



**MÜHÜRLEME İŞLEMİNİN ETİN TEKSTÜR,
PROTEİN PROFİLİ VE HETEROSİKLİK
AROMATİK AMİN OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ**

Sare KILIÇ

**Danışman: Prof. Dr. Fatih ÖZ
Yüksek Lisans Tezi
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
2021**

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**MÜHÜRLEME İŞLEMİNİN ETİN TEKSTÜR, PROTEİN PROFİLİ VE
HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ**

The Effect of Searing Process on Meat Texture, Protein Profile and Heterocyclic Aromatic
Amine Formation

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sare KILIÇ

Danışman: Prof. Dr. Fatih ÖZ

Erzurum
Temmuz, 2021

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Sare KILIÇ tarafından hazırlanan “Mühürleme İşleminin Etin Tekstür, Protein Profili ve Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Etkisi” başlıklı çalışması 28 / 07 / 2021 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalında, yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Sadettin TURHAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Aslı Islak İmzalıdır

Danışman: Prof. Dr. Fatih ÖZ
Atatürk Üniversitesi Aslı Islak İmzalıdır

Jüri Üyesi: Dr.Öğr.Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ
Atatürk Üniversitesi Aslı Islak İmzalıdır

Enstitü Yönetim Kurulunun
.../.../.... tarih ve sayılı
kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN

Enstitü Müdürü

Aslı Islak İmzalıdır

Bu çalışma Tübitak 1002 projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: 1200419

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

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Prof. Dr. Fatih ÖZ danışmanlığında sunulan “Mühürleme İşleminin Etin Tekstür, Protein Profili ve Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Etkisi” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	8	30
Kuramsal Temeller	0	30
Materyal ve Yöntem	21	35
Bulgular	7	20
Tartışma	7	20
Tezin Geneli	9	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Sare KILIÇ	Prof. Dr. Fatih ÖZ
28.7.2021	28.7.2021
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ'de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmanın en başından sonuna kadar bilgi ve tecrübesini esirgemeyen, gösterdiği sabır ve sağladığı motivasyonla devamlı yanımda olan saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Fatih ÖZ'e içtenlikle teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesinde desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Sayın Araş. Gör. Dr. Emel ÖZ'e ve araştırmada yardımlarını gördüğüm Sayın Prof. Dr. Sadettin TURHAN'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca araştırma esnasında bana destek olan başta Eyad AOUDEH olmak üzere değerli ekip arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca aldığım kararların arkasında duran, bugünlere gelmemi sağlayan babam Adil KILIÇ'a, annem Fatma KILIÇ'a, babaannem Yüksel KILIÇ'a kardeşlerim Sümeyra ve Süha'ya teşekkür ederim.

Mevcut yüksek lisans tez çalışmasının yürütülmesinde, projeye destek veren TÜBİTAK'a, TÜBİTAK – Tarım, Ormancılık ve Veterinerlik Araştırma Destek Grubu (TOVAG, Proje No: 120O419) ile çalışanlarına teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Ayrıca projeyi fiilen gerçekleştirdiğimiz Atatürk Üniversitesi ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi ile bu üniversitelerimizin Gıda Mühendisliği Bölümü yönetici ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Sare KILIÇ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MÜHÜRLEME İŞLEMİNİN ETİN TEKSTÜR, PROTEİN PROFİLİ VE HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ

Sare KILIÇ

Danışman: Prof. Dr. Fatih ÖZ

Amaç: Araştırmada, etin çeşitli kalite parametreleri (su ve ham yağ içeriği, pişirme kaybı, pH, renk, lipit oksidasyonu, tekstürel ve duyuşal özellikler, protein profili) ile heterosiklik aromatik aminlerin (HAA) oluşumu üzerine, mühürleme işlemi ve derecesinin etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Araştırmada, dört farklı muamele grubu oluşturulmuştur. Kontrol grubuna mühürleme işlemi uygulanmamış, diğer üç grup ise farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40°C) ulaşana kadar mühürlenmiştir. Ardından, tüm gruplar, iç sıcaklıkları 71°C'ye ulaşana kadar fırında pişirilmiştir.

