada kızartma:

Araştırmada materyal olarak kullanılan etlerin kızartılması teflon tava kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yüzey sıcaklığı önceden 180°C'ye getirilen teflon tavada örnekler 75, 85 ve 95°C iç sıcaklıklarda 30s süreyle pişirilmiştir. Örneklerin toplam pişirme süreleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Örnekler pişirme süresinin her 3dk'sında çevrilmiştir.

Çizelge 3.1. Etlerin farklı yöntemlerle pişirilmeleri esnasında uygulanan sıcaklık ve süreler

Piştirme Yöntemi	Merkez Sıcaklık (°C)	Süre (dk)
Sous-vide	75	120
		240
	85	120
		240
	95	120
		240
Haşlama	<100	5+7+30
Tavada Kızartma	75	10
	85	12
	95	13

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 çözelti (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. Ayrıca örneklerin C, H ve ΔE değerleri de hesaplanmıştır. Çiğ ve pişmiş örneklerin Chroma (C) değerleri $C = (a^{*2} + b^{*2})^{\frac{1}{2}}$ formülü kullanılarak, Hue angle (H) değeri $H = \arctan(b^*/a^*)$ değeri (H; $H=0^\circ$, kırmızı ve $H=90^\circ$ sarımsı renk yoğunluklarını) kullanılarak ve ΔE değerleri ise çiğ (ç) ve pişmiş örneklerin L^* , a^* ve b^* değerlerinden formül (1) kullanılarak hesaplanmıştır (Garsia-Segovia *et al.* 2007).

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_c^*)^2 + (a^* - a_c^*)^2 + (b^* - b_c^*)^2} \quad (1)$$

3.2.7. Tiobarbitürik asit reaktif maddelerin (TBARS) belirlenmesi

Lipit oksidasyonunun belirlenmesinde tiobarbitürik 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 6 ml TCA solüsyonu (%7,5 TCA, %0,1 EDTA, %0,1 propil gallat, 1-propil gallat 3 ml etanolde çözündürülmüş) ilave edilmiş, 15–30 s homojenize edildikten sonra Whatman 1 filtre kâğıdından süzölmüştür. Elde edilen filtrattan bir tüp içine 1 ml alınarak üzerine 1 ml 0.02M TBA çözeltisi ilave edilmiştir. Bu karışımlar kaynayan su banyosunda 40dk tutulduktan sonra 5dk çeşme suyu altında soğutulmuş ve 2000xg'de 5dk santrifüj edilmiştir. Daha sonra numunelerin absorbanşı 532nm dalga boyunda köre (şahit numune) karşı ölçölmüştür. Köre için 1ml TCA ekstraktına 1 ml TBA çözeltisi ilave edilmiş ve örnekler için uygulanan aşamalar aynı şekilde gerçekleştirilmiştir. k değerinin hesaplanmasında 1,1,3,3- tetraetoksipropan kullanılmıştır. TBARS 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 Öz *et al.* (2014)'e göre gerçekleştirilmiştir. Metoda göre behere 1g pişmiş et örneği tartılmış ve üzerine 12ml 1 M NaOH ilave edilerek oda sıcaklığında 500rpm devirde 1 saat manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Üzerine 10g Extrelut NT (refill materyali, Merck, Darmstadt, Germany) paketleme materyali konularak spatül ile iyice karıştırılmıştır. Oasis MCX kartujları (3 cm³/60 mg, Waters, Milford, Massachusetts, USA) vakum sistemine (Supelco, Visiprep) bağlandıktan sonra diatomaceous earth ekstraksiyon kartujları (bond rezervoir, Extrelut-20) sisteme takılarak paketleme yapılmıştır. Ardından 75ml etil asetat ile ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Oasis kartujlar HCl ve metanol ile yıkanmış ve metanol/NH₃ karışımı ile elüe edilmiştir. Örnekler analiz gününe kadar -18°C'de bekletilmiştir. Analiz gününden 1 gün önce 50°C'lik etüve alınarak kurutma işlemi gerçekleştirilmiş, ardından 100 µl metanol ilave edilerek karıştırılmıştır.

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 3mm (4.6 x 150 mm) Tosoh Bioscience GmbH (Stuttgart, Germany) ters fazlı analitik kolonunda; Solvent A olarak pH'sı 5,0 (%25'lik amonyum hidroksit ile ayarlanmıştır) olan metanol/asetonitril/su/asetik asit (8/14/76/2, v/v/v/v) ve Solvent B olarak asetonitril kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Öz *et al.* 2014). Gradient programı: %0 B, 0-10. dk.; %0-23 B, 11-19. dk.; %100 B, 20-22. dk.; %0 B, 23-33.dk.'dır. Örneklerden 10'ar µl enjeksiyon yapılmıştır. HAA'ların identifikasyonu, UV spektrumları standart olarak bilinen HAA'ların alıkonma süreleri ile örneklerin alıkonma süreleri karşılaştırılarak yapılmıştır. Örneklerdeki HAA'ların konsantrasyonları, farklı konsantrasyonlarda standartların yürütülmesi ile hesaplanmıştır. Kantitatif belirleme, harici kalibrasyon eğrisi metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. HAA standart eğrilerinin regresyon çizgisi katsayıları (R^2); IQx için 0.9991, IQ için 0.9992, MeIQx için 0.9991, MeIQ için 0.9991, 7,8-DiMeIQx için 0.9992, 4,8-DiMeIQx için 0.9992, PhIP için 0.9997, AαC için 0.9992 ve MeAαC için 0.9991 olarak belirlenmiştir.

Piştirme boyunca oluşabilen farklı HAA'ların geri kazanım oranları belirlemek için standart ilave metodu kullanılmıştır. Bunun için ekstraksiyon öncesinde bir örneğe farklı seviyelerde bilinen konsantrasyonlarda mix stok solüsyon (mix 0,5; 1; 2,50; 5 ve 10) eklenmiştir. İlave edilen analit miktarına karşı pik yükseklik oranı kurve olarak çizilmiştir. Geri kazanımlar standart ilavesi için çizilen linear regresyon hatlarının eğiminin HAA standart solüsyonlarının linear regresyon hatlarının eğimine oranı ile hesaplanmıştır (Öz *et al.* 2014).

İstatistiksel analizi

Denemede elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuştur. Deneme Tam Şansa

Bağı deneme planına göre iki tekerrürlü olarak kurulup yürütülmüştür. Sadece sous-vide yöntemi için sıcaklık (75, 85, 95°C) ve süre (120dk, 240dk) 3x2 faktöriyel düzende 4 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Farklı bulunan örnekler arası ortalamalar için Duncan Çoklu Karşılaştırma metodu kullanılmıştır (Yıldız ve Bircan 1991). Analizler için SPSS 20.0 istatistik paket programından yararlanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Hammaddenin Bazı Kimyasal ve Fizikokimyasal Özellikleri

Araştırmada Erzurum Et ve Balık Kurumu (EBK) et kombinasyonundan temin edilen ve materyal olarak kullanılan sığır pirzola etlerinin (*M. Longissimus dorsi*) bazı kimyasal ve fizikokimyasal özelliklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Hammadde olarak kullanılan pirzola etinin bazı kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri

N	Su (%) ($\bar{x} \pm SD$)	Ham Yağ (%) ($\bar{x} \pm SD$)	Ham Protein (%) ($\bar{x} \pm SD$)	pH ($\bar{x} \pm SD$)	TBARS (mg/kg) ($\bar{x} \pm SD$)
4	72,54±1,53	4,42±1,48	22,41±0,40	5,56±0,12	0,477±0,049

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

Araştırma sonucunda elde edilen hammaddeye ait belirtilen analiz sonuçları literatürdeki veriler ile benzerlik göstermektedir. Öte yandan Laycock *et al.* (2003) sığır eti üzerine yaptıkları çalışmada çiğ örneklerin %72 su, %22 protein ve %5 yağ içerdiğini belirlemişlerdir. Öz (2006) yaptığı çalışmasında hammadde olarak kullandığı sığır *M. Longissimus dorsi* kasının su içeriğinin %74,69-75,51, yağ içeriğinin %1,26-2,48 ve pH değerinin 5,57-5,61 arasında değiştiğini belirtmiştir. Öz *et al.* (2010b) materyal olarak kullandıkları sığır *M. Longissimus dorsi* kasının su içeriğini, yağ içeriğini ve pH değerini sırasıyla %71,51±1,49, %4,65±0,16, 5,47±0,02 olarak belirlemişlerdir.

4.2. Su İçeriği Sonuçları

Etin su miktarı; etin görünüşü, tekstürü, gevrekliği, tat-aroması, çeşitli ürünlere işlenmesi, depolanması, dondurulması, ambalajlanması, mikrobiyal kalitesi ve

muhafaza süresi üzerine çok önemli etkiye sahiptir. Etin su içeriğine hayvanın türü, yaşı, semirtilme durumu, rasyonun tipi, kas farklılığı, pH, kesimden sonra uygulanan teknolojik işlemler gibi birçok faktör etki etmektedir (Kaya 2013). Mevcut araştırmada sığır pirzola etlerinin su içeriği üzerine pişirme yöntemlerinin etkisi Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi pişirme yöntemlerinin pirzola örneklerinin su içeriği üzerine çok önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir. Sığır pirzola etlerinin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen ortalama su içerikleri ve standart sapmaları Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.2. Örneklerin su içeriği üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları

Pişirme yöntemleri		Sd	KO	F
	Yöntem	9	21,036	11,527**
	Hata	30	1,825	

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

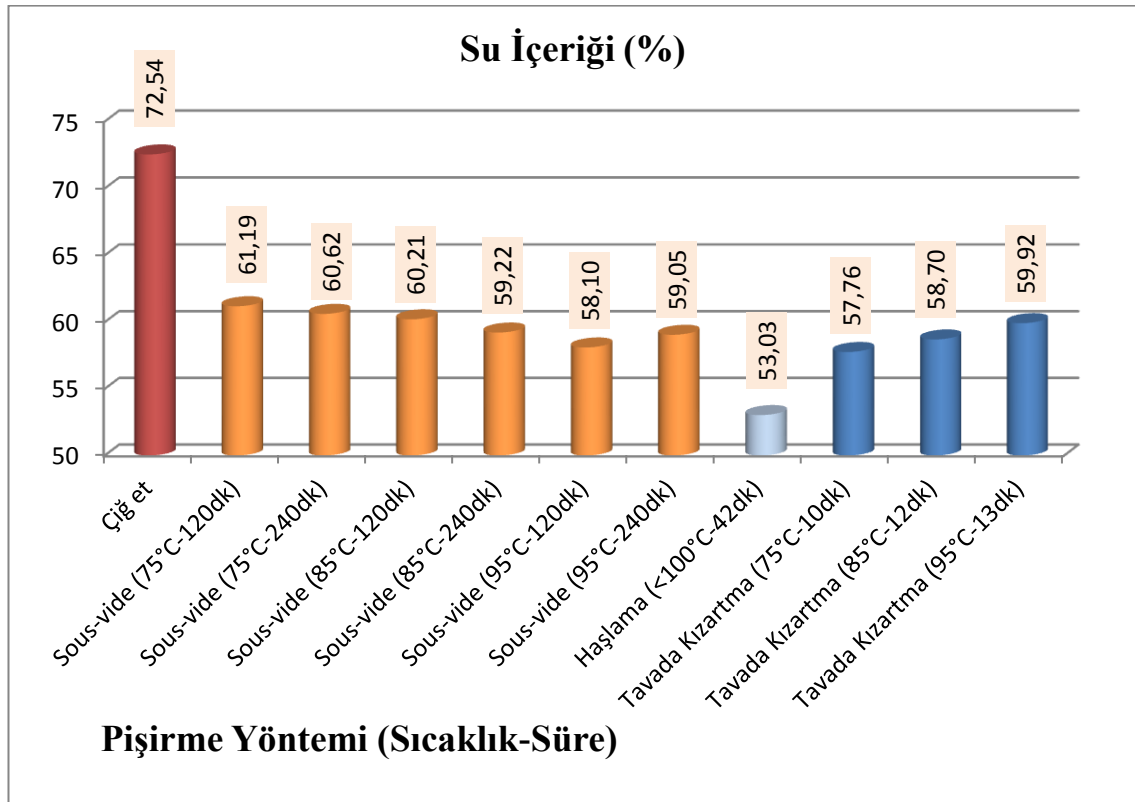
Çizelge 4.3. Örneklerin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen su içerikleri ortalamaları ve standart sapmaları

Pişirme Yöntemi	İç Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	N	Su İçeriği (%) ($\bar{x} \pm SD$)
Sous-vide	75	120	4	61,19±2,35a
		240	4	60,62±0,43ab
	85	120	4	60,21±0,25abc
		240	4	59,22±1,24abcd
	95	120	4	58,10±0,81cd
		240	4	59,05±0,56abcd
Haşlama	<100	5+7+30	4	53,03±1,24e
Tavada Kızartma	75	10	4	57,76±1,84d
	85	12	4	58,70±2,24bcd
	95	13	4	59,92±0,27abcd

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

Araştırmada hammadde olarak kullanılan çiğ pirzola etinin su içeriği %72,54 iken, pişirme işlemi ile örneklerin su içeriğinde beklenildiği gibi azalma tespit edilmiş ve su

içeriği %53,03-61,19 arasında değişmiştir (Çizelge 4.3 ve Şekil 4.1). Sánchez del Pulgar *et al.* (2012) ısıtma işlemi neticesinde ette görülen su kaybının 3 ana nedeninin olduğunu belirtmiştir. Bunlardan ilki; artan sıcaklık ve/veya azalan basınç nedeniyle etteki su buharlaşmaktadır. İkincisi; ısıtma işlemi esnasında artan sıcaklıklar myofibriller proteinlerde şişirince neden olmaktadır. Bu proses 40°C’de başlamakta ve sıcaklığın artmasıyla birlikte daha yoğun olarak gerçekleşmektedir. Bu şişirince 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 kapiller boşluklarda tutunan suyun bir kısmı ısıtma işlemi 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 ısıtma işlemi neticesinde yaşanan su kaybı nedeniyle etin su içeriği pişirme işlemi ile azalmaktadır.



Şekil 4.1. Örneklerin farklı piştirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen su içerikleri ortalamaları

Mevcut araştırmamızda ısıtıl işlem görmüş pirzola etlerinde en düşük su içeriği (%53,03) haşlama yöntemi ile pişirilen örneklerde tespit edilirken, en yüksek su içeriği ise (%61,19) sous-vide pişirme medodu ile 75°C’de 120dk pişirilen örneklerde belirlenmiştir. Isıl işlem görmüş ürünlerdeki su içeriği istatistiksel olarak değerlendirildiğinde sous-vide yöntemi ile 75°C’de 120dk pişirilen örnekler ile haşlanmış ve tavada 75°C’de kızartılan örneklerin su içeriklerinin birbirlerinden önemli oranda ($p<0,01$) farklı olduğu tespit edilmiştir.

Sığır pirzola etlerinin su içerikleri pişirme yöntemi bakımından değerlendirildiğinde; sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin su içeriklerinin %58,10-61,19 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Çizelge 4.4’de sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin su içeriği üzerine pişirme sıcaklık ve süresi arasındaki varyans analiz sonuçları verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi örneklerin sous-vide yöntemi ile pişirilmesi sonucu elde edilen su içerikleri üzerine pişirme sıcaklığının çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu, buna karşın pişirme süresi ile pişirme sıcaklığı x pişirme süresi interaksyonunun ise önemli bir etkisinin ($p>0,05$) olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin su içeriği üzerine pişirme sıcaklık ve süresi arasındaki varyans analiz sonuçları

		Sd	KO	F
Sous-Vide	Sıcaklık	2	10,895	7,920**
	Süre	1	0,249	0,181
	Sıcaklık*Süre	2	2,071	1,506
	Hata	18	1,376	

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

Örneklerin sous-vide yöntemi ile 75°C, 85°C ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilmesi sonucu belirlenen ortalama su içerikleri ve standart sapmaları ise Çizelge 4.5’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin su içerikleri sıcaklıktaki artışa paralel olarak azalmıştır. Sous-vide yöntemi ile 75°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerin su içerikleri, 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerin su içeriklerinden önemli oranda ($p<0,01$) yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Sous-vide pişirme metodunda 75°C, 85°C, 95°C sıcaklıkta pişirilen örneklerin su içerikleri ortalamaları ve standart sapmaları

Piştirme Yöntemi	Sıcaklık (°C)	N	Su İçeriği (%) ($\bar{x} \pm SD$)
Sous-vide	75	8	60,91±1,59a
	85	8	59,71±0,98ab
	95	8	58,57±0,82b

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

Mevcut araştırmada en düşük su içeriği (%53,03) haşlama yöntemi ile pişirilmiş örneklerde tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Haşlama yönteminde uygulanan sıcaklık derecesi 100°C'nin altında olmasına rağmen 12dk basınçsız (düdüklü tencerenin ağzı kapatılmadan) ve 30dk basınç altında (düdüklü tencerenin ağzı kapalı) pişirme işleminin su içeriğinin düşük olmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca sous-vide yönteminde daha uzun süre pişirme işlemi (120 ve 240dk) uygulanmasına rağmen, pişirme öncesi örneklerin vakum ambalajlanmasının serbest suyun uzaklaşmasını azalttığı düşünülmektedir. Nitekim Hernandez *et al.* (1999) yaptıkları çalışmada farklı yöntemlerle pişirdikleri (derin yağda kızartma, tavada kızartma, fırında pişirme, mikrodalgada pişirme ve haşlama) domuz etinde pişirme işleminin etin su içeriğini azalttığını ve en düşük su içeriğinin haşlanmış örnekte olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu sonucu; suyun havadan daha etkili ısı transfer katsayısına sahip olduğuna bağlamışlardır. Araştırmacılara göre Guillard *et al.* (1992) su içinde pişirme işleminde kuru ısıda pişirme metodlarına göre daha fazla ağırlık kaybı tespit etmişlerdir. Kuru ısı uygulamasındaki görülen su kaybı buharlaşma nedeni ile gerçekleşmekte iken, su içinde pişirme metodlarında kayıplar buharlaşmanın yanısıra, sızıntı (exudation) ve yayılma (difüzyon) ile de gerçekleşmektedir.