Bulgular: Mühürleme işlemi ve derecesi; su içeriğinde azalmaya ($P<0,01$), pişirme kaybı değerinde ise artışa ($P<0,01$) sebep olurken, örneklerin pH değeri, ham yağ içeriği ve lipit oksidasyon seviyesi üzerine anlamlı bir etkiye sahip olmamıştır ($P>0,05$). Mühürleme işleminin, örneklerin dış yüzey L^* ve a^* değerlerini düşürdüğü ($P<0,01$) ve kesit yüzey a^* değeri üzerinde önemli değişikliklere ($P<0,01$) neden olduğu tespit edilmiştir. Duyusal analiz sonuçları, mühürleme işleminin, örneklerin genel kabul edilebilirlik değerlerini olumlu yönde etkilediğini, özellikle 30 ve 40°C iç sıcaklığa kadar mühürlendikten sonra fırında pişirilen örneklerin genel kabul edilebilirliğinin daha yüksek olduğunu göstermiştir. Mühürleme işlemi, incelenen tekstür profil parametrelerinden yalnızca sertlik değerini etkilemiş ve düşürmüştür ($P<0,05$). Myofibriler ve sarkoplazmik protein profilinin, mühürleme uygulamasından etkilendiği ve özellikle mühürleme derecesindeki artışa bağlı olarak bazı proteinlerin denatürasyon oranında artışlar olduğu gözlenmiştir. Araştırmada, analiz edilen dokuz adet HAA bileşiminden yalnızca IQ (0,06 ng/g'a kadar), MeIQ (0,08 ng/g'a kadar) ve MeIQx (0,22 ng/g'a kadar) bileşikleri belirlenmiştir. Kontrol grubu örneklerde hiçbir HAA belirlenemezken ($<LOD$), mühürleme işlemi uygulanmış örneklerde ise toplam HAA içeriğinin nç-0,24 ng/g arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Sonuç: Mühürleme işlem ve derecesinin, fırında pişirilmiş etlerin renk özelliklerini, duyuşal kabul edilebilirliğini ve gevrekliğini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiş; bununla birlikte SDS-PAGE profil sonuçları ve HAA oluşum seviyeleri, incelenen diğer kalite parametreleri ile birlikte değerlendirildiğinde, mühürleme işleminde 30 °C'lik iç sıcaklık uygulamasının referans alınmasının uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mühürleme, *Longissimus thoracis et lumborum*, TPA, SDS-PAGE, heterosiklik aromatik amin

Temmuz 2021, 69 sayfa

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

THE EFFECT OF SEARING PROCESS ON MEAT TEXTURE, PROTEIN PROFILE AND HETEROCYCLIC AROMATIC AMINE FORMATION

Sare KILIÇ

Supervisor: Prof. Dr. Fatih ÖZ

Purpose: Herein, it was aimed to determine the effect of searing process and degrees on several meat quality parameters (water and crude fat content, cooking loss, pH, color, lipid oxidation, textural and sensory properties, and protein profile) and the formation of heterocyclic aromatic amines (HAAs).

Method: In this study, four different groups were formed. The control group was not seared, while the other three groups were seared until their internal temperatures reached 20 °C, 30°C and 40 °C. Then, all groups were oven-cooked until their internal temperature reached 71 °C.

Findings: Searing process and degrees caused a significant ($P<0.01$) decrease in water content and increase in cooking loss, while it had no significant effect ($P>0.05$) on pH value, crude fat content and lipid oxidation. Searing significantly reduced the meat surface's L^* and a^* values ($P<0.01$), and significant changes ($P<0.01$) in a^* value of the cross-sectional surface were observed. Searing positively affected the overall acceptability score of the samples, and the samples seared until their internal temperatures reached 30 and 40 °C had the higher overall acceptability scores. Only hardness value was affected and reduced significantly ($P<0.05$) by searing. Myofibrillar and sarcoplasmic proteins' profile was influenced by searing and an increment in denaturation rate of some proteins was observed especially due to increase in searing degree. Of nine HAAs, only IQ (up to 0.06 ng/g), MeIQ (up to 0.08 ng/g), and MeIQx (up to 0.22 ng/g) were determined. While none of HAAs was detected ($<LOD$) in control group samples, the total HAAs content in the seared samples ranged from nq to 0.24 ng/g.

Conclusion: It was determined that the searing process and degree positively affected the color properties, sensory acceptability and tenderness of oven cooked meat; however, once the SDS-PAGE profile results and heterocyclic aromatic amine formation levels are evaluated together with the other quality parameters examined, it was concluded that it would be appropriate to use an internal temperature of 30 °C as a reference in the searing process.

Keywords: Searing, *Longissimus thoracis et lumborum*, TPA, SDS-PAGE, heterocyclic aromatic amines

July 2021, 69 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	xi
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	5
MATERYAL VE METOT.....	7
Materyal	7
Kimyasallar	7
Metot	7
Pişirme koşulları	7
Su analizi.....	8
Pişirme kaybı analizi	8
pH analizi	8
Ham yağ analizi.....	8
Tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (TBARS) analizi	9
Renk analizi.....	9
Tekstür profil analizi (TPA).....	9
Myofibriler ve sarkoplazmik proteinlerin SDS- PAGE profilinin belirlenmesi	9
Duyusal analiz.....	10
Heterosiklik aromatik amin (HAA) analizi.....	10
İstatistik Analiz	11
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	12
Hammaddeye Ait Analiz Sonuçları	12
Su İçeriği.....	12
Pişirme Kaybı.....	14
pH Değeri.....	16

Ham Yağ İçeriği	17
Lipid Oksidasyonu	18
Renk Parametreleri.....	20
<i>L</i> * değeri.....	21
<i>a</i> * değeri.....	23
<i>b</i> * değeri.....	25
Duyusal Analiz.....	27
Tekstür Profil Analizi (TPA) Sonuçları	29
Myofibriler ve Sarkoplazmik Proteinlerde Gerçekleşen Değişimler (SDS-PAGE Profili)	31
Heterosiklik Aromatik Amin İçeriği	35
Geri kazanımlar	35
IQx içeriği	36
IQ içeriği	36
MeIQ içeriği	37
MeIQx içeriği	37
4,8-DiMeIQx içeriği.....	38
7,8-DiMeIQx içeriği.....	39
PhIP içeriği.....	39
AαC içeriği.....	40
MeAαC içeriği.....	40
Toplam HAA İçeriği	41
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	45
KAYNAKLAR.....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	55

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Sığır Eti Örneklerine Uygulanan Pişirme Koşulları	8
Tablo 2. Muamele Gruplarının Su İçerikleri (%).....	13
Tablo 3. Muamele Gruplarının Su İçeriklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	13
Tablo 4. Muamele Gruplarının Su İçeriklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	14
Tablo 5. Muamele Gruplarının Pişirme Kaybı Değerleri (%)	14
Tablo 6. Muamele Gruplarının Pişirme Kaybı Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	15
Tablo 7. Muamele Gruplarının Pişirme Kaybı Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	15
Tablo 8. Muamele Gruplarının pH Değerleri	16
Tablo 9. Muamele Gruplarının pH Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	16
Tablo 10. Muamele Gruplarının pH Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	17
Tablo 11. Muamele Gruplarının Yağ İçerikleri (%).....	17
Tablo 12. Muamele Gruplarının Yağ İçeriklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	18
Tablo 13. Muamele Gruplarının Yağ İçeriklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	18
Tablo 14. Muamele Gruplarının TBARS Değerleri (mg MDA/kg).....	19
Tablo 15. Muamele Gruplarının TBARS Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	19
Tablo 16. Muamele Gruplarının TBARS Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (mg MDA/kg)	20
Tablo 17. Muamele Gruplarının L^* Değerleri	21
Tablo 18. Muamele Gruplarının Dış Yüzey ve Kesit Yüzey L^* Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	22
Tablo 19. Muamele Gruplarının Dış Yüzey ve Kesit Yüzey L^* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	23
Tablo 20. Muamele Gruplarının a^* Değerleri	23
Tablo 21. Muamele Gruplarının Dış Yüzey ve Kesit Yüzey a^* Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	24
Tablo 22. Muamele Gruplarının Dış Yüzey ve Kesit Yüzey a^* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	25
Tablo 23. Muamele Gruplarının b^* Değerleri	25

Tablo 24. Muamele Gruplarının Dış Yüzey ve Kesit Yüzey b^* Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	26
Tablo 25. Muamele Gruplarının Dış Yüzey ve Kesit Yüzey b^* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	26
Tablo 26. Muamele Gruplarının Duyusal Parametrelerinin Mühürleme İşlemi Üzerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	27
Tablo 27. Muamele Gruplarının Duyusal Analiz Parametrelerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	28
Tablo 28. Muamele Gruplarının Tekstür Profil Analiz Sonuçları	29
Tablo 29. Muamele Gruplarının Tekstür Profil Analizine Ait Varyans Analiz Sonuçları	30
Tablo 30. Muamele Gruplarının Tekstür Profil Analiz Sonuçlarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	31
Tablo 31. Mevcut Araştırmada Analizi Yapılan HAA'ların LOD, LOQ ve Geri Kazanım Oranları	35
Tablo 32. Muamele Gruplarının Ortalama Heterosiklik Aromatik Amin İçerikleri (ng/g).....	36
Tablo 33. Muamele Gruplarının Toplam HAA İçeriklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları ...	41
Tablo 34. Muamele Gruplarının Toplam HAA İçeriklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 1.** Isıl işlem görmüş örneklerin dış yüzey (a) ve kesit yüzey (b) fotoğrafları, F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek.....20
- Şekil 2.** Örneklerin duyu analizi sonuçlarına ait hedonik skala, F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek28
- Şekil 3.** Farklı iç sıcaklıklara kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş etlerin myofibriller proteinlerine ait SDS-PAGE elektroforetogramı, STD: Protein standardı, H: Hammadde, F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek.....32
- Şekil 4.** Farklı iç sıcaklıklara kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş etlerin sarkoplazmik proteinlerine ait SDS-PAGE elektroforetogramı, STD: Protein standardı, H: Hammadde, F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek.....34