Araştırmada tavada kızartılan örneklerin su içeriklerinin ise %57,76-59,92 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Tavada kızartma işleminde iç sıcaklığın artışına paralel olarak örneklerin su içeriklerinin arttığı tespit edilmiştir. Bu duruma tavada kızartma işleminde yüzeyde kabuk oluşumu neticesinde üründen suyun uzaklaşmasının zorlaşmasının

neden olduğu düşünülmektedir. Öte yandan aynı nedenin haşlanmış örneklerin su içerikleri ile tavada kızartılan örneklerin su içeriklerinin kıyaslanmasında da etkili olduğu görülmektedir. Ancak bu etki de pişirme sıcaklığının da etkili olduğu unutulmamalıdır.

Farklı etlerde de pişirme sonrasında su içeriğinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Çelik (2013) çiğ göğüs etinde %66,38 olarak belirledikleri su içeriğinin, farklı yöntemlerle pişirilmesi sonucu %53,87-62,92 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Sánchez del Pulgar *et al.* (2012) domuz eti üzerine yaptıkları çalışmada sous-vide yöntemi ile pişirdikleri örneklerin su içeriklerinin pişirme sıcaklık ve süresiyle birlikte azaldığını ve 60°C sıcaklıkta 5 saat pişirdikleri domuz etinde %66,5, 60°C sıcaklıkta 12 saat pişirdikleri örnekte %64,8, 80°C sıcaklıkta 5 saat pişirdikleri örnekte %60,8, 80°C sıcaklıkta 12 saat pişirdikleri örnekte %58,4 olduğunu tespit etmişlerdir.

4.3. Pişirme Kaybı Sonuçları

Etin pişirilmesi lezzetli ve güvenilir bir ürün elde etmek için önemlidir. Ayrıca pişirme işlemi tat-aroma ve gevreklik gibi tüketicinin tercihleriyle ilgili temel özellikleri yakından etkilemektedir. Etlere usulüne uygun olarak yapılan ısı uygulaması patojen mikroorganizmaların inaktivasyonu ile etin hijyenik kalitesini artırmakta ve raf ömrünü uzatmaktadır. Öte yandan pişirme işlemi boyunca gerçekleşen bir takım reaksiyonlar gıdanın besin değerini olumlu yönde; gıdadaki protein denatürasyonu nedeniyle sindirilebilirliğini artırdığı veya olumsuz yönde ısıya dayanıksız, suda veya yağda çözünebilir vitamin ve mineral madde ile lipit oksidasyonu nedeniyle yağ asidi kompozisyonunu da değiştirdiği, özellikle de PUFA miktarında azalmasını etkileyebilmektedir (García-Arias *et al.* 2003; Gerber *et al.* 2009). 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 etten uzaklaştırdığı bilinmektedir (Sánchez del Pulgar *et al.* 2012). Nitekim Gerber *et al.* (2009)'a göre Laroche (1988) pişirme boyunca etten

ayrılan et suyunun myofibriler veya sarkoplazmik proteinler, kolojen, lipitler, tuz, polifosfatlar ve aroma bileşikleri gibi çeşitli bileşikleri de içerdiğini göstermiştir.

Araştırmada sığır pirzola etlerinin pişirme kaybı üzerine pişirme şartlarının etkisi Çizelge 4.6’da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi pişirme yöntemlerinin pirzola örneklerinin pişirme kaybı üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir. Araştırmada materyal olarak kullanılan sığır pirzola etlerinin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen pişirme kaybı değerine ait ortalamaları ve standart sapmaları ise Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Örneklerin pişirme kaybı üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları

Pişirme yöntemleri		Sd	KO	F
	Yöntem	9	113,661	92,695**
	Hata	30	1,226	

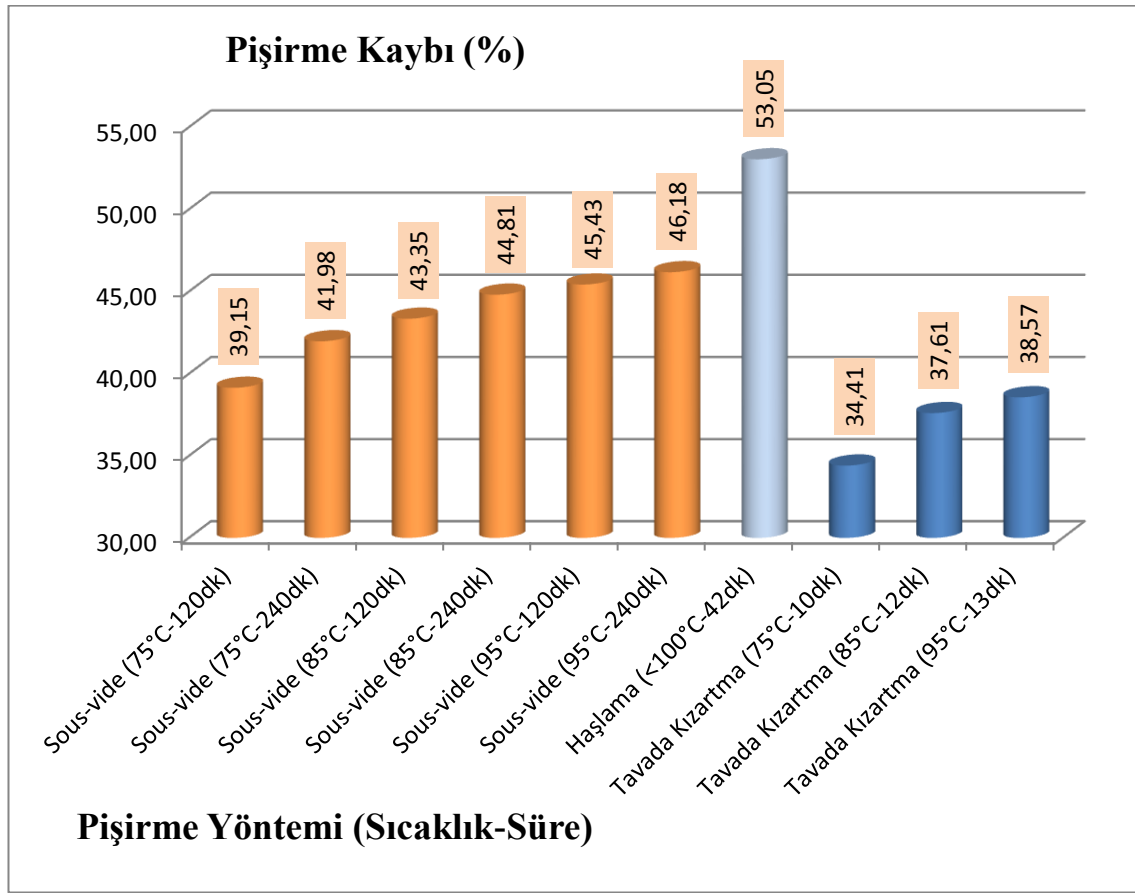
Sd: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması **: $p<0,01$

Çizelge 4.7. Örneklerin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen pişirme kaybı ortalamaları ve standart sapmaları

Pişirme Yöntemi	İç Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	N	Pişirme Kaybı (%) ($\bar{x} \pm SD$)
Sous-vide	75	120	4	39,15±0,15e
		240	4	41,98±0,93d
	85	120	4	43,35±0,98cd
		240	4	44,81±0,60bc
	95	120	4	45,43±0,20b
		240	4	46,18±0,05b
Haşlama	<100	5+7+30	4	53,05±1,96a
Tavada Kızartma	75	10	4	34,41±2,47f
	85	12	4	37,61±0,07e
	95	13	4	38,57±0,25e

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

Mevcut araştırmada farklı yöntemlerle pişirilen etlerde pişirme kaybının %34,41-53,05 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.7, Şekil 4.2). En düşük pişirme kaybı tavada 75°C’de kızartılan örneklerde belirlenirken, en yüksek pişirme kaybı ise haşlanmış örneklerde tespit edilmiştir. Nitekim haşlanmış örneklerdeki su içeriği de (%53,03) diğer yöntemlerle pişirilmiş örneklere kıyasla en düşük seviyede tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. Örneklerin farklı piştirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen piştirme kayıplarının ortalamaları

Örneklerin piştirme kaybı, piştirme yöntemleri bakımından değerlendirildiğinde; sous-vide yöntemi ile pişirilmiş örneklerin piştirme kayıplarının %39,15-46,18 arasında değiştiği gözlenmiştir. Çizelge 4.8’de sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin piştirme kaybı üzerine piştirme sıcaklık ve süresi arasındaki varyans analiz sonuçları verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi örneklerin sous-vide yöntemi ile pişirilmesi sonucu hesaplanan piştirme kayıpları üzerine piştirme sıcaklığı ve piştirme süresinin çok önemli

($p<0,01$), pişirme sıcaklığı x pişirme süresi interaksiyonunun ise önemli ($p<0,05$) etkisinin olduğu belirlenmiştir. Örneklerin sous-vide yöntemi ile 75°C, 85°C ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilmesi sonucu hesaplanan pişirme kaybı ortalamaları ve standart sapmaları ise Çizelge 4.9’da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin pişirme kayıpları sıcaklıktaki artışa paralel olarak artmıştır (Şekil 4.3). Bu yöntem ile pişirilen örneklerdeki pişirme kayıpları istatistiksel olarak birbirlerinden önemli oranda ($p<0,01$) farklıdır. Sánchez del Pulgar *et al.* (2012) domuz eti üzerine yaptıkları çalışmada sous-vide yöntemi ile pişirdikleri örneklerin pişirme kayıplarının, pişirme sıcaklık ve süresiyle birlikte arttığını ve 60°C sıcaklıkta %16,7-20,2, 80°C sıcaklıkta %36,1-40,9 arasında pişirme kaybı tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.8. Sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin pişirme kaybı üzerine pişirme sıcaklık ve süresi arasındaki varyans analiz sonuçları

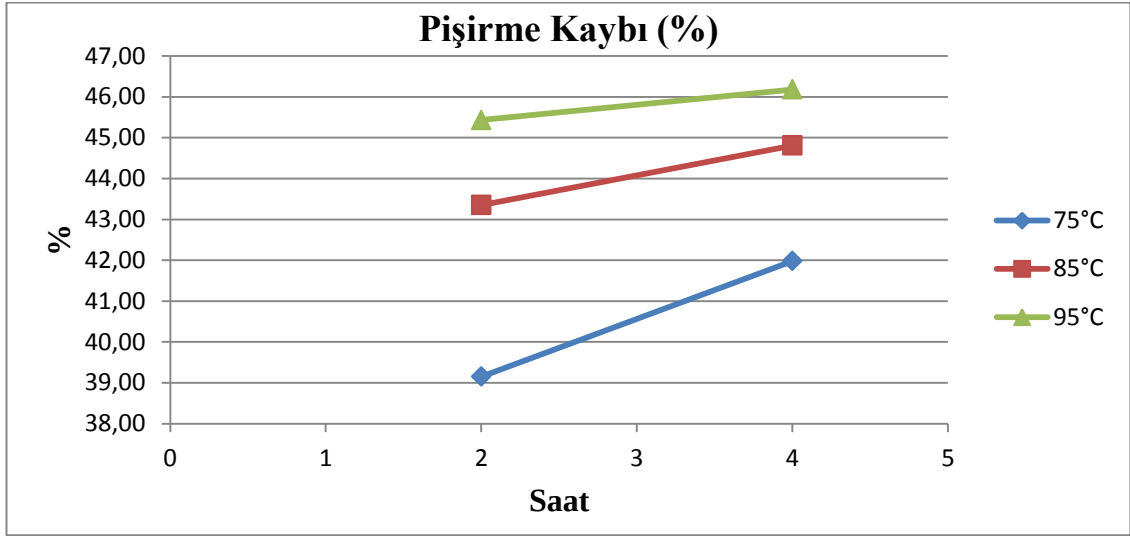
		Sd	KO	F
Sous-Vide	Sıcaklık	2	57,143	152,435**
	Süre	1	17,013	45,383**
	Sıcaklık*Süre	2	2,224	5,932*
	Hata	18	0,375	

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

Çizelge 4.9. Sous-vide pişirme metodunda 75°C, 85°C, 95°C sıcaklıkta pişirilen örneklerin pişirme kaybı ortalamaları ve standart sapmaları

Pişirme Yöntemi	Sıcaklık (°C)	N	Pişirme kaybı (%) ($\bar{x} \pm SD$)
Sous-vide	75	8	40,56±1,64c
	85	8	44,08±1,08b
	95	8	45,81±0,43a

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



Şekil 4.3. Sous-vide yöntemi ile farklı sıcaklıklarda pişirilen etlerdeki pişirme kaybının süreye göre değişimi

Su içerisinde pişirilen etlerin, proteinlerinde denatürasyon, su ve yağ içeriklerinde kayıp olmakta ve etlerde şirink meydana gelmektedir. Etteki kolajen miktarı ne kadar yüksekse, su içerisindeki ağırlık kaybının o derece düşük olduğu belirtilmektedir. Çünkü kolajen su alarak yumuşayıp jelatine dönüşmekte ve etteki ağırlık kaybı belli oranda azalmaktadır. Su içerisinde pişirme yöntemlerinde görülen pişirme kayıplarının kuru sıcaklık uygulamasında görülen pişirme kayıplarına kıyasla daha az olduğu, ayrıca suda pişirme yöntemlerinin, kuru sıcaklık ile pişirme yöntemleri kadar doku üzerinde tahripkâr olmadığı belirtilmektedir (Gökalp vd 1999). Mevcut araştırmada ise en yüksek pişirme kaybı (%53,05) haşlama yöntemi ile pişirilmiş sığır pirzola etlerinde tespit edilmiştir. Bu sonuca, pirzola eti olarak kullanılan *Longissimus dorsi* kasının düşük kollagen içeriğinin ve düdüklü tencerede haşlama işleminde basıncın yüksekliğinin neden olduğu düşünülmektedir.

Araştırmada tavada kızartılan örneklerin pişirme kayıplarının %34,41-38,57 arasında değiştiği ve pişirme metotları arasında en az pişirme kaybının dolayısıyla da ticari anlamda en uygun metodun tavada kızartma olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca, tavada kızartma esnasında etlerin yüzeyinde kabuk oluşumunun neden olduğu düşünülmektedir.

Mevcut araştırmada hem sous-vide yöntemi ile pişirilmiş hem de tavada kızartılmış pirzola örneklerinde i sıcaklığın artması sonucu pişirme kaybın da artış gözlenmiştir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar (Vaudagna *et al.* 2002; Palka 2003; Garcı’a-Segovia *et al.* 2007; Yancey *et al.* 2011) tarafından da tespit edilmiştir. Garcıa-Segovia *et al.* (2007) tarafından yapılan çalışmada sous-vide yöntemi ile pişirilmiş sığır etinde de tespit edilmiştir. Araştırmacılar sous-vide yöntemi ile pişirdikleri örneklerde pişirme sıcaklığı (60°C, 70°C ve 80°C) ve süresinin (15, 30, 45 ve 60dk) artmasıyla pişirme kayıplarının arttığını ve %10-38 arasında pişirme kaybı tespit ettiklerini belirtmişlerdir. Vaudagna *et al.* (2002) sous-vide yöntemi ile pişirdikleri sığır etinde pişirme sıcaklığın (50°C, 55°C, 60°C ve 65°C) artmasıyla pişirme kaybının arttığını ve %8,33-19,41 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Isıl işlem esnasında üründe kütle transferi nedeniyle görülen pişirme kayıplarının; pişirme metodu, pişirme yüzeyi, pişirme sıcaklığı ve süresi gibi pişirme şartları ile çiğ etin nem, yağ, protein içeriği, pH değerı ve etin büyüklüğü gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değiştiği belirtilmektedir (Gerber *et al.* 2009; Alfaia *et al.* 2010). Snchez del Pulgar *et al.* (2012) yaptıkları çalışmada pişirme kaybı arttıķa su içeriğinin azaldığını belirtmişlerdir. Mevcut araştırmamızda da en yüksek pişirme kaybı ve bunun sonucunda en düşük su içeriği haşlanmış örneklerde tespit edilmiştir. Pişirme kaybı ısıl işlem esnasında görülen kütle transferine bağlıdır. Bu nedenle farklı pişirme metodları ve şartları farklı pişirme kayıplarına neden olmaktadır (Dominguez *et al.* 2014a). Mevcut çalışmada pişirme kayıpları pişirme yöntemlerine, sıcaklık-süre kombinasyonlarına bağlı olarak %34,41-53,05 arasında değişmiştir.

4.4. pH Değerleri Sonuçları

Etin pH değerı 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). Sığır pirzola etlerinin pH değerı üzerine yöntemler arası varyans analizi etkisi izelge 4.10’da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi pişirme yöntemlerinin pirzola

örneklerinin pH değeri üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir. Araştırmada materyal olarak kullanılan sığır pirzola etlerinin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen pH değeri ortalamaları ve standart sapmaları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Isıl işlem görmemiş etlerin 5,56 olan ortalama pH değerinin, pişmiş örneklerde 5,73-5,94 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.4).