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

°C	: Santigrat Derece
AαC	: 2-amino-9H-pirido[2,3-b]indol
cm	: Santimetre
dk	: Dakika
G	: Gram
HAA	: Heterosiklik Aromatik Amin
HPLC	: Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi
IQ	: 2-amino-3-metilimidazo[4,5-f]kinolin
IQx	: 2-amino-3-metilimidazo[4,5-f]kinokzalin
kDa	: Kilodalton
kg	: Kilogram
LOD	: Algılama sınırı
LOQ	: Kantitatif ölçme sınırı
M	: Molarite
MDA	: Malondialdehit
MeAαC	: 2-amino-3-metil-9H-pirido[2,3-b]indol
MeIQ	: 2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5-f]kinolin
MeIQx	: 2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5-f]kinokzalin
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
mM	: Milimolar
nd	: Tespit edilemedi (<LOD)
ng	: Nanogram
nm	: Nanometre
nq	: Miktar belirlenemedi (LOD<....<LOQ)
pH	: Hidrojen Gücü
PhIP	: 2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5-b]piridin
s	: Saniye
SD	: Standart Sapma
SDS- PAGE	: Sodyum Dodesil Sülfat Poliakrilamid Jel Elektroferez
TBARS	: Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeleri
TPA	: Tekstür profil analizi

w/w	: Ağırlıkça
%	: Yüzde
µg	: Mikrogram
µl	: Mikrolitre
µm	: Mikrometre
4,7,8-TriMeIQx	: 2-amino-3,4,7,8-trimetilimidazo[4,5-f]kinokzalin
4,8-DiMeIQx	: 2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5-f]kinokzalin
7,8-DiMeIQx	: 2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5-f]kinokzalin



GİRİŞ

Et, yüksek miktar ve kalitede protein içermesi, çinko ve demir gibi mineraller ile B grubu vitaminlerin temel kaynağı olması nedeniyle beslenmede önemli bir yere sahiptir (Gökalp vd 2010a). Çiğ tüketilen et ürünleri haricinde, et ve ürünleri genel olarak pişirme işlemi sonrasında tüketilmektedir. Pişirme ile hem patojen mikroorganizmalar inaktif hale getirilmekte hem de ürünün duyuşal özellikleri geliştirilmektedir (Sante-Lhoutellier *et al.* 2008). Isı uygulaması ile ette protein denatürasyonu ve şiringi içeren pek çok yapısal değişiklik görülmekte, etin su tutma kapasitesi azalmakta böylelikle pişirme ile et kalitesi değişmektedir (Tornberg 2005; Barbera and Tassone 2006). Ayrıca, ısıl işlem neticesinde, etin tekstür profil parametrelerinde (yapışkanlık, esneklik, çiğnenebilirlik, sertlik ve elastikiyet) de çeşitli değişimler görülmektedir (Barbera and Tassone 2006). Pişmiş etin yumuşaklığı, sululuğu, lezzet ve aroması, tüketici tercihini belirleyen temel duyuşal özelliklerdendir (Bekhit *et al.* 2014; Zhu *et al.* 2018). Pişirme işleminin duyuşal kaliteye göre optimize edilebilmesi için ürün kalitesini etkileyen temel faktörlerin anlaşılması önem arz etmektedir. Pişirme esnasında uygulanan zaman/sıcaklık programı, etin tekstürünü, protein fraksiyonlarının değişimini, pişirme kaybını ve hatta sululuk, renk, tat ve aroma gibi diğer kalite parametrelerini güçlü bir şekilde etkilemektedir (Murphy and Marks 2000).