Çizelge 4.10. Örneklerin pH değeri üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları

Pişirme yöntemleri		Sd	KO	F
	Yöntem	9	0,018	4,653**
	Hata	30	0,004	

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

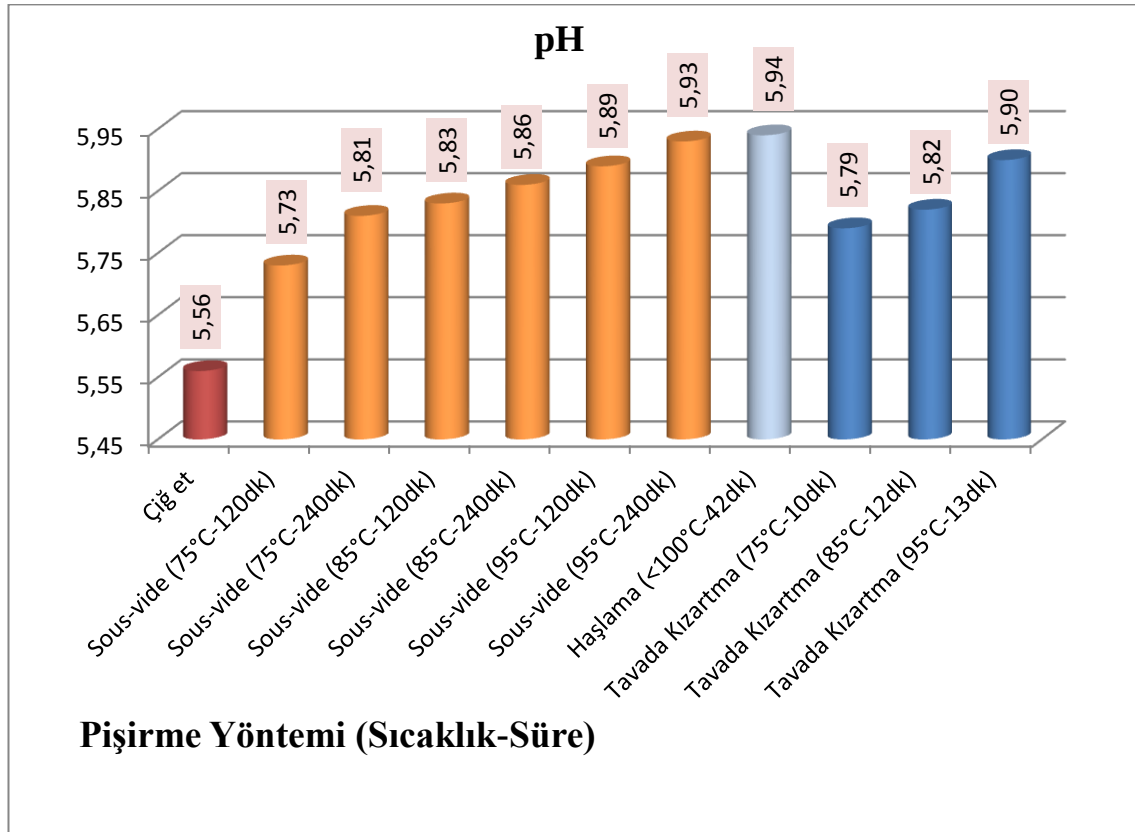
Çizelge 4.11. Örneklerin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen pH değeri ortalamaları ve standart sapmaları

Pişirme Yöntemi	İç Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	N	pH ($\bar{x} \pm SD$)
Sous-vide	75	120	4	5,73±0,04d
		240	4	5,81±0,05bcd
	85	120	4	5,83±0,02bc
		240	4	5,86±0,08abc
	95	120	4	5,89±0,06ab
		240	4	5,93±0,07a
Haşlama	<100	5+7+30	4	5,94±0,11a
Tavada Kızartma	75	10	4	5,79±0,04cd
	85	12	4	5,82±0,06bcd
	95	13	4	5,90±0,05ab

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

Mevcut araştırmada pişirme işleminin, örneklerin pH değerini artırdığı tespit edilmiştir. Girard (1992) pişirme işlemi neticesinde pH değerinde görülen bu artışın sebebini; imidazol, sülfidril ve hidroksil gruplarını içeren bağların serbest hale gelmesine bağlamaktadır. Nitekim Kowale *et al.* (1996) koyun eti üzerine yapmış oldukları

araştırmada çiğ ette 5,70 olan pH değerinin, pişirme işlemi sonrasında 6,20'ye, Rao *et al.* (1996) bufalo etlerinin pişirme işlemi sonrası pH değerinin 5,72'den 6,08'e, Dal Bosca *et al.* (2001) tavşan eti üzerine yaptıkları araştırmada çiğ ette 5,42 olan pH değerinin ısıtıl işlem görmüş örneklerde 5,76'ya kadar yükseldiğini belirlemişlerdir.



Şekil 4.4. Örneklerin farklı piştirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak piştirilmesi sonucu elde edilen pH değeri ortalamaları

Örneklerin pH değerleri, piştirme yöntemleri bakımından değerlendirildiğinde; sous-vide yöntemi ile piştirilen örneklerin pH değerlerinin 5,73-5,93 arasında değiştiği belirlenmiştir. Çizelge 4.12'de sous-vide yöntemi ile piştirilen örneklerin pH değeri üzerine piştirme sıcaklık ve süresi arasındaki varyans analiz sonuçları verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi örneklerin sous-vide yöntemi ile piştirilmesi sonucu tespit edilen pH değeri üzerine piştirme sıcaklığının çok önemli ($p<0,01$), piştirme süresinin önemli ($p<0,05$) etkisinin olduğu, buna karşın piştirme sıcaklığı x piştirme süresi interaksyonunun ise önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin pH değeri üzerine pişirme sıcaklık ve süresi arasındaki varyans analiz

		Sd	KO	F
Sous-Vide	Sıcaklık	2	0,040	13,025**
	Süre	1	0,016	5,141*
	Sıcaklık*Süre	2	0,002	0,636
	Hata	18	0,003	

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

Örneklerin sous-vide yöntemi ile 75°C, 85°C ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilmesi sonucu belirlenen pH değeri ortalamaları ve standart sapmaları Çizelge 4.13’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin pH değerleri sıcaklıktaki artışa paralel olarak artmıştır. Bu yöntem ile pişirilen örneklerdeki pH değerlerinin istatistiksel olarak birbirlerinden önemli oranda ($p < 0,01$) farklı olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.13. Sous-vide pişirme metodunda 75°C, 85°C, 95°C sıcaklıkta pişirilen örneklerin pH değeri ortalamaları ve standart sapmaları

Piştirme Yöntemi	Sıcaklık (°C)	N	pH ($\bar{x} \pm SD$)
Sous-vide	75	8	5,77 $\pm$ 0,06c
	85	8	5,84 $\pm$ 0,05b
	95	8	5,91 $\pm$ 0,06a

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

Haşlanmış örneklerin pH değeri 5,94 olarak belirlenirken, tavada kızartılmış örneklerde ise pH değeri 5,79-5,90 arasında değişiklik göstermiştir. Öte yandan hem sous-vide yöntemi ile pişirilmiş hem de tavada kızartılmış pirzola örneklerinde iç sıcaklığın artması sonucu pH değerlerinde artış gözlenmiştir.

4.5. Renk Değerleri Sonuçları

Taze etin rengi tüketicinin satın alma kararını etkileyen en önemli kalite kriterlerinden biridir. Yeni kesilmiş etin arzu edilen renginden önemli oranda doku pigmenti myoglobinin oksijene formu olan oksimyoglobin sorumludur. Uzun süre depolama ile oksimyoglobin 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 teşvik de edebilmektedir (O'Grady *et al.* 1998).

Sığır pirzola etlerinin renk değerleri üzerine yöntemler arası varyans analizi etkisi Çizelge 4.14'de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi pişirme yöntemlerinin pirzola örneklerinin L^* , a^* , b^* ve C değerleri üzerine çok önemli ($p<0,01$), H ve ΔE değerleri üzerine ise önemli ($p<0,05$) etkisinin olduğu belirlenmiştir. Araştırmada materyal olarak kullanılan sığır pirzola etlerinin hem çiğ hem de farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen renk değerlerinin ortalamaları ve standart sapmaları Çizelge 4.15'de ve Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.14. Örneklerin renk değerleri üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları		Sd	KO	F
L^*	Yöntem	9	283,037	22,605**
	Hata	30	12,521	
a^*	Yöntem	9	2,942	3,690**
	Hata	30	0,797	
b^*	Yöntem	9	12,397	3,651**
	Hata	30	3,395	
C	Yöntem	9	10,733	4,664**
	Hata	30	2,301	
H	Yöntem	9	51,189	2,623*
	Hata	30	19,513	
ΔE	Yöntem	9	27,349	2,902*
	Hata	30	9,424	

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

Çizelge 4.15. Örneklerin çiğ ve farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen L*, a*, b* değerlerinin ortalama ve standart sapmaları

Pişirme Yöntemi	İç Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	N	L*		a*		b*	
				Çiğ ($\bar{x} \pm SD$)	Pişmiş ($\bar{x} \pm SD$)	Çiğ ($\bar{x} \pm SD$)	Pişmiş ($\bar{x} \pm SD$)	Çiğ ($\bar{x} \pm SD$)	Pişmiş ($\bar{x} \pm SD$)
Sous-vide	75	120	4	42,53±1,14	47,18±1,77bc	19,84±1,77	11,49±1,08ab	8,68±1,14	15,80±0,46abc
	75	240	4	41,86±2,07	43,09±2,05c	19,12±1,06	12,12±0,84a	8,55±0,81	15,72±0,31abc
	85	120	4	42,12±1,76	50,21±5,51ab	20,35±2,77	11,17±0,64abc	9,52±2,20	15,60±0,69abcd
	85	240	4	42,33±1,09	50,52±3,56ab	20,25±1,69	11,13±1,10abc	9,71±1,66	18,13±0,56a
	95	120	4	42,43±2,25	54,16±2,62a	20,24±2,57	9,82±0,90cd	9,91±2,62	15,23±0,64abcd
	95	240	4	42,61±1,74	53,02±3,48a	20,09±1,39	11,57±0,78ab	9,74±1,67	17,53±0,69ab
Haşlama	<100	5+7+30	4	40,57±1,95	45,19±2,05bc	22,45±3,62	9,30±0,90d	10,59±3,89	14,56±0,46bcd
Tavada Kızartma	75	10	4	41,84±0,70	31,32±3,99d	25,51±1,60	11,18±0,84abc	13,76±0,83	12,62±3,81d
	85	12	4	41,70±1,31	34,32±5,27d	26,76±3,30	10,35±0,55bcd	14,62±1,91	13,27±3,08cd
	95	13	4	42,89±2,40	33,74±2,82d	24,22±3,46	10,62±1,11bcd	13,12±2,49	13,68±2,79cd

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

L * koyu rengin bir ölçüsüdür (daha yüksek değer daha açık bir renk gösterir)

a * daha yüksek bir değer daha kırmızı bir renk gösterir, kırmızı rengin bir ölçüsüdür

b * daha yüksek bir değer daha sarı bir renk gösterir, sarı rengin bir ölçüsüdür

Çizelge 4.16. Örneklerin çiğ ve farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen C, H, ΔE değerlerinin ortalama ve standart sapmaları

Pişirme Yöntemi	İç Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	N	C		H		ΔE
				Çiğ ($\bar{x} \pm SD$)	Pişmiş ($\bar{x} \pm SD$)	Çiğ ($\bar{x} \pm SD$)	Pişmiş ($\bar{x} \pm SD$)	Pişmiş ($\bar{x} \pm SD$)
Sous-vide	75	120	4	21,67±2,05	19,57±0,68abc	23,50±1,16	54,12±2,97abc	12,27±1,92b
	75	240	4	20,95±1,25	19,88±0,31ab	24,00±1,36	52,38±2,41abc	11,31±0,72b
	85	120	4	22,49±3,42	19,20±0,52abcd	24,74±2,27	54,37±2,36ab	14,46±3,05ab
	85	240	4	22,47±2,23	21,31±0,49a	25,47±2,07	58,44±3,04a	15,36±3,04ab
	95	120	4	22,57±3,44	18,12±1,01bcd	25,60±3,25	57,24±1,46ab	17,42±2,08a
	95	240	4	22,34±1,97	21,03±0,44a	25,69±2,42	56,56±2,59ab	16,07±3,15ab
Haşlama	<100	5+7+30	4	24,91±4,77	17,28±0,87cd	24,58±5,75	57,47±1,68ab	15,73±3,46ab
Tavada Kızartma	75	10	4	28,98±1,79	17,05±2,72d	28,34±0,47	47,18±9,21c	18,64±2,06a
	85	12	4	30,49±3,81	17,00±2,47d	28,62±0,28	50,85±6,74bc	19,40±3,05a
	95	13	4	27,56±4,23	17,42±2,55cd	28,30±0,93	51,34±4,88abc	17,58±5,62a

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

Hue angle = $H = \tan^{-1} (b^*/a^*)$ (daha büyük değer gerçek kırmızı renk ekseninden daha büyük bir değişiklik gösterir)

Chroma = $C = (a^{*2} + b^{*2})^{\frac{1}{2}}$ (Daha büyük değer daha canlı bir renk gösterir)

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_c^*)^2 + (a^* - a_c^*)^2 + (b^* - b_c^*)^2}$$

Çizelge 4.15’de de görüldüğü gibi çiğ örneklerin L*değerleri 41,70-42,89, a* değerleri 19,12-26,72 ve b* değerleri 8,55-14,62 arasında değişiklik gösterirken, pişmiş örneklerin L*değerleri 31,32-54,16, a* değerleri 9,30-12,12 ve b* değerleri ise 12,62-18,13 arasında değişiklik göstermiştir.

Çiğ örneklerin C değerleri 20,95-30,49, H değerleri 23,50-28,62 arasında değişiklik gösterirken, pişmiş örneklerin C değerleri 17,00-21,03, H değerleri 47,18-58,44 arasında değişiklik göstermiştir. Çiğ ve pişmiş örneklerin L*, a* ve b* değerlerinden hesaplanan ΔE değerleri ise 11,31-19,40 arasında değişmiştir.

Örneklerin renk değerleri pişirme yöntemleri bakımından değerlendirildiğinde; sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin L*, b* ve H değerleri çiğ örneklerle kıyasla artarken, a* ve C değerleri azalma göstermiştir. Çizelge 4.17’de sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin renk değerleri üzerine pişirme sıcaklık ve süresi arasındaki varyans analiz sonuçları verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi örneklerin sous-vide yöntemi ile pişirilmesi sonucu pişirme sıcaklığının; L*, b* ve ΔE değerleri üzerine çok önemli ($p<0,01$), H değeri üzerine önemli ($p<0,05$) etkisinin olduğu, buna karşın a* ve C değerleri üzerine ise önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Pişirme süresinin; b* ve C değerleri üzerine çok önemli ($p<0,01$), a* değeri üzerine önemli ($p<0,05$) etkisinin olduğu, buna karşın L*, H ve ΔE değerleri üzerine ise önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Pişirme sıcaklığı x pişirme süresi interaksiyonunun b* ve C değerleri üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu, buna karşın, diğer renk değerleri (L*, a*, H ve ΔE) ise önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir.

Çizelge 4.17. Sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin renk değerleri üzerine pişirme sıcaklık ve süresi arasındaki varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları		Sd	KO	F
L*	Sıcaklık	2	145,664	12,597**
	Süre	1	16,179	1,399
	Sıcaklık*Süre	2	10,031	0,867
	Hata	18	11,564	
a*	Sıcaklık	2	2,509	3,056
	Süre	1	3,658	4,457*
	Sıcaklık*Süre	2	1,637	1,994
	Hata	18	0,821	
b*	Sıcaklık	2	2,429	7,306**
	Süre	1	15,081	45,358**
	Sıcaklık*Süre	2	4,198	12,626**
	Hata	18	0,332	
C	Sıcaklık	2	1,018	2,684
	Süre	1	18,918	49,859**
	Sıcaklık*Süre	2	3,542	9,336**
	Hata	18	0,379	
H	Sıcaklık	2	31,373	4,921*
	Süre	1	1,845	0,289
	Sıcaklık*Süre	2	19,101	2,996
	Hata	18	6,376	
ΔE	Sıcaklık	2	50,289	8,138**
	Süre	1	1,320	0,214
	Sıcaklık*Süre	2	2,877	0,466
	Hata	18	6,179	

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

Örneklerin sous-vide yöntemi ile 75°C, 85°C ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilmesi sonucu belirlenen renk değerleri ortalamaları ve standart sapmaları Çizelge 4.18’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin L* değerleri sıcaklıktaki artışa paralel olarak artmış, ancak 85°C ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerin L* değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark gözlenmezken ($p > 0,05$), 75°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerin L* değerlerinin, 85°C ve 95°C iç

sıcaklığa kadar pişirilen örneklerin L^* değerlerinden önemli oranda ($p<0,01$) farklı olduğu tespit edilmiştir. Sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin a^* değerleri sıcaklıktaki artışa paralel olarak azalmış, ancak bu azalış 75°C ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde istatistiksel olarak önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Sous-vide yöntemi ile 85°C ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerin b^* değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark gözlenmezken ($p>0,05$), 75°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerin b^* değerlerinin, 85°C ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerin b^* değerlerinden önemli oranda ($p<0,01$) düşük olduğu tespit edilmiştir. Sous-vide yöntemi ile 75°C , 85°C ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerin C değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark gözlenmemiştir ($p>0,05$). Sous-vide yöntemi ile 85°C ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerin H ve ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark gözlenmezken ($p>0,05$), 75°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerin H ve ΔE değerlerinin, 85°C ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerin H ve ΔE değerlerinden önemli oranda ($p<0,01$) düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18. Sous-vide pişirme metodunda 75°C , 85°C , 95°C sıcaklıkta pişirilen örneklerin renk değerleri ortalamaları ve standart sapmaları

Pişirme Yöntemi	Renk Değerleri	İç Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ($\bar{x} \pm \text{SD}$)		
		75	85	95
Sous-vide	L^*	45,13 $\pm$ 2,82b	50,36 $\pm$ 4,30a	53,59 $\pm$ 2,92a
	a^*	11,81 $\pm$ 0,96a	11,15 $\pm$ 0,84ab	10,69 $\pm$ 1,22b
	b^*	15,76 $\pm$ 0,37b	16,86 $\pm$ 1,47a	16,38 $\pm$ 1,38a
	C	19,72 $\pm$ 0,51a	20,25 $\pm$ 1,22a	19,57 $\pm$ 1,71a
	H	53,25 $\pm$ 2,67b	56,40 $\pm$ 3,33a	56,90 $\pm$ 1,98a
	ΔE	11,79 $\pm$ 1,44b	14,91 $\pm$ 2,86a	16,75 $\pm$ 2,58a

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

Sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin L^* değerleri çiğ örneklerle kıyasla artmıştır. Sous-vide yöntemi ile pişirilmek üzere ayrılan pirzola etlerinin L^* değerleri 41,86-42,61

arasında değişirken, pişirilmiş örneklerde L* değerleri 43,09-54,16 arasında değişiklik göstermiştir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (Christensen *et al.* 2011; Nikmaram *et al.* 2011). Roldán *et al.* (2013)'e göre pişirme sıcaklığının yükselmesi ile L* değerindeki artışın muhtemel nedenleri; 1) Düşük sıcaklıkta pişirilen etteki yüksek su içeriği dokuda ışığın daha derine nüfuz etmesine izin vermekte ve böylece et daha açık renge sahip olmakta, 2) Pişirme sıcaklığının artması myofibriller ve sarkoplazmik proteinlerin daha fazla denatürasyonu ve agregasyonuna yol açmakta ve neticede ışığın dağılması artmaktadır. Haşlanmış örneklerin de L* değerleri sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerde olduğu gibi, çiğ örneklerle kıyasla artmıştır. Haşlama yöntemi ile pişirilmek üzere ayrılan pirzola etlerinin L* değeri 40,57 iken, pişirilmiş örneklerde 45,19'a yükselmiştir. Tavada kızartma yöntemi ile pişirilen örneklerin L* değerleri ise sous-vide ve haşlama yöntemi ile pişirilen örneklerin aksine çiğ örneklerle kıyasla azalmıştır. Tavada kızartma yöntemi ile pişirilmek üzere ayrılan pirzola etlerinin L* değerleri 41,70-42,89 arasında değişirken, pişirilmiş örneklerde bu değer 31,32-34,32 arasında değişiklik göstermiştir. Kuru ısı uygulaması ile pişirilen et örneklerinde, pişirme sonucu L* değerinin azaldığı ve örneklerin daha koyu renge sahip olduğu bilinmektedir. Nitekim tavada kızartılmış örneklerin L* değerlerinin, sous-vide yöntemi ve haşlama yöntemi ile pişirilen örneklerin L* değerlerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu sonucun sous-vide yöntemi ve haşlama yöntemi ile pişirme işlemlerinde, et yüzeyinde serbest suyun artması ve bu nedenle de ete daha açık bir görünüm vermesi nedeni ile olduğu tahmin edilmektedir (Rees *et al.* 2003a, 2003b). 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.

a* değeri çoğunlukla etin oksimiyogloblin içeriği ile yakından ilişkilendirilmektedir (Renner *et al.* 1996) ve pişmiş ette ise a* değeri yüksekliğinin myoglobin denatürasyonu ile ters ilişkili olduğu belirtilmektedir (Roldán *et al.* 2013). Sous-vide yöntemi, haşlama ve tavada kızartma yöntemleri ile pişirilen örneklerin a* değerleri çiğ örneklerle kıyasla azalmıştır. Etlerde pişirme sonrası a* değerindeki azalmanın pigment denatürasyonu nedeniyle olduğu belirtilmektedir (Aberle *et al.* 2001; Sánchez del

Pulgar *et al.* 2012). Sous-vide yöntemi ile pişirilmek üzere ayrılan pirzola etlerinin a* değerleri 19,12-20,35 arasında değişirken, pişirilmiş örneklerde 9,82-12,12 arasında değişiklik göstermiştir. Haşlama yöntemi ile pişirilmek üzere ayrılan pirzola etlerinin a* değeri 22,45 iken, pişirilmiş örneklerde 9,30'a düşmüştür. Tavada kızartma yöntemi ile pişirilmek üzere ayrılan pirzola etlerinin a* değerleri 24,22-26,76 arasında değişirken, pişirilmiş örneklerde bu değer 10,35-11,18 arasında değişiklik göstermiştir.

Sarı renk yoğunluğunun göstergesi olan b* değeri veya sarılık değeri literatürde hala 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). Sous-vide yöntemi ile pişirilmek üzere ayrılan pirzola etlerinin b* değerleri 8,55-9,91 arasında değişirken, pişirilmiş örneklerde 15,23-18,13 arasında değişiklik göstermiştir. Haşlama yöntemi ile pişirilmek üzere ayrılan pirzola etlerinin b* değeri 10,59 iken, pişirilmiş örneklerde 14,56'ya yükselmiştir. Tavada kızartma yöntemi ile pişirilmek üzere ayrılan pirzola etlerinin b* değerleri 13,12-14,62 arasında değişirken, pişirilmiş örneklerde 12,62-13,68 arasında değişiklik göstermiştir. Sous-vide yöntemi ve haşlama yöntemleri ile pişirilen tüm örneklerin b* değerleri, çiğ örneklerle kıyasla artarken, tavada sadece 95°C iç sıcaklığa kadar kızartılan örneklerin b* değerleri çiğ örneklerle kıyasla artmış, diğer örneklerin b* değerleri ise çiğ örneklerinkine kıyasla azalmıştır. Öte yandan ısı işlem ile et örneklerinin b* değerlerinde görülen artışın; metmyoglobin oluşumu ve oluşan bu metmyoglobinin ısı işlem ile denatürasyonu olduğu düşünülmektedir (Roldán *et al.* 2013).

Chroma (C) veya et renk doygunluk değerinin myoglobin konsantrasyonu ve denatürasyonu ile ilişkili olduğu belirtilmektedir. Bu değer; myoglobin konsantrasyonunun azalması ve/veya myoglobin denatürasyonun artması ile giderek azalmaktadır (Sánchez del Pulgar *et al.* 2012). Sonuçta C değerindeki azalmanın et yüzeyinde metmyoglobin birikiminin bir göstergesi olduğu düşünülmektedir (Humada *et al.* 2014). Mevcut araştırmada sous-vide yöntemi, haşlama ve tavada kızartma yöntemleri ile pişirilen örneklerin C değerleri çiğ örneklerle kıyasla azalmıştır. Sous-vide yöntemi ile pişirilmek üzere ayrılan pirzola etlerinin C değerleri 20,95-22,57

arasında değişirken, pişirilmiş örneklerde 18,12-21,31 arasında değişiklik göstermiştir. Haşlama yöntemi ile pişirilmek üzere ayrılan pirzola etlerinin C değeri 24,91 iken, pişirilmiş örneklerde 17,28'e düşmüştür. Tavada kızartma yöntemi ile pişirilmek üzere ayrılan pirzola etlerinin C değerleri 27,56-30,49 arasında değişirken, pişirilmiş örneklerde 17,00-17,42 arasında değişiklik göstermiştir. Sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerinin C değerlerinin haşlama ve tavada kızartılmış örneklerin C değerlerinden yüksek olması oksimiyoglobin ve metmyoglobine kıyasla deoksimiyoglobinin daha yüksek termostabiliteye sahip olması nedeni ile olabilir. Sous-vide yönteminde pişirme öncesi vakum ambalajlama işleminin uygulanması myoglobinin önceki redoks fazı olan deoksimiyoglobin miktarını arttırdığı da bilinmektedir (Sánchez del Pulgar *et al.* 2012).

Rengin ana özelliklerinden biri olan H değerinin (Hue angle), myoglobinin kimyasal pozisyonundan etkilendiği ve a* değeri ile ters ilişkili olduğu belirtilmektedir (Sánchez del Pulgar *et al.* 2012). H değeri, görünüş üzerine etin stabilitesinin iyi bir göstergesidir. Bu parametre et renginin algılanmasını sağlamaktadır. Büyük değerler daha az kırmızı ürün anlamına gelmektedir (Humada *et al.* 2014). Nitekim mevcut araştırmada tüm pişirme yöntemlerinde de pişirilen örneklerin çiğ ete kıyasla a* değerleri azalmış, buna karşın H değerleri artmıştır. Sous-vide yöntemi ile pişirilmek üzere ayrılan pirzola etlerinin H değerleri 23,50-25,69 arasında değişirken, pişirilmiş örneklerde 52,38-58,44 arasında değişiklik göstermiştir. Haşlama yöntemi ile pişirilmek üzere ayrılan pirzola etlerinin H değeri 24,58 iken, pişirilmiş örneklerde 57,47'e yükselmiştir. Tavada kızartma yöntemi ile pişirilmek üzere ayrılan pirzola etlerinin H değerleri ise 28,30-28,62 arasında değişirken, pişirilmiş örneklerde 47,18-51,34 arasında değişiklik göstermiştir.

Renk değerleri arasında diğer önemli bir değer olan ve çiğ örnekler ile pişmiş örneklerin L*,a* ve b* değerlerinden hesaplanan ΔE değeri; sous-vide yöntemi ile pişirilen pirzola etlerinde 11,31-17,42 arasında, haşlama yöntemi ile pişirilmiş örneklerde 15,73 olarak, tavada kızartılan örneklerde ise 17,58-19,40 arasında hesaplanmıştır.

Mevcut araştırmada elde edilen renk değerleri literatürdeki veriler ile benzerlik

göstermektedir. Aradaki farkların materyal olarak kullanılan et çeşidi, kas türü, pişirme metodu, sıcaklığı, süresi gibi pişirme şartlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Laycock *et al.* (2003) su banyosunda pişirdikleri sığır etinin L^* değerini 52,50 a^* değerini ise 7,96 olarak belirlemişlerdir. Szerman *et al.* (2012) sous-vide yöntemi ile 70°C 'de 2dk pişirdikleri kontrol grubu sığır etlerinde L^* , a^* , b^* değerlerini sırasıyla 58,48; 6,19; 17,40 olarak belirlemişlerdir. García-Segovia *et al.* (2007) sous-vide yöntemi ile 70°C 'de 60dk pişirdikleri dana biftek etlerinde L^* , a^* , b^* değerlerini sırasıyla 51,00; 5,00; 15,00 olarak belirlemişlerdir. Öte yandan Dal Bosco *et al.* (2001) yaptıkları çalışmada ısıtıl işlem görmüş tavşan etlerinin çiğ etlere kıyasla daha yüksek L^* ve b^* değerine, buna karşın daha az a^* değerine sahip olduğunu, Heymann *et al.* (1990) pişirme işlemi sonrası domuz etinin pembe renginde azalma, buna karşın koyuluğunda ise bir artış olduğunu tespit etmişlerdir. García *et al.* (2009) ise hamburger örneklerinin pişirilmesi ile L^* ve b^* değerinin arttığını, a^* değerinin ise azaldığını tespit etmişlerdir.

Mevcut araştırmanın sonuçlarına göre örneklerin tüm renk parametreleri pişirme yöntemlerinden etkilenmiştir. Mevcut çalışmada sous-vide ve haşlama yöntemleri ile pişirilen örneklerde çiğ örneklere kıyasla L^* ve b^* değeri yükselmiş a^* değeri ise azalmıştır. L^* değerindeki artışın sebebi su kaybı nedeni ile et yüzeyinde bulunan fazla suyun ışığın yansıtma kapasitesini artırması, a^* değerindeki azalmanın nedeni deoksimyoglobin ve oksimiyoglobin denatürasyonu, b^* değerindeki artışın nedeninin ise metmyoglobin ve sulfomyoglobin türlerinin oluşması nedeniyle olduğu düşünülmektedir (García-Segovia *et al.* 2007).

4.6. TBARS Değeri Sonuçları

Oksidasyon et ve et ürünlerinde görülen en önemli kalite bozukluklarından biridir. Sıcaklık, oksijen, ışık, katalizörler, hematin bileşikler, lipoksigenaz vb. gibi pek çok faktör oksidasyona etki etmektedir. Öte yandan etteki oksidasyonun asıl nedeninin ısıtıl işlem olduğu belirtilmektedir. Pişirme işlemi; oksimiyoglobinden oksijenin serbest hale gelmesine izin veren enzimleri inaktif hale getirdiği gibi hücresel yapıyı da tahrip etmektedir. Ayrıca et ısıtıl işleme tabi tutulduğunda oksidasyonu kolaylaştıran hem demir

nedeni ile de lipid oksidasyonunda bir artış gözlenmektedir. Bazı çalışmalar yavaş pişirme işleminin stabilite için daha iyi olduğunu gösterirken, bazıları ise 100°C üzerindeki sıcaklıklarda pişirme işleminin oksidasyonu engellediğini belirtmişlerdir. Öte yandan pişirme sıcaklığının 90°C veya yukarısına çıktığı zaman ette oluşan Maillard reaksiyon ürünlerinin antioksidan olarak görev aldıkları da belirtilmektedir (Lepper-Blilie *et al.* 2014).

Et ve et ürünlerindeki lipid oksidasyonunu belirlemek için yaygın olarak TBARS analizi yapılmaktadır. Örneklerdeki TBARS içeriğinin etin kalitesinin bozulmasıyla ve potansiyel olarak toksik bileşiklerin oluşumu ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (Juárez *et al.* 2010). Mevcut araştırmada çiğ pirzola etinde tespit edilen TBARS değeri (0,477mg/kg) literatürdeki veriler ile uyum içerisindedir. Ferioli *et al.* (2008)'de kıyma haline getirdikleri ısıl işlem görmemiş sığır etinin TBARS değerini 0,6mg/kg belirlemişlerdir. Houben *et al.* (2002) yaptıkları çalışmada önceden dondurulmuş yağsız sığır etinden elde ettikleri kıymada TBA değerinin 0,669mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Houben *et al.* (2000) ise TBA değerini yağsız sığır etinden yaptıkları kıymada 0,77mg/kg, yağlı sığır etinden yaptıkları kıymada 0,60mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Öte yandan diğer bazı araştırmacılar taze sığır etinde 1,8-10,4mg/kg arasında TBARS değeri tespit etmişlerdir (Formanek *et al.* 1998).

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; Hernandez *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; Dominguez *et al.* 2014a,b), 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).

Sığır pirzola etlerinin TBARS değeri üzerine yöntemler arası varyans analiz etkisi Çizelge 4.19’da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi pişirme yöntemlerinin pirzola örneklerinin TBARS değeri üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir. Araştırmada materyal olarak kullanılan sığır pirzola etlerinin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen TBARS değeri ortalamaları ve standart sapmaları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Hammadde olarak kullanılan sığır pirzola etinin (çiğ) TBARS değeri 0,477mg/kg iken, farklı yöntemler ile pişirilmiş örneklerin TBARS değerleri 0,250-3,006mg/kg arasında değişmiştir (Şekil 4.5). Öte yandan pişirilmiş örnekler arasında istatistiksel olarak en yüksek TBARS değerleri sous-vide yöntemi ile 75°C’de 2 saat ve 4 saat pişirilen örneklerde tespit edilmiştir. Diğer pişirme yöntemleri ile pişirilen örneklerin TBARS değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir.

Çizelge 4.19. Örneklerin TBARS değeri üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları

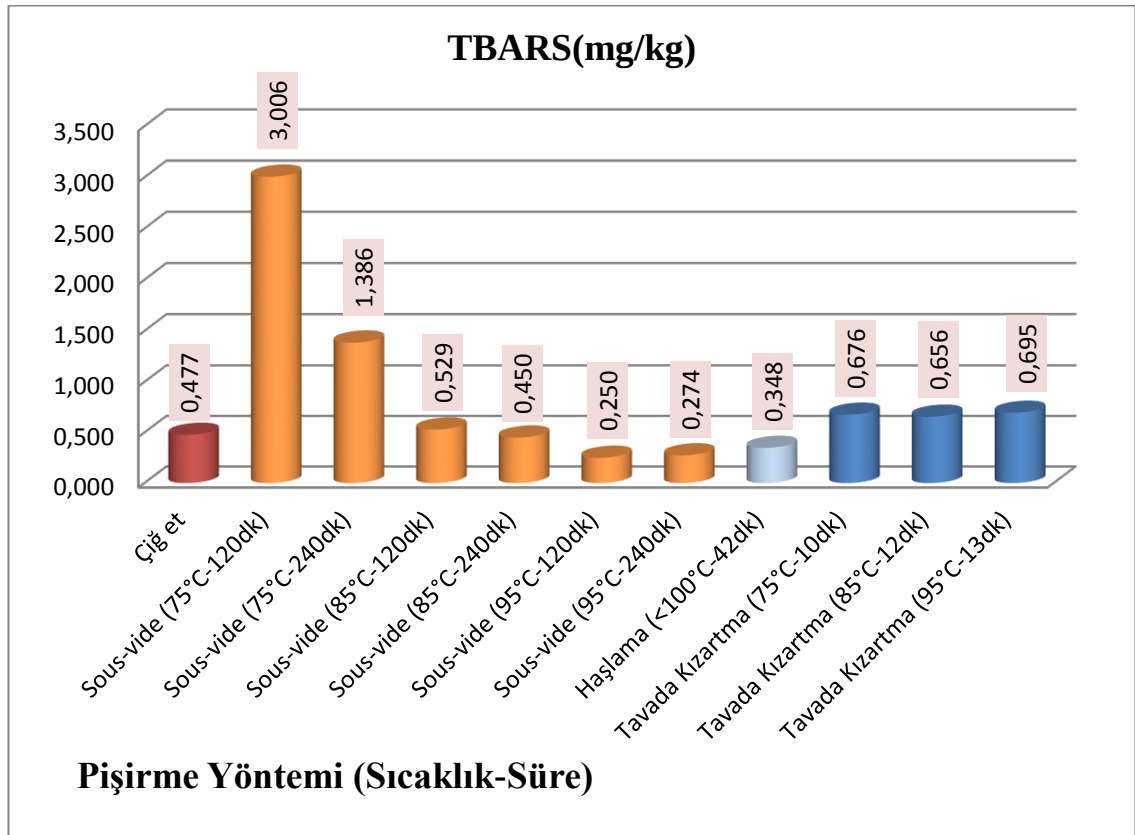
Pişirme yöntemleri		Sd	KO	F
	Yöntem	9	2,769	14,082**
	Hata	30	0,197	

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

Çizelge 4.20. Örneklerin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen TBARS değeri ortalama ve standart sapmaları

Pişirme Yöntemi	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	N	TBARS (mg/kg) ($\bar{x} \pm SD$)
Sous-vide	75	120	4	3,006±1,160a
		240	4	1,386±0,768b
	85	120	4	0,529±0,080c
		240	4	0,450±0,070c
	95	120	4	0,250±0,043c
		240	4	0,274±0,048c
Haşlama	<100	5+7+30	4	0,348±0,054c
Tavada Kızartma	75	10	4	0,676±0,102c
	85	12	4	0,656±0,012c
	95	13	4	0,695±0,012c

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



Şekil 4.5. Örneklerin farklı piştirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak piştirilmesi sonucu elde edilen TBARS değeri ortalamaları

Chen *et al.* (1984) yavaş piştirme işleminin hızlı piştirme işleminin aksine, polifirin halkalarından daha fazla hem olmayan demir açığa çıkarmadığını, hızlı piştirme işleminde ise myoglobin moleküllerinin koagüle olduğunu ve polifirin halkalarından hem demirin açığa çıkamadığını, bu nedenle de yavaş piştirme işleminin ette lipid oksidasyonunun daha fazla gerçekleşmesine neden olduğunu belirtmektedir. Ayrıca Min and Ahn (2005) yüksek sıcaklığın lipid oksidasyonunun gerçekleşmesi için gerekli aktivasyon enerji miktarını azalttığını da belirtmişlerdir. Mevcut araştırmada da sous-vide yöntemi ile 85°C’de 4 saat, 95°C’de 2 ve 4 saat piştirilen örnekler ile haşlanmış örneklerde belirlenen TBARS değerinin, çiğ ete kıyasla düşük olduğu tespit edilmiştir.