Sarkoplazmik proteinler; myoglobin, kreatin kinaz ve glikolitik yolda bulunan pek çok enzimi içeren suda çözünür proteinlerdir (Tornberg 2005; Öz 2018). Sarkoplazmik fraksiyonda molekül ağırlığı 17 kDa ile 92,5 kDa arasında değişen yaklaşık 100 farklı protein bulunmaktadır (Tornberg 2005). Toplam kas proteinlerinin yaklaşık %35'ini oluşturan bu proteinler (Dalmış and Soyer 2008), et işleme proseslerinde bazı biyokimyasal ve metabolik reaksiyonlara girmektedir (Dai *et al.* 2013). Sarkoplazmik proteinlerin denatürasyonu 30-50 °C arasında başlamaktadır. Bununla birlikte, sarkoplazmik proteinlerin denatürasyonu 80 °C'ye kadar, azalan hızda devam etmektedir (Gökalp vd 2010a). Öte yandan, Davey and Gilbert, 1974 yılında yürüttükleri bir araştırmada, sarkoplazmik proteinlerin ısıl agregasyonun 90 °C'ye kadar uzatılabileceğini ve sarkoplazmik proteinlerin yapısal et elementleri arasında jel oluşturmak suretiyle pişmiş etin kıvamında rol oynayabileceğini bildirmişlerdir. Sarkoplazmik protein denatürasyonunun, renk ve su tutma kapasitesi gibi et kalite parametreleri üzerinde etkili olduğu rapor edilmiştir (Lawrie 1998; Sayd *et al.* 2006; Marcos *et al.* 2010). Ayrıca, 2002 yılında yürütölen bir araştırmada sarkoplazmik proteinlerin pişirilmiş sosislerin kıvamı ve yapışkanlığı üzerine önemli etki gösterdiği bildirilmiştir (Farouk *et al.* 2002).

Myofibriler proteinler, kontraktıl, regülatör ve sitosikletal proteinleri içeren tuzda çözüner proteinlerdir (Toldra 2010; Marino *et al.* 2014). Bu proteinler, toplam kas proteinlerin yaklaşık %50-55'ini oluşturmaktadır (Tornberg 2005). Myofibriler proteinlerin önemli bir bölümünü oluşturan myosin ve aktin, protein denatürasyonu ile ilgili yürütülen araştırmalarda ön plana çıkmaktadır. Myosinin, globüler baş kısmının 40 °C'de denatüre olmaya başladığı ve myosin alt fragmanlarında yapısal değişimlerin görüldüğü, sıcaklık 53 °C'ye ulaştığında ise denatürasyonun daha belirgin bir hal aldığı rapor edilmiştir (Berhe *et al.* 2014). Diğer bir önemli myofibriler protein olan aktin proteininin ise denatürasyon sıcaklığının 68-80 °C olduğu bildirilmiştir (Berhe *et al.* 2014). Myofibriler proteinler, uygulanan ısıl prosesler neticesinde, ette yapışkan yapı ve sert tekstür oluşumundan sorumludur (Han *et al.* 2014). Et tekstürünün oluşumunda önemli etkiye sahip olan bu majör komponentlerde gerçekleşen değişimler, et ürünlerinin duysal karakteristiklerinde de önemli rol oynamaktadır (Larrea *et al.* 2006). Etin ısıtılması ile myofibriler proteinlerde gerçekleşen denatürasyon nedeniyle, hidrofobik ortamın arttığı ve bu durumun etin su tutma kapasitesini etkileyebileceği bildirilmiştir (Berhe *et al.* 2014).

Pişirme işlemi, etin su tutma kapasitesini azaltan yapısal değişiklikleri tetiklemektedir (Barbera and Tassone 2006). Etin pişirilmesi esnasında, uygulanan sıcaklığa bağlı olarak etin yapısında şirink olarak da bilinen bir büzülme meydana gelmektedir (Warner *et al.* 2017; Dominguez-Hernandez *et al.* 2018). Kas lif çapında daralma şeklinde görülen şirinkin, myofibriler proteinlerin degradasyonu nedeniyle lifler arası boşlukların azalmasından ve kolajen liflerin kısalmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Brüggemann *et al.* 2010). Şirink nedeniyle ette görülen su kaybının 60-70 °C'de maksimum olduğu ve suyun şirink nedeniyle daralan bağ dokusu tarafından uygulanan basınçla atıldığı rapor edilmiştir (Tornberg 2005).

Et tekstürü ve yumuşaklığı, tüketici tarafından arzu edilen pişirme koşullarının belirlenmesinde