Örneklerin TBARS değerleri, piştirme yöntemleri bakımından değerlendirildiğinde; sous-vide yöntemi ile piştirilen örneklerin TBARS değerlerinin 0,250-3,006mg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Çizelge 4.21’de sous-vide yöntemi ile piştirilen

örneklerin TBARS değeri üzerine pişirme sıcaklık ve süresi arasındaki varyans analiz sonuçları verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi örneklerin sous-vide yöntemi ile pişirilmesi sonucu tespit edilen TBARS değeri üzerine pişirme sıcaklığının çok önemli ($p<0,01$), pişirme süresi ile pişirme sıcaklığı x pişirme süresi interaksiyonunun önemli ($p<0,05$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.21. Sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin TBARS değerleri üzerine pişirme sıcaklık ve süresi arasındaki varyans analiz sonuçları

		Sd	KO	F
Sous-Vide	Sıcaklık	2	8,938	27,464**
	Süre	1	1,869	5,744*
	Sıcaklık*Süre	2	1,698	5,218*
	Hata	18	0,325	

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

Örneklerin sous-vide yöntemi ile 75°C, 85°C ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilmesi sonucu belirlenen TBARS değeri ortalamaları ve standart sapmaları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin TBARS değerleri sıcaklıktaki artışa paralel olarak azalmıştır. Ancak bu azalma 75°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örnekler ile 85°C ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örnekler arasında önemli ($p<0,01$) bulunmuş, 85°C ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örnekler arasında ise önemli olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da bulunmuştur (Ferioli *et al.* 2008; Sánchez del Pulgar *et al.* 2012). Nitekim Sánchez del Pulgar *et al.* (2012) sous-vide pişirme sıcaklığı ve süresinin domuz eti kalitesi üzerine olan etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada yüksek sıcaklıklarda ve uzun süre pişirilen etlerde daha düşük TBARS değerleri tespit etmişlerdir. Araştırmacılar kullanılan pişirme sıcaklığın artması ile TBARS değerlerinin azaldığını tespit etmişlerdir. 60°C sıcaklıkta 5 saat süreyle pişirme işleminde TBARS değeri 3,7mg/kg olarak, 80°C’de ise 3,6mg/kg olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar 12 saat süreyle pişirme işleminde 60°C sıcaklıkta TBARS değerini 4mg/kg olarak, 80°C’de ise 2,4mg/kg olarak belirlemişlerdir. Mevcut araştırmada da aynı sürede sous-vide yöntemi ile pişirme işleminde pişirme sıcaklığının artması ile TBARS değerinin

azaldığı tespit edilmiştir. Pişirme sıcaklığı ve süresinin artmasının lipid 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; Dominguez *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.

Çizelge 4.22. Sous-vide pişirme metodunda 75°C, 85°C, 95°C sıcaklıkta pişirilen örneklerin TBARS değeri ortalamaları ve standart sapmaları

Pişirme Yöntemi	Sıcaklık (°C)	N	TBARS (mg/kg) ($\bar{x} \pm SD$)
Sous-vide	75	8	2,196±1,257a
	85	8	0,490±0,081b
	95	8	0,262±0,044b

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

Mevcut araştırmada TBARS değeri haşlanmış örneklerde 0,348mg/kg iken, tavada kızartılmış örneklerde ise 0,656-0,695mg/kg arasında değişmiştir. Campo *et al.* (2006)'ya göre Greene ve 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 sadece sous-vide yönteminde 75°C'de 2 saat pişirilen sığır etinde tespit edilen TBARS değeri (3,006mg/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.

4.7. HAA İçeriği Sonuçları

4.7.1. Geri kazanımlar

Araştırmada HAA'ların geri kazanımlarını belirlemek için standart ilave metodu kullanılmış ve ısıtıl işlem görmemiş örneklerle ekstraksiyon öncesinde bilinen konsantrasyonlarda HAA karışımı eklenmiştir. Ardından yapılan ekstraksiyon ve analiz sonrası geri kazanım miktarları belirlenmiştir. Çizelge 4.23'de 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.

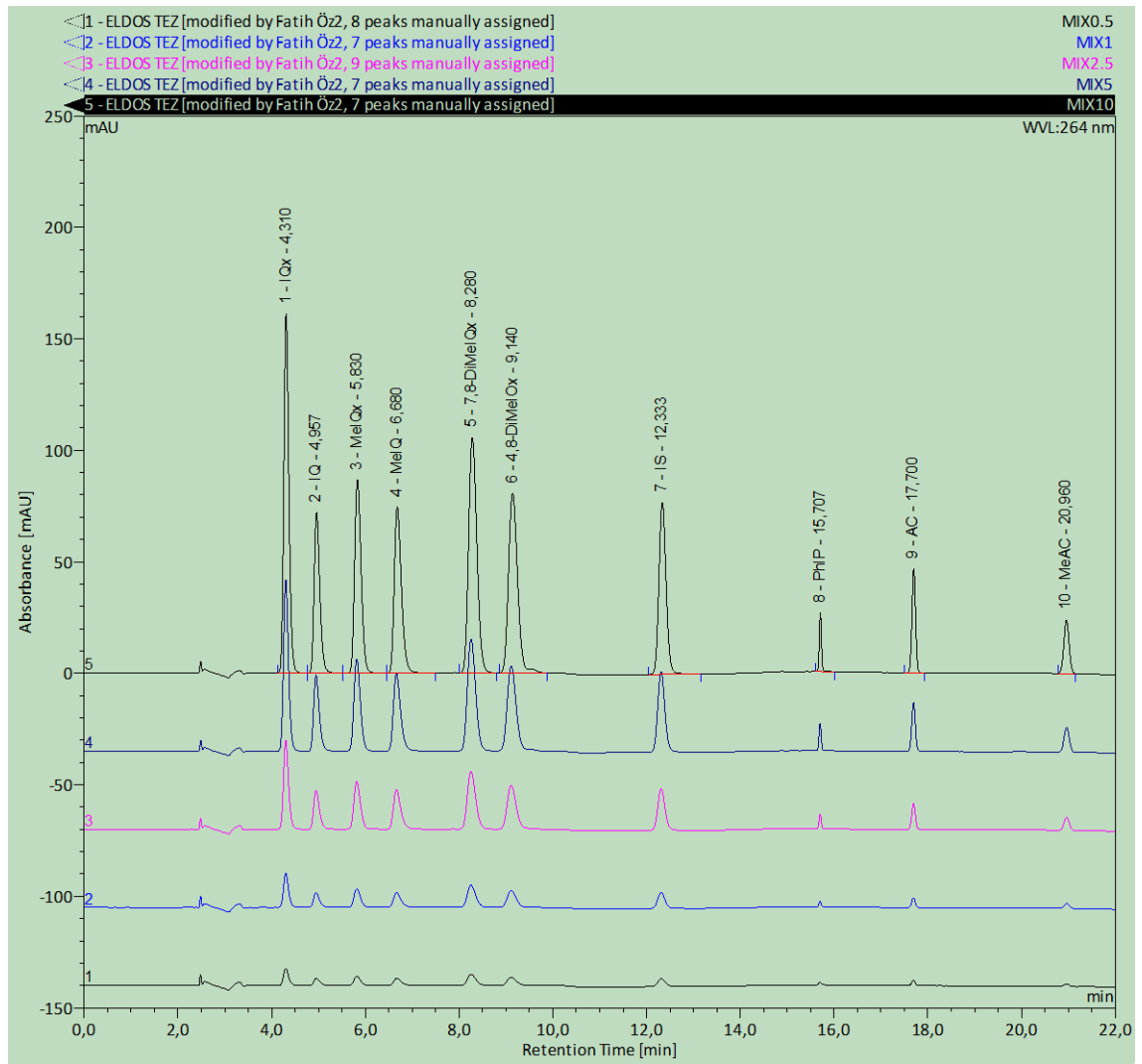
Çizelge 4.23. Analiz yapılan HAA'ların geri kazanımları, LOD ve LOQ değerleri

HAA	Geri kazanım (%)	LOD (ng/g)	LOQ (ng/g)
IQx	71,35	0,004	0,013
IQ	45,11	0,009	0,029
MeIQx	74,67	0,024	0,081
MeIQ	35,52	0,014	0,047
7,8-DiMeIQx	69,20	0,005	0,018
4,8-DiMeIQx	70,38	0,008	0,025
PhIP	64,93	0,025	0,085
AαC	98,30	0,012	0,039
MeAαC	75,91	0,010	0,035

Çeşitli konsantrasyonlarda (10ng/g, 5ng/g, 2.5ng/g, 1ng/g, 0.5ng/g) hazırlanan HAA mix stok solüsyonlarının HPLC kromatogramları Şekil 4.6'da verilmiştir. HPLC'de HAA mix stok solüsyonu piklerinin geliş zamanları; IQx için 4,310dk, IQ için 4,957dk, MeIQx için 5,830dk, MeIQ için 6,680dk, 7,8-DiMeIQx için 8,280dk, 4,8-DiMeIQx için 9,140dk, 4,7,8-TriMeIQx (internal standart) için 12,333dk, PhIP için 15,707dk, AαC için 17,700dk ve MeAαC için 20,960dk olarak belirlenmiştir.

Mevcut araştırmada HAA bileşiklerinin belirlenen geri kazanımları (%35,52-98,30)

literatürdeki veriler ile uyum göstermektedir. Felton *et al.* (1994) ekstraksiyon geri kazanımlarını MeIQx, DiMeIQx ve IQ için %26-80 olarak belirlerken, PhIP için %30–57 arasında değiştiğini belirlemiştir. Knize *et al.* (1994b) yaptıkları araştırmada ekstraksiyon geri kazanımlarını IQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx ve PhIP için sırasıyla %62, %71, %59 ve %46 olarak tespit etmişlerdir.



Şekil 4.6. Mix stok solüsyonların HPLC kromotogramı

Knize *et al.* (1995) fast-food restoranlarından aldıkları örneklerle yaptıkları araştırmada, MeIQx, PhIP, DiMeIQx, MeIQ ve IQ'nun geri kazanımlarını sırasıyla %68, %30, %61, %47 ve %55 olarak belirlemişlerdir. Skog *et al.* (1997) ise geri

kazanımı IQ için %66, MeIQ için %63, MeIQx için %68, 4,8-DiMeIQx için %72 ve PhIP için %20 olarak tespit etmişlerdir. Murkovic *et al.* (1998) yaptıkları çalışmada IQ, MeIQ, 4,8-DiMeIQx, MeIQx ve PhIP için geri kazanımı %61-77 arasında bulmuşlardır. Britt *et al.* (1998) IQ, MeIQ, 4,8-DiMeIQx, MeIQx ve PhIP geri kazanımları sırasıyla %75,3, %74,9, %83,8, %72,7 ve %65 olarak belirlemişlerdir. Abdulkarim and Smith (1998) IQ, MeIQ, 4,8-DiMeIQx, MeIQx ve PhIP için geri kazanımı sırasıyla %66,8, %48,2, %42, %72,5 ve %45,7 olarak belirlemişlerdir. Balogh *et al.* (2000) IQ, MeIQ, 4,8-DiMeIQx, MeIQx ve PhIP için geri kazanımları sırasıyla %71,5, %65, %77,6, %82,25 ve %47 olarak bulmuşlardır.

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

4.7.2. HAA miktarları

Araştırmada üç farklı yöntem (sous-vide, haşlama ve tavada kızartma) ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilen örneklerde belirlenen HAA miktarları Çizelge 4.24’de verilmiştir. Analizi yapılan örneklerin hiçbirinde MeAαC bileşiği tespit edilemezken, diğer HAA’lar pişirme yöntemi, pişirme sıcaklığı ve pişirme süresine bağlı olarak değişen miktarlarda tespit edilmiştir. Her bir bileşik aşağıda detaylı olarak tartışılmıştır.

Çizelge 4.24. Örneklerin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu oluşan heterosiklik aromatik amin miktarları (ng/g)

Piştirme Yöntemi	İç Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	IQx	IQ	MeIQx	MeIQ	7,8-DiMeIQx	4,8-DiMeIOx	PhIP	AaC	MeAaC	Toplam HAA
Sous-vide	75	120	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,093	nd	nd	0,093
		240	nd	nd	nd	nd	nd	0,028	0,095	nd	nd	0,123
	85	120	nd	nd	nd	nd	nd	0,036	nq	nd	nd	0,036
		240	nd	0,029	nd	nd	nd	0,040	nd	nd	nd	0,069
	95	120	nd	nq	nd	nd	nd	0,042	nd	nd	nd	0,042
		240	nd	0,037	nd	nd	nd	0,044	nd	nd	nd	0,081
Haşlama	<100	5+7+30	nd	0,032	nd	nd	nd	nq	nd	nd	nd	0,032
Tavada Kızartma	75	10	0,060	nd	nd	nd	nd	nd	0,130	0,062	nd	0,252
	85	12	0,156	nq	nd	nq	0,074	nd	0,507	0,097	nd	0,834
	95	13	0,144	0,072	nq	0,068	0,039	nd	0,535	0,082	nd	0,940

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

4.7.3. Örneklerin IQx içerikleri

IQx bileşiği literatürde az çalışılan HAA'lerden biridir. Analizi yapılan örneklerde nd-0,156ng/g arasında IQx bileşiği belirlenmiştir. Öte yandan IQx bileşiği sous-vide ve haşlama yöntemleri kullanılarak pişirilen örneklerin hiçbirinde tespit edilememiştir. Nitekim 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 IQx bileşiğini belirleyemediklerini belirtmişlerdir.

Öte yandan mevcut araştırmada 180°C'lik yüzey sıcaklığına ısıtılan teflon tavada 75°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde 0,060ng/g, 85°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde 0,156ng/g ve 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde 0,144ng/g seviyesinde IQx belirlenmiştir. Tespit edilen IQx miktarlarının literatürdeki verilerle kıyaslandığında uyum içersinde 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 1,5-6 dk tavada kızarttıkları sığır etinde 0,61ng/g'a kadar, aynı sürelerde mangalda kızarttıkları örneklerde ise 3,65ng/g seviyesine kadar bu bileşiği belirlemişlerdir.

4.7.4. Örneklerin IQ içerikleri

Mevcut araştırmada sığır pirzola etlerinin farklı yöntemlerle pişirilmesi sonucu en yaygın oluşan heterosiklik aromatik aminlerden birinin IQ bileşiği olduğu belirlenmiştir. Analizi yapılan örneklerde nd-0,072ng/g arasında IQ bileşiği olduğu belirlenmiştir. Araştırmada sığır pirzola etlerinin farklı yöntemlerle pişirilmesi sonucu IQ bileşiği sous-vide pişirme yönteminde; 75°C sıcaklıkta 120 ve 240dk, 85°C sıcaklıkta 120dk pişirilen örneklerde ve tavada kızartma yönteminde 75°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde tespit edilememiştir. Nitekim 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 pişirme (Johansson and Jägerstad 1994; Knize *et al.* 1998; Sinha *et al.* 1998), ızgara pişirme (Fay *et al.* 1997; Öz *et al.* 2010b), mikrodalgada pişirme (Öz *et al.* 2010b) ve fırında pişirme (Sinha *et al.* 1998; Öz *et al.* 2010b) yöntemleri ile pişirilmiş sığır eti örneklerinde IQ bileşiğinin tespit edilemediği belirtilmiştir.

Öte yandan mevcut araştırmada sous-vide yönteminde 95°C’de 120dk ve tavada kızartma yönteminde 85°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde IQ bileşiği belirlenmiş, fakat miktarı tespit edilememiştir. Sous-vide yöntemi ile 240dk pişirilen örneklerde pişirme sıcaklığının artması, IQ bileşiğinin miktarının artmasına sebep olmuştur. 85°C’de pişirilen örneklerde 0.029ng/g iken 95°C’de pişirilen örneklerde 0.037ng/g’a yükselmiştir. Öte yandan haşlanmış örneklerde 0.032ng/g olan IQ içeriği, tavada 95°C iç sıcaklığa kadar kızartılmış örneklerde ise 0.072ng/g olarak belirlenmiştir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da bulunmuştur. Oz *et al.* (2010b) 200°C sıcaklıkta 1,5-6 dk 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) 25°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.

4.7.5. Örneklerin MeIQx içerikleri

Mevcut araştırmada analizi yapılan örneklerde nd-nq arasında MeIQx bileşiği belirlenmiştir. Araştırmada farklı yöntemlerle farklı sıcaklık-süre kombinasyonunda pişirilen örneklerde MeIQx bileşiği sadece 180°C’lik yüzey sıcaklığında sahip teflon tavada 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde bulunmuş, fakat miktarı tespit

edilememiş, diğer örneklerde ise bulunamamıştır. Literatürde de benzer sonuçlarla karşılaşılmaktadır. Warzecha *et al.* (2004) da 150-160°C sıcaklıkta 20dk tavada kızarttıkları örneklerde MeIQx bileşiğini bulmuşlar, 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 bileşiğini tespit edemediklerini belirtmişlerdir. Buna karşın sığır eti örneklerinde MeIQx bileşiğini; 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.* (1994b) 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.

4.7.6. Örneklerin MeIQ içerikleri

Mevcut araştırmada analizi yapılan örneklerde nd-0,068ng/g arasında MeIQ bileşiği belirlenmiştir. Sığır pirzola etlerinin sous-vide yöntemi, haşlama yöntemi ve 180°C'lik yüzey sıcaklığına ısıtılan teflon tavada 75°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde MeIQ bileşiği tespit edilememiş, teflon tavada 85°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde bileşik bulunmuş, fakat miktarı tespit edilememiş, aynı yöntemle 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde ise 0.068ng/g seviyesinde belirlenmiştir. 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; Toribo *et al.* 2007;

Öz *et al.* (2010b) MeIQ bileşiğinin tespit edilemediğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Yamaizumi *et al.* (1986) ise ızgara yapılan sığır etlerinde MeIQ bileşiğini belirlemiş fakat miktarını tespit edememiştir. 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.

4.7.7. Örneklerin 7,8-DiMeIQx içerikleri

Literatürde az çalışılan diğer bir bileşik ise 7,8-DiMeIQx bileşiğidir. Mevcut araştırmada analizi yapılan örneklerde nd-0,074ng/g arasında belirlenmiştir. Sığır pirzola etlerinin sous-vide yöntemi, haşlama yöntemi ve 180°C'lik yüzey sıcaklığına ısıtılan teflon tavada 75°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde 7,8-DiMeIQx bileşiği tespit edilememiş, teflon tavada 85°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde 0,074ng/g, aynı yöntemle 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde ise 0.039ng/g seviyesinde 7,8-DiMeIQx belirlenmiştir. 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, 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.

4.7.8. Örneklerin 4,8-DiMeIQx içerikleri

Literatürde 4,8-DiMeIQx bileşiği en çok araştırılan bileşiklerden biridir. Mevcut araştırmada analizi yapılan örneklerde nd-0,044ng/g arasında belirlenmiştir. Araştırmada ayrıca sığır pirzola etlerinin farklı yöntemlerle pişirilmesi sonucu en yaygın oluşan heterosiklik aromatik aminlerden birinin 4,8-DiMeIQx bileşiği olduğu ve sous-vide yönteminde 75°C’de 120dk pişirilen örnekler hariç diğer sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin tamamında bu bileşiğin oluştuğu ve miktarının sıcaklık ve süredeki artışa paralel olarak arttığı tespit edilmiştir. Haşlama yönteminde pişirilen sığır pirzola etinde 4,8-DiMeIQx bileşiği belirlenmiş, ancak miktarı tespit edilememiştir. Öte yandan tavada kızartılan örneklerin hiçbirinde 4,8-DiMeIQx bileşiği tespit edilememiştir. 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.

Mevcut araştırmada sous-vide yöntemi ile farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilmiş örneklerde nd-0,044ng/g seviyesinde 4,8-DiMeIQx bileşiği tespit edilmiştir. 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.

4.7.9. Örneklerin PhIP içerikleri

Mevcut araştırmada sığır pirzola etlerinin farklı yöntemlerle pişirilmesi sonucu en yaygın oluşan heterosiklik aromatik aminlerden birinin de PhIP bileşiği olduğu ve analizi yapılan örneklerde nd-0,535ng/g arasında PhIP bileşiği olduğu belirlenmiştir. Literatürde de PhIP bileşiğinin ısıtılma işlemi uygulanmış etlerde en yaygın olarak bulunan HAA'lerden biri olduğu belirtilmektedir (Pais *et al.* 1999; Busquets *et al.* 2004; Warzecha *et al.* 2004; Turesky *et al.* 2005; Iwasaki *et al.* 2010; Liao *et al.* 2010; Viegas *et al.* 2012). Araştırmada PhIP bileşiği sous-vide pişirme yöntemi ile 75°C'de 2 saat ve 4 saat pişirilen et örneklerinde sırasıyla 0,093ng/g, 0,095ng/g seviyesinde tespit edilirken, 180°C'ye önceden ısıtılan tavada 75°C, 85°C ve 95°C iç sıcaklığına gelene kadar kızartılan örneklerinde ise sırasıyla 0,130ng/g, 0,507ng/g ve 0,535ng/g seviyesinde belirlenmiştir. Bileşik miktarı, tavada kızartma neticesinde sıcaklığın, sous-vide yöntemi ile 75°C'de pişirme yönteminde ise sürenin artışına paralel olarak artış göstermiştir. 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 sous-vide yöntemi ile 85°C'de 4 saat, 95°C'de 2 saat ve 4 saat ve haşlama yöntemi ile pişirilen et örneklerinde PhIP bileşiği tespit edilemezken, sous-vide pişirme yöntemi ile 85°C'de 2 saat pişirilen örneklerde PhIP bileşiği tespit edilmiş ancak miktarı belirlenememiştir. Nitekim literatürde PhIP bileşiğinin tespit edilemediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur (Johansson and Jägerstad 1994; Knize *et al.* 1995; Sinha *et al.* 1998) Ayrıca 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.

4.7.10. Örneklerin AαC içerikleri

AαC bileşiği de literatürde az çalışılan diğer bir HAA bileşiklerindendir. Mevcut araştırmada analizi yapılan örneklerde nd-0,097ng/g arasında belirlenmiştir. Sığır pirzola eti örneklerinde AαC bileşiği, sadece tavada kızartma yöntemlerinde 0.062-0.097ng/g seviyelerinde belirlenmiş, sous-vide ve haşlama yöntemleri ile pişirilen örneklerde ise tespit edilememiştir. Nitekim Öz *et al.* (2010b) fırında 200°C sıcaklıkta 3-12dk pişirdikleri, aynı sıcaklıkta 2-8dk ızgara yaptıkları ve aynı sıcaklıkta 1,5-6dk 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, Toribo *et al.*(2007) ızgarada 180-210°C sıcaklıkta 4dk pişirdikleri sığır etinde 0,33ng/g'a kadar AαC bileşiğinin tespit edildiğini belirtmişlerdir.

4.7.11. Örneklerin MeAαC içerikleri

MeAαC bileşiği de literatürde az çalışılan heterosiklik aromatik aminlerden biridir. Mevcut araştırmada farklı yöntemlerle farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen hiç bir örnekte 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 kızarttıkları 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.

4.7.12. Örneklerin Toplam HAA içerikleri

Örneklerin toplam HAA değerleri üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi pişirme yöntemlerinin toplam HAA değerleri üzerine çok ($p<0,01$) önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.25. Örneklerin toplam HAA değerleri üzerine yöntemler arası varyans analiz sonuçları

		Sd	KO	F
Piştirme yöntemleri	Yöntem	9	0,235	8439,997**
		10	2,780E-005	

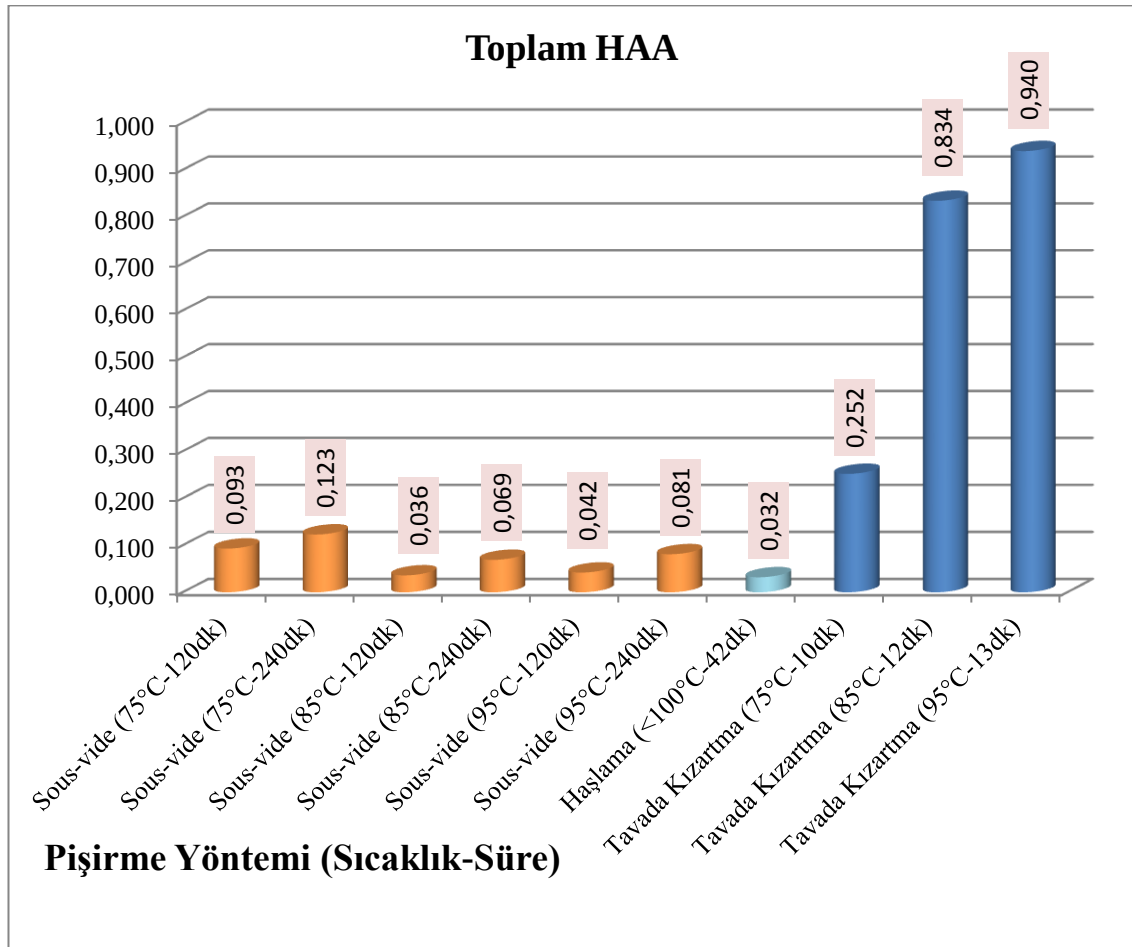
Sd: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması **: $p<0,01$

Örneklerin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen toplam HAA değerleri ise nd (tespit edilemedi) ve nq (tespit edildi fakat miktarı belirlenemedi) değerleri sıfır alınarak Çizelge 4.26’da verilmiştir. Pişirilen örneklerin toplam HAA içeriği pişirme yöntemi, sıcaklığı ve süresine bağlı olarak 0,032-0,940ng/g arasında değişiklik göstermiştir. En düşük toplam HAA içeriği haşlanmış örneklerde tespit edilirken en yüksek toplam HAA içeriği ise tavada 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde tespit edilmiştir (Şekil 4.7). Yöntemlerin toplam HAA içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak değerlendirildiğinde; istatistiki olarak en yüksek toplam HAA içeriğinin tavada kızartılan örneklere ait olduğu belirlenmiştir. İstatistiki olarak en düşük toplam HAA içeriği ise sous-vide yöntemi ile 85°C sıcaklıkta 2 saat, 95°C sıcaklıkta 2 saat ve haşlanma yöntemi ile pişirilen örneklerde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.26. Örneklerin farklı pişirme metotları ile farklı sıcaklık-süre kombinasyonu kullanılarak pişirilmesi sonucu elde edilen toplam HAA değerleri

Piştirme Yöntemi	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	N	Toplam HAA(ng/g)
Sous-vide	75	120	2	0,093e
		240	2	0,123d
	85	120	2	0,036h
		240	2	0,069g
	95	120	2	0,042h
		240	2	0,081f
Haşlama	<100	5+7+30	2	0,032h
Tavada Kızartma	75	10	2	0,252c
	85	12	2	0,834b
	95	13	2	0,940a

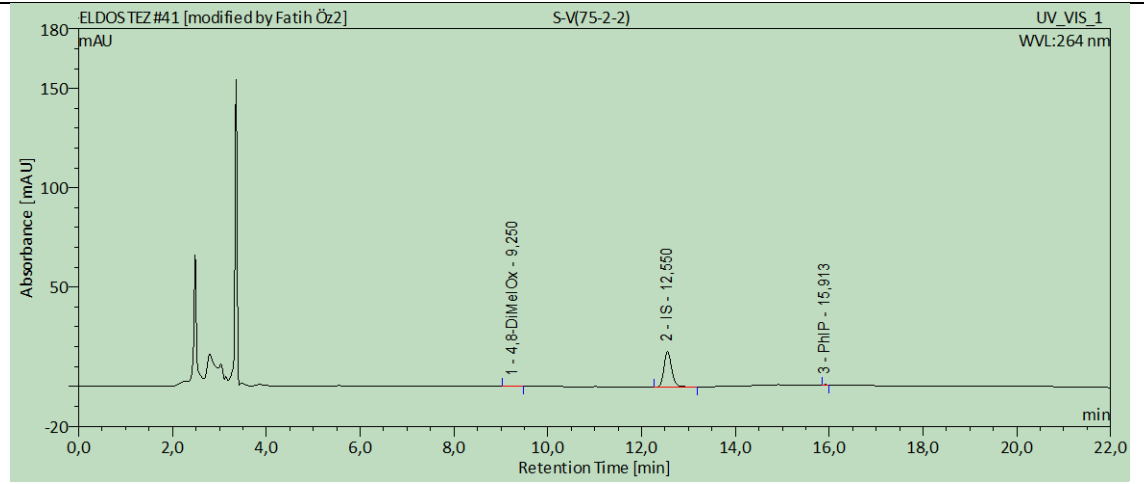
Aynı sütündeki farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ^{a-h}, N: Örnek sayısı



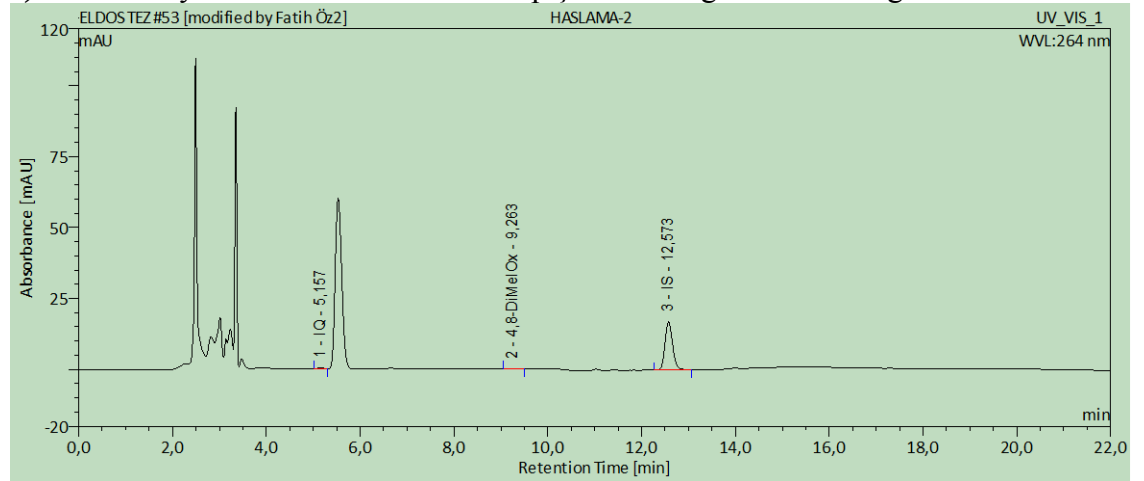
Şekil 4.7. Örneklerin toplam HAA içerikleri

Araştırmada elde edilen toplam HAA miktarları yöntem olarak değerlendirildiğinde; sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin toplam HAA içeriğinin 0,036-0,123ng/g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu yöntemle pişirilen örneklerde aynı sıcaklıkta pişirme işlemi esnasında pişirme süresinin artırılması toplam HAA miktarını artırmıştır. Mevcut araştırmada en düşük toplam HAA içeriği (0,032ng/g) haşlama yöntemi ile pişirilmiş örneklerde tespit edilmiştir. Nitekim haşlama ve buğulama gibi pişirme sıcaklığının 100°C'yi geçmediği pişirme yöntemlerinde HAA oluşumunun ya çok düşük seviyede olduğu veya hiç oluşmadığı belirtilmektedir (Bjeldanes *et al.* 1982; Solyakov and Skog 2002). Ayrıca haşlama işleminde toplam HAA içeriğinin düşük çıkmasının en önemli nedeninin pişirme işleminde su kullanımı olduğu düşünülmektedir. Zira HAA'ların bazı prekürsörlerinin; kreatin/kreatinin ve aminoasitler gibi bileşikler, şekerler, peptidler ve proteinler olduğu belirtilmektedir (Knize *et al.* 1994a, 1994b; Wakabayashi *et al.* 1997; Chiu *et al.* 1998; Chen *et al.* 2000; Guy *et al.* 2000; Zöchling and Murkovic 2002). Kreatin suda çözünen protein tabiatında olmayan azotlu bir bileşiktir (Kaya 2013). Dolayısıyla haşlama işleminde dışarıdan ilave edilen su ile çözünerek etten uzaklaştığı düşünülmektedir. Tavada kızartma işleminde ise toplam HAA içeriğinin 0,252-0,940ng/g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Tavada kızartma işleminde örneklerin iç sıcaklığının artması ile toplam HAA içeriği artış göstermiştir.

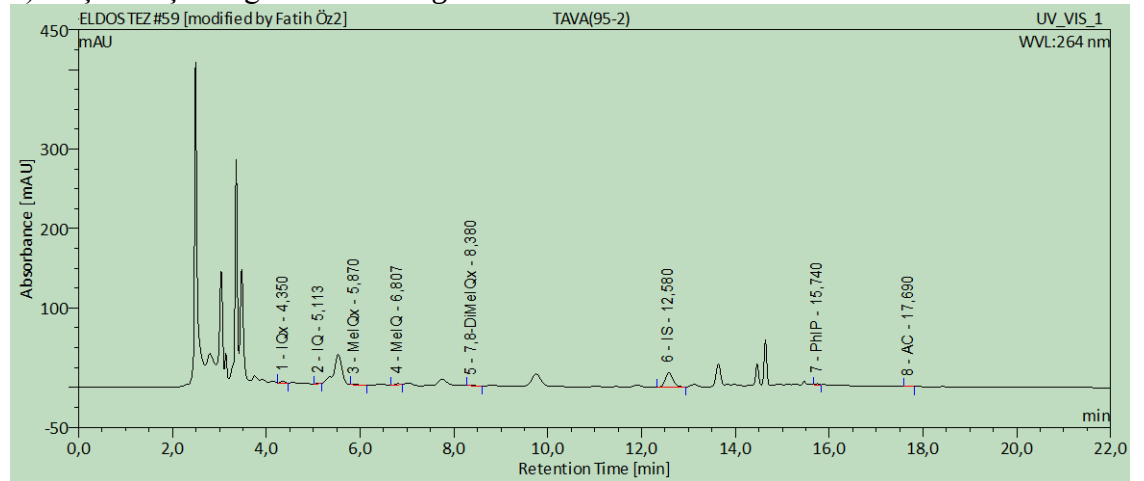
Mevcut araştırmada elde edilen sonuçları literatürdeki veriler ile HAA içeriği bakımından karşılaştırmak oldukça zordur, çünkü mevcut araştırma sous-vide yöntemi kullanılarak pişirilen et örneklerinde HAA'ların araştırıldığı literatürdeki ilk çalışmadır. Ayrıca pişmiş etlerin HAA içeriği üzerine et tipi, 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). Diğer pişirme yöntemleri ile kıyaslanacak olursa; mevcut araştırmada 9 farklı bileşik çalışılmış olmasına rağmen, toplam HAA içeriğinin literatürdeki verilerden oldukça düşük olduğu söylenebilir. Zira mevcut araştırmada belirtilen yöntemlerle pişirilen örneklerin tamamında toplam HAA içeriği 1ng/g seviyesinin altında kalmıştır. Mevcut araştırmada bazı örneklerle ait HPLC kromatogramları Şekil 4.8a-c'de verilmiştir.



a) Sous-vide yöntemi ile 75°C’de 240dk pişirilen örneğe ait kromotogram



b) Haşlanmış örneğe ait kromotogram



c) Tavada kızartma işlemi ile 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneğe ait kromotogram

Şekil 4.8. Bazı örneklere ait HPLC kromotogramı

Etin yağ içeriğinin HAA oluşumu üzerine önemli etkisinin olduğu belirtilmektedir (Öz and Kaya 2011c). Robbana-Barnat *et al.* (1996) maksimum seviyede mutajen oluşumu için optimum bir yağ seviyesinin bulunduğunu ve bu seviyenin kıyma için %10 olduğunu belirtmiştir. Öte yandan Knize *et al.* (1985) sığır etinde maksimum mutajenliğin %15 yağ içeren örneklerde tespit edildiğini belirtmişlerdir. Yağların et yüzeyinde yüksek sıcaklığa sebep olan etkili bir ısı transfer ajanı olduğu belirtilmektedir (Holtz *et al.* 1985; Nilsson *et al.* 1986). Yağların HAA'ların miktarını artırıcı etkileri, ısıtıl işlemin neden olduğu yağ oksidasyonu boyunca oluşan serbest radikallere bağlanmaktadır (Milic *et al.* 1993). Mevcut araştırmada hammadde olarak kullanılan sığır pirzola etinin yağ içeriğinin düşük olmasının da (%4.77) toplam HAA içeriğinin düşük seviyede kalmasına etkili olduğu düşünülmektedir.

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-barbekü 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). Öz *et al.* (2010a) farklı pişirme metotlarının tavuk pirzolada HAA oluşumu üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında en yüksek toplam HAA miktarının sırasıyla mikrodalga, tavada kızartma, mangalda pişirme, ısıtıcı plaka ve fırında pişirilmiş tavuk pirzolarında olduğunu belirtmişlerdir. Literatürde 200°C ve üzerindeki sıcaklıklarda uygulanan kızartma işleminin HAA oluşumunu artırdığı belirtilmektedir (Skog and Solyakov 2002; Skog and Alexander 2006). Mevcut araştırmada kullanılan pişirme yöntemlerinde sıcaklık derecesinin bu sıcaklığın altında olmasının da toplam HAA içeriğini düşük tuttuğu düşünülmektedir.

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 başi maksimum alım dőzeyinin ise 5000ng olduğu belirtilmektedir. Alım dőzeyi 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 gőnlők tőketim miktarının kişi başi 0-15μg/gőn arasında olduğunu belirtmektedir. Mevcut araştırmada toplam HAA içeriğinin en yőksek olduğu tavada 95°C i sıcaklığa kadar pişirilen etten 100g yenmesi durumunda bile alım miktarının 0,1μg'ı altında olduğu görölmektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Sous-vide pişirme yönteminin etin bileşimi ve heterosiklik aromatik amin oluşumu üzerine etkisinin belirlenmesi ve referans yöntemlerle kıyaslanması amacıyla yürütülen bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde belirtilmektedir;

1. Araştırmada hammadde olarak kullanılan sığır pirzola etlerinin su içeriklerinin %72,54, ham yağ içeriğinin %4,42 ve ham protein içeriğinin %22,41 olduğu belirlenmiştir.
2. Sığır pirzola etlerinin farklı pişirme metotları (sous-vide, haşlama, tavada pişirme) ile pişirilmesi sonucu su içeriklerinin çiğ örneklerle kıyasla azaldığı ve pişirilmiş örneklerin su içeriğinin %53,03-61,19 arasında değiştiği belirlenmiştir. Haşlama yöntemi ile pişirilmiş örneklerin en düşük su içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir.
3. Etinin farklı yöntemlerle pişirilmesi sonucu pişirme kaybının %34,41-53,05 arasında değiştiği ve en yüksek pişirme kaybının haşlanmış örneklerde olduğu tespit edilmiştir.
4. Hammaddede 5,56 olarak belirlenen pH değerinin, ısıtma işlem sonrası artarak pişirme yöntemine bağlı olarak 5,73-5,94 arasında değiştiği tespit edilmiştir.
5. Pişirme işlemi ile örneklerin çiğ örneklerle kıyasla a* ve C değerleri azalmış, b* ve H değerleri ise artmıştır. Sous-vide yöntemi ve haşlama yöntemi ile pişirilen örneklerin çiğ örneklerle kıyasla L* değerleri artarken, tavada kızartılan örneklerin L* değeri ise azalmıştır.
6. Hammadde olarak kullanılan sığır pirzola etinin TBARS değeri 0,477mg/kg iken, farklı yöntemler ile pişirilmiş örneklerin TBARS değerleri 0,250-3,006mg/kg arasında değişmiştir.

7. Farklı yöntemlerle pişirilen sığır pirzola et örneklerinin hiçbirinde MeAαC bileşiği belirlenememiştir. Öte yandan araştırmada en yaygın olarak tespit edilen HAA'ların; IQ, 4,8-DiMeIQx ve PhIP bileşikler olduğu tespit edilmiştir.

8. Farklı yöntemlerle pişirilen sığır pirzola et örneklerinin değişen miktarlarda IQx (0,156ng/g'a kadar), IQ (0,072ng/g'a kadar), MeIQx (0,081ng/g>), MeIQ (0,068ng/g'a kadar), 7,8-DiMeIQx (0,074ng/g'a kadar), 4,8-DiMeIQx (0,044ng/g'a kadar), PhIP (0,535ng/g'a kadar) ve AαC (0,097ng/g'a kadar) içerdiği tespit edilmiştir.

9. Sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerde IQx, MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, AαC ve MeAαC bileşikler tespit edilememiştir. Haşlanmış örneklerde IQx, MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, PhIP, AαC ve MeAαC bileşikler tespit edilememiştir. Tavada kızartılan örneklerde ise 4,8-DiMeIQx ve MeAαC bileşikler tespit edilememiştir.

10. Pişirilen örneklerin toplam HAA içeriği pişirme yöntemi, sıcaklığı ve süresine bağlı olarak 0,032-0,940ng/g arasında değişiklik göstermiş ve analizi yapılan tüm örneklerde 1ng/g'ın altında belirlenmiştir. En düşük toplam HAA içeriği haşlanmış örneklerde tespit edilirken, en yüksek toplam HAA içeriği ise tavada 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde tespit edilmiştir.

11. Sous-vide yöntemi ile pişirilen örneklerin toplam HAA içeriği 0,036-0,123ng/g arasında tespit edilmiştir. Sous-vide yöntemi ile pişirme işleminde aynı sıcaklıkta pişirme işlemi esnasında pişirme süresinin artırılması toplam HAA miktarını artırmıştır.

12. Mevcut araştırmada en düşük toplam HAA içeriği (0,032ng/g) haşlanmış örneklerde tespit edilirken, bu miktarın sous-vide yöntemi ile 85°C sıcaklıkta 2 saat ve 95°C sıcaklıkta 2 saat pişirilen örneklerde tespit edilen toplam HAA miktarından istatistiksel olarak farksız olduğu belirlenmiştir.

13. HAA'ların kabul edilebilen günlük tüketim miktarının kişi başı 0-15µg/gün arasında olduğu belirtilmektedir. Mevcut araştırmada toplam HAA içeriğinin en yüksek

olduğu tavada 95°C iç sıcaklığa kadar pişirilen etten 100g yenmesi durumunda bile alım miktarının 0,1µg'ı geçmediği görölmektedir.

14. Mevcut araştırma sous-vide pişirme yöntemi kullanılarak pişirilen et örneklerinde HAA'ların araştırıldığı literatürdeki ilk çalışmadır. Bu çalışma, bu yöntemin HAA oluşumu açısından güvenilir bir pişirme yöntemi olduğunu göstermektedir. Bu yöntem ile çok uzun süre pişirilen etlerde dahi HAA'ların çok düşük seviyelerde oluştuğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Abdulkarim, B.G. and Smith, J.S., 1998. Heterocyclic amines in fresh and processed meat products. *J Agric Food Chem*, 46(11), 4680-4687.
- Aberle, E.D., Forrest, J.C., Gerrard, D.E., Mills, E.W., Hedrick, H.B., Judge, M.D., Merkel, R.A., 2001. Structure and composition of animal tissues. *Principles of Meat Sci., USA.*, 9-45
- 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 Sci*, 84(4), 769-777.
- Aran, N., 2001. The effect of calcium and sodium lactates on growth from spores of *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* in a 'sous-vide' beef goulash under temperature abuse. *Int J Food Microbiol*, 63(1-2), 117-123.
- Armstrong, G.A. and McIlveen, H., 2000. Effects of prolonged storage on the sensory quality and consumer acceptance of sous vide meat-based recipe dishes. *Food Quality and Preference*, 11(5), 377-385.
- Armstrong, G.A., 2000. 8 - Sous vide products. In: D. Kilcast and P. Subramaniam (Editors), *The Stability and Shelf-Life of Food*. Woodhead Publishing, pp. 171-196.
- Armstrong, T., 1995. "Serving safe food A practical approach to food safety". The Educational Foundation of The National Restaurant Association, USA.
- Baldwin, D. E., 2008. "A practical guide to sous vide cooking". Available in URL <http://www.douglasbaldwin.com/sous-vide.html>S.
- Baldwin, D.E., 2012. Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1(1), 15-30.
- Balogh, Z., Gray, J.I., Goma, E.A. and Booren, A.M., 2000. Formation and inhibition of heterocyclic aromatic amines in fried ground beef patties. *Food Chem Toxicol*, 38(5), 395-401.
- Barnes, W.S., Maher, J.C. and Weisburger, J.H., 1983. High-pressure liquid chromatographic method for the analysis of 2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline, a mutagen formed during the cooking of food. *J Agric Food Chem*, 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 Chem Toxicol*, 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 Sci*, 70(3), 509-524.
- Bjeldanes, L.F., Morris, M.M., Felton, J.S., Healy, S., Stuermer, D., Berry, P., Timourian, H. and Hatch, F.T., 1982. Mutagens from the Cooking of Food. II. Survey by Ames/Salmonella Test of Mutagen Formation in the Major Proteinrich Foods of the American Diet. *Food and Chem Toxicol*, 20, 357-363..

- 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. *J Agric Food Chem*, 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. *J Chromatogr B*, 802(1), 79-86.
- Butler, L.M., Sinha, R., Millikan, R.C., Martin, C.F., Newman, B., Gammon, M.D., (2003). Heterocyclic amines, meat intake, and association with colon cancer in a population-based study. *American Journal of Epidemiology*, 157(5), 434-445.
- Campo, M.M., Nute, G.R., Hughes, S.I., Enser, M., Wood, J.D. and Richardson, R.I., 2006. Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Sci*, 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. *J Chromatogr. A*, 1030, 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. *J Food Prot.*, 63 (10), 1415-1420.
- Chen, C., Pearson, A., Gray, J., Fooladi, M. and Ku, P., 1984. Some factors influencing the nonheme iron content of meat and its implications in oxidation. *J Food Sci*, 49(2), 581-584.
- Chiu, C.P., Yang, D.Y. and Chen, B.H., 1998. Formation of heterocyclic amines in cooked chicken legs. *J. Food Prot.*, 61 (6), 712-719.
- Christensen, L., Erbjerg, P., Aaslyng, M.D. and Christensen, M., 2011. Effect of prolonged heat treatment from 48°C to 63°C on toughness, cooking loss and color of pork. *Meat Sci*, 88(2), 280-285.
- Church, I.J. and Parsons, A.L., 2000, The sensory quality of chicken and potato products prepared using cook-chill and sous vide methods, *International Journal of Food Science and Technology*, 35,155-162.
- Creed, P.G., and Reeve, W., 1998. "Principles and applications of sous vide processed foods", in Ghazala, S.edt, *sous vide and cook-chill processing for the food industry*, ISBN:0- 7514-0433-0, Canada: An Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland.
- Çelik, T., 2013. "Farklı pişirme yöntemlerinin kaz etinde hetesiklik aromatik amin oluşumu ve bazı fiziksel ve kimyasal özellikler üzerine etkileri", Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çetinkaya, S., 2013 *Vakum Paketli Pişirilen (Sous Vide) Gökkuşluğu Alabalığı (Oncorhynchus Mykiss Walbaum, 1792)'ın Soğuk Depolanması Sırasında Kalite Özelliklerine Doğal Antioksidanların Etkisi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 141 s, Isparta.
- Dal Bosca, A., Castellini, C., and Bernardini, M., 2001. Nutritional quality of rabbit meat as affected by cooking procedure and dietary vitamin E. *J. of Food Science*, 66 (7), 1047-1051.
- Demirci, M., 2005. Beslenme. Onur Grafik, Üçüncü Baskı, Tekirdağ, 80-84.
- Díaz, P., Garrido, M.D. and Bañón, S., 2010. The effects of packaging method (vacuum pouch vs. plastic tray) on spoilage in a cook-chill pork-based dish kept under refrigeration. *Meat Sci*, 84(3), 538-544.
- Díaz, P., Nieto, G., Banon, S., Garido, M. D., 2009. Determination of shelf life of sous

- vide salmon (*Salmo Salard*) based on sensory attributes. *Journal of Food Science*, 74, (8), 371-376.
- Díaz, P., Nieto, G., Garrido, M.D. and Bañón, S., 2008. Microbial, physical–chemical and sensory spoilage during the refrigerated storage of cooked pork loin processed by the sous vide method. *Meat Sci*, 80(2), 287-292.
- 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 Sci*, 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. *Mutat Res*, 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 Chem Toxicol*, 32(10), 897-903.
- Felton, J.S., Jägerstad, M., Knize, M.G., Skog, K. and Wakabayashi, K., 2000. Contents in foods, beverages and tobacco. Baffins Lane, Chichester, West Sussex, 373, England.
- 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.
- Feroli, 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 Sci*, 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 Sci*, 50(2), 203-210.
- García-Arias, M.T., Álvarez Pontes, E., García-Linares, M.C., García-Fernández, M.C. and Sánchez-Muniz, F.J., 2003. Cooking–freezing–reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. *Food Chem*, 83(3), 349-356.
- García-Linares, M.C., Gonzalez-Fandos, E., Garcia-Arias, M.T., Garcia-Fernandez, M.C., 2004. Microbiological and nutritional quality of sous vide or traditionally processed fish: Influence of fat content, *Journal of Food Quality*, 27(5): 371-387.
- García, M., Calvo, M.M. and Dolores Selgas, M., 2009. Beef hamburgers enriched in lycopene using dry tomato peel as an ingredient. *Meat Sci*, 83(1), 45-49.
- García-Segovia, P., Andrés-Bello, A. and Martínez-Monzó, J., 2007. Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (*M. pectoralis*). *Journal of Food Engineering*, 80(3), 813-821.
- Gençcelep, H., 2008. Et proteinlerinin fonksiyonel özellikleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2, 9-18.
- 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 Sci*, 81(1), 148-154.
- Ghazala, S., Ramaswamy, H.S., Smith, J.P. and Simpson, M.V., 1995. Thermal process simulations for sous vide processing of fish and meat foods. *Food Research*

- International, 28(2), 117-122.
- Girard, P.J., 1992., *Cooking. Technology of Meat and Meat Products*. Fransa, 32-83.
- Gisslen, W. 2004., “Essentials of professional cooking”. John&Wiley Sons, New Jersey.
- Gonzales-Fandos, E., Garcia-Linares, M. C., Villarino-Rodriguez, A., Garcia-Arias, M. T., Garcia-Fernandez, M. C. 2004. Evaluation of the microbiological safety and sensory quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processed by the sous vide method. *Food Microbiology*, 21, 193-201.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y., Zorba, Ö., 2010. Et ve ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama klavuzu . (V. Baskı), Atatürk Üniv. Yayınları, Yayın No: 751, Ziraat Fak. Yayın No: 318.Ders kitapları seri no:69 Atatürk Üniv. Ofset Tesisi, Erzurum.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, Ö., 1999. Et ürünleri işleme mühendisliği. Atatürk Üni. Yayın No: 786. Atatürk Üni. Zir. Fak. Ofset Tesisi.
- Grigioni, G.M., Margaria, C.A., Pensel, N.A., Sánchez, G. and Vaudagna, S.R., 2000. Warmed-over flavour analysis in low temperature–long time processed meat by an “electronic nose”. *Meat Sci*, 56(3), 221-228.
- Grivas, S. and Jägerstad, M., 1984. Mutagenicity of some synthetic quinolines and quinoxalines related to IQ, MeIQ or MeIQx in Ames test. *Mutation Research/Genetic Toxicology*, 137(1), 29-32.
- Gross, G.A., 1990. Simple methods for quantifying mutagenic heterocyclic aromatic amines in food products. *Carcinogenesis*, 11(9), 1597-603.
- Gross, G.A., Philippoussian, 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.
- Guy, P. A., Gremaud, E., Richoz, J. and Turesky, R. J., 2000. Quantitative analysis of mutagenic heterocyclic aromatic amines in cooked meat using liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionisation tandem mass spectrometry. *J. Chrom. A*, 883, 89–102.
- 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.
- Heymann, H., Hedrick, H.B., Karrasch, M.A., Eggeman, M.K. and Eilersieck, M.R., 1990. Sensory and chemical characteristics of fresh pork roasts cooked to different endpoint temperatures. *J. of Food Sci.*, 55 (3), 613-617.
- 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. *J. Food Techn.*, 20, 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.
- Houben, J.H., van Dijk, A., Eikelenboom, G. and Hoving-Bolink, A.H., 2000. Effect of dietary vitamin E supplementation, fat level and packaging on colour stability and lipid oxidation in minced beef. *Meat Sci*, 55(3), 331-336.
- 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 Sci*, 96(2, Part A), 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 Sci*, 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. Heterocyclic amines and mycotoxins" (Vol. 56, pp. 163-242). Lyon: International Agency for Research on Cancer.
- 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. *J. of Food Com. and Anal.* 23, 61-69.
- Jägerstad, M., Reuterswärd, A.L., 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 Chem*, 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", *Z. Lebensm. Unters Forsch. A*, 207, 419-427.
- Jang, J.D., Seo, G.H., Lyu, E.S., Yam, K.L. and Lee, D.S., 2006. Hurdle effect of vinegar and sake on Korean seasoned beef preserved by sous vide packaging. *Food Control*, 17(3), 171-175.
- Johansson, M., Skog, K. and Jägerstad, M., 1993. Effects of edible oils and fatty acids on the formation of mutagenic heterocyclic amines in a model system. *Carcinogenesis*, 14 (1), 89-94.
- 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), 1511-8.
- 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 Chem Toxicol*, 33(12), 993-1004.
- 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.
- Karakaya, M., 2010. Etile ilgili Genel Bilgiler. Et ve et ürünlerinin kalite kontrolü. Anadolu Üniversitesi Web-Ofset, Eskisehir, 2-22.
- 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 Chem Toxicol*, 39(1), 29-43.
- Kılınç, B., Çaklı, Ş., 2001. Paketleme tekniklerinin balık ve kabuklu su ürünleri mikrobiyal florası üzerine etkileri. *E. Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 18, (1-2), 279-291.
- Kingston, E.R., Monahan, F.J., Buckley, D.J. and Lynch, P.B., 1998. Lipid Oxidation in Cooked Pork as Affected by Vitamin E, Cooking and Storage Conditions. *J Food Sci*, 63(3), 386-389.
- 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(0), 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 Chem. Toxic.*, 23, 1035-1040.
- Knize, M.G., Cunningham, P.L., Griffin, E.A., JR., Jones, A.L. and Felton, J.S., 1994a. Characterization of mutagenic activity in cooked-grain-food products. *Food and Chem Toxicol*, 32 (1), 15-21.
- Knize, M.G., Dolbeare, F.A., Carroll, K.L., Moore, D.H., 2nd and Felton, J.S., 1994b. Effect of cooking time and temperature on the heterocyclic amine content of fried beef patties. *Food Chem Toxicol*, 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(0), 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. *J Chromatogr A*, 763(1-2), 179-85.
- Knize, M.G., Sinha, R., Brown, E.D., Salmon, C.P., Levander, O.A., Felton, J.S. and Rothman, N., 1998. Heterocyclic amine content in restaurant-cooked hamburgers, steaks, ribs, and chicken. *J Agric Food Chem*, 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 Chem Toxicol*, 33(7), 545-51.
- Kowale, B.N., Rao, V.K., Babu, N.P., Sharma, N. and Bisht, G.S., 1996. Lipid oxidation and cholesterol oxidation in mutton during cooking and storage. *Meat Sci*, 43(2), 195-202.
- 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 Chem Toxicol*, 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 Chem Toxicol*, 25(10), 755-762.
- Lawrie, R., 1991. "Developments in meat science", Applied Sci., London, England.
- Laycock, L., Piyasena, P. and Mittal, G.S., 2003. Radio frequency cooking of ground, comminuted and muscle meat products. *Meat Sci*, 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 Sci*, 96(3), 1361-1364.
- 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*

- Sci., 85, 149-154.
- Mason, L.H., Church, I.J., Ledward, D.A. and Parsons, A.L., (1990). Review: the sensory quality of foods produced by conventional and enhanced cook–chill methods. *International Journal of Food Science and Technology*, 25, 247–259.
- 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 Sci*, 75(2), 229–242.
- Messner, C. and Murkovic, M., 2004. Evaluation of a new model system for studying the formation of heterocyclic amines. *J Chromatogr B*, 802 (1), 19–26.
- Milic, B. Lj., Djilas, S. M. and Čanadanović-Brunet, J.M., 1993. Synthesis of some heterocyclic amino-imidazoazaarenes. *Food Chem*, 46, 273–276.
- Min, B. and Ahn, D., 2005. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products—A review. *Food Science and Biotechnology*, 14(1), 152–163.
- Murkovic, M., 2004. Formation of heterocyclic aromatic amines in model systems. *J Chromatogr B*, 802, 3–10.
- 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. *J Chromatogr*, 616(2), 211–9.
- 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.
- Nikmaram, P., Yarman M. S., Emamjomeh Z. and Darehabi H. K., 2011, The effect of cooking methods on texture and microstructure properties of veal muscle (*Longissimus dorsi*) *Global Veterinaria* 6 (2), 201–207.
- Nilsson, L., Övervik, E., Fredholm, L., Levin, Ö., Nord, C.-E. and Gustafsson, J.-Å., 1986. Influence of frying fat on mutagenic activity in lean pork meat. *Mutat Res*, 171, 115–121.
- 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. *Mutat Res*, 506–507(C), 175.
- Nyati, H., 2000a. An evaluation of the effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of sous vide extended shelf-life products. *Food Control*, 11(6), 471–476.
- Nyati, H., 2000b. Survival characteristics and the applicability of predictive mathematical modelling to *Listeria monocytogenes* growth in sous vide products. *Int J Food Microbiol*, 56(2–3), 123–132.
- 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 Sci*, 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 Sci.*, 50 (1), 73-80.
- 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., 2006. Farklı sıcaklıklarda pişirilen taze et ürünlerinde baharat kullanımının heterosiklik aromatik aminlerin oluşumu üzerine etkisi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Öz, F., 2010. “The effect of different thawing methods on heterocyclic aromatic amine contents of beef chops cooked by different methods”, *J. 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 Chem*, 126(4), 2010-2016.
- Öz, F., and Kızıl, M., 2013. “Determination of heterocyclic amines in cooked commercial frozen meat products by ultra fast liquid chromatography”, *Food Anal Meth*, 6: 1370-1378.
- Öz, F., Cakmak, I.H., Zikirov, E., Kizil, M. and Turhan, S., 2014. Heterocyclic aromatic amine contents of kavurma commercially cooked in steam and copper cauldron. *Journal of Food Processing and Preservation*, in press.
- 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 Chem*, 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”, *J Anim Vet Adv.*, 9:1436-1440.
- Öz, F., Kaban, G., and Kaya, M., 2010c. “Effects of cooking techniques and levels on the formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and fish”, *J. Anim. Vet. Adv.*, 9, 1259-1264.
- Özturan, S., 2009. Vakum Ambalajda Pişirilmiş (Sous Vide) Balıkta Kalite ve Raf Ömrünün Belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı İşleme Teknolojisi Programı, Yüksek Lisans Tezi, 94 s, İstanbul.
- Paik, H.D., Kim, H.J., Nam, K.J., Kim, C.J., Lee, S.E. and Lee, D.S., 2006. Effect of nisin on the storage of sous vide processed Korean seasoned beef. *Food Control*, 17(12), 994-1000.
- 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. *J Agric Food Chem*, 47(3), 1098-1108.
- Palka, K., 2003. The influence of post-mortem ageing and roasting on the

- microstructure, texture and collagen solubility of bovine semitendinosus muscle. *Meat Sci*, 64(2), 191-198.
- 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 Chem*, 132(1), 80-85.
- Puangsombat, K., Gadgil, P., Houser, T.A., Hunt, M.C. and Smith, J.S., 2012. Occurrence of heterocyclic amines in cooked meat products. *Meat Sci*, 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. *J Chromatogr A*, 769(2), 293-299.
- 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 Sci*, 43(2), 179-185.
- Rees, M.P., Trout, G.R. and Warner, R.D., 2003a. The influence of the rate of pH decline on the rate of ageing for pork. I: interaction with method of suspension. *Meat Sci*, 65(2), 791-804.
- Rees, M.P., Trout, G.R. and Warner, R.D., 2003b. The influence of the rate of pH decline on the rate of ageing for pork. II: Interaction with chilling temperature. *Meat Sci*, 65(2), 805-818.
- 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 Chem Toxicol*, 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 Sci*, 43(2), 111-121.
- Resurreccion, A.V.A., 2003. Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. *Meat Sci*, 66(1), 11-20.
- 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. *J Chromatogr 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. *Envir. Health Persp.*, 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 Sci*, 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 Chem*, 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 Sci*, 93(3), 572-578.
- 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 Sci*, 90(3), 828-835.
- Schellekens, M., 1996. New research issues in sous-vide cooking. *Trends in Food Science and Technology*, 7(8), 256-262.
- Schellekens, and W. Martens, T., 1992. "Sous vide" cooking Part I: Scientific Literature Review; Commission of the European Communities Directorate General XII, Research and Development.
- 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 Sci*, 77(3), 304-313.
- 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. *J Agric Food Chem*, 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 Res*, 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 Chem Toxicol*, 36(4), 279-287.
- Skog K. and Alexander J. (Eds), 2006, *Acrylamide and other Hazardous Compounds in Heat-Treated Foods*, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK, ISBN-13:978-1-84569-011-3
- Skog, K. and Solyakov, A., 2002. Heterocyclic amines in poultry products: a literature review. *Food Chem Toxicol*, 40(8), 1213-1221.
- Skog, K., 2002. Problems associated with the determination of heterocyclic amines in cooked foods and human exposure. *Food and Chem. Toxicol.*, 40, 1197-1203.
- Skog, K., Augustsson, K., Steineck, G., Stenberg, M. and Jägerstad, M., 1997. Polar and non-polar heterocyclic amines in cooked fish and meat products and their corresponding pan residues. *Food and Chem. Toxicol.*, 35, 555-565.
- Skog, K., Johansson, M. and Jägerstad, M., 1995. Factors affecting the formation and yield of heterocyclic amines. proceedings of the 23rd International symposium of the princess Takamatsu cancer research fund, heterocyclic amines in cooked foods: Possible Human Carcinogens, 9-19, USA.
- 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 Chem*, 68(3), 299-308.
- Skog, K.I., Johansson, M.A.E. and Jägerstad, M.I., 1998. Carcinogenic heterocyclic amines in model systems and cooked foods: A Review on formation, occurrence and intake. *Food Chem Toxicol*, 36(9-10), 879-896.
- Smith, D. and Alvarez, V., 1988. Stability of vacuum cook-in-bag turkey breast rolls during refrigerated storage. *J Food Sci*, 53(1), 46-48.
- Solyakov, A. and Skog, K., 2002. Screening for heterocyclic amines in chicken cooked in various ways. *Food Chem Toxicol*, 40(8), 1205-1211.

- 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, Chichester, West Sussex, England, 373.
- Sugimura, T.S., 1995. History, Present and future of heterocyclic amines, cooked food Mutagens. In R.H. Adamson et al. (Eds.) *Heterocyclic Amines in Cooked Foods: Possible Human Carcinogens* (pp. 214-231). Princeton Scientific Publishing Co, Princeton, New Jersey.
- Szerman, N., Gonzalez, C.B., Sancho, A.M., Grigioni, G., Carduza, F. and Vaudagna, S.R., 2007. Effect of whey protein concentrate and sodium chloride addition plus tumbling procedures on technological parameters, physical properties and visual appearance of sous vide cooked beef. *Meat Sci*, 76(3), 463-473.
- Szerman, N., Gonzalez, C.B., Sancho, A.M., Grigioni, G., Carduza, F. and Vaudagna, S.R., 2008. Optimization of whey protein concentrate and sodium chloride concentrations and cooking temperature of sous vide cooked whole-muscle beef from Argentina. *Meat Sci*, 79(3), 557-567.
- Szerman, N., Gonzalez, C.B., Sancho, A.M., Grigioni, G., Carduza, F. and Vaudagna, S.R., 2012. Effect of the addition of conventional additives and whey proteins concentrates on technological parameters, physicochemical properties, microstructure and sensory attributes of sous vide cooked beef muscles. *Meat Sci*, 90(3), 701-710.
- 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. *J Agric Food Chem*, 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 Chem Toxicol*, 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 Chem Toxicol*, 45(4), 667-675.
- 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 Chem Toxicol*, 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. *J Agric Food Chem*, 53(8), 3248-3258.

- Vaudagna, S.R., Pazos, A.A., Guidi, S.M., Sanchez, G., Carp, D.J. and Gonzalez, C.B., 2008. Effect of salt addition on sous vide cooked whole beef muscles from Argentina. *Meat Sci*, 79(3), 470-482.
- Vaudagna, S.R., Sánchez, G., Neira, M.S., Insani, E.M., Picallo, A.B., Gallinger, M.M. and Lasta, J.A., 2002. Sous vide cooked beef muscles: effects of low temperature-long time (LT-LT) treatments on their quality characteristics and storage stability. *International Journal of Food Science and Technology*, 37(4), 425-441.
- Verma, S.P. and Sahoo, J., 2000. Improvement in the quality of ground chevon during refrigerated storage by tocopherol acetate preblending. *Meat Sci*, 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 Toxicol*, 50(6), 2128-2134.
- Wakabayashi, K., Totsuka, Y., Fukutome, K., Oguri, A., Ushiyama, H. and Sugimura, T., 1997. Human exposure to mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines and comutagenic β -carbolines. *Mutation Research*, 376, 253-259.
- Wakabayashi, K., Ushiyama, H., Takahashi, M., Nukaya, H., Kim, S.B., Hirose, M., Ochiai, M., Sugimura, T. and Nagao, M., 1993. Exposure to heterocyclic amines. *Environ Health Perspect*, 99, 129-134.
- Wang, S., Chang, M. and Chen, T., 2004. Shelf-life and microbiological profiler of chicken wing products following sous vide treatment. *International Journal of Poultry Science*, 3(5), 326-332.
- 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. *J Chromatogr 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 Chem*, 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.
- 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. *Mutat Res*, 173(1), 1-7.
- Yancey, J.W.S., Wharton, M.D. and Apple, J.K., 2011. Cookery method and end-point temperature can affect the Warner-Bratzler shear force, cooking loss, and internal cooked color of beef longissimus steaks. *Meat Sci*, 88(1), 1-7.
- Yıldız, N., ve Bircan, H., 1991. "Uygulamalı istatistik", Atatürk Üniversitesi Yay., No: 704-308- 60.
- Zöchling, S. and Murkovic, M., 2002. formation of the heterocyclic aromatic amine phip: identification of precursors and intermediates. *Food Chem*, 79, 125-134.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Eldos ZIKIROV
Doğum Tarihi : 31.12.1987
Doğum Yeri : Kazakistan
Eğitim :
 Lisans 2005-2010 : Kırgızistan-Türkiye “MANAS” Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bişkek
 Yüksek Lisans 2012- : Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum

Yayınları :

- Çelik, T., Zaman, A., Çakmak, İ.H., Kotan, G., **Zikirov, E.**, Öz, F., 2012. Kanatlı Etlerinin Pişirilmesi Esnasında Oluşan Heterosiklik Aromatik Aminler. 6-7 Aralık, İşlenmiş Kanatlı Eti Ürünleri Çalıştayı, Manisa.
- Öz, F., Çelik, T., Kızıl, M., **Zikirov, E.**, 2013. The Effect of Microwave Cooking on The Formation of Heterocyclic Aromatic Amines in Goose Meat. 59th ICOMST, International Congress of Meat Science and Technology, 18-23 August 2013, İzmir, Turkey.
- Çakmak, İ.H., **Zikirov, E.** Kızıl, M., Öz, F., 2013. Determination of Heterocyclic Aromatic Amines in Kavurma Cooked in Steam Cauldron. 59th ICOMST, International Congress of Meat Science and Technology, 18-23 August 2013, İzmir, Turkey.
- Öz, F., Çelik, T., Kızıl, M., **Zikirov, E.**, 2013. The Effect of Boiling on The Formation of Heterocyclic Aromatic Amines in Goose Meat. The 2nd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, 24-26 October 2013, Struga, Macedonia.
- Öz, F., **Zikirov, E.**, 2013. The Traditional Kyrgyz Meal: Besh Barmak. The 2nd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, 24-26 October 2013, Struga, Macedonia.

- Çakmak, İ.H., **Zikirov, E.**, Kizil, M., Öz, F., 2013. Determination of Heterocyclic Aromatic Amines in Kavurma Cooked in Copper Cauldron. The 2nd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, 24-26 October 2013, Struga, Macedonia.
- Yüzer, M.O., Seyyar, E., **Zikirov, E.**, Öz, F. (2014) Çorum Sungurlu Tandir Kebabı, 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, Adana
- Seyyar, E., Yüzer, M.O., **Zikirov, E.**, Öz, F. (2014) Hamsi Tuzlama, 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, Adana,
- Öz, F., Çakmak, İ. H., **Zikirov, E.**, Kızıll, M., Turhan, S., (2014) Heterocyclic Aromatic Amine Contents of Kavurma Commercially Cooked in Steam and Copper Cauldron, Journal of Food Processing and Preservation, (basımda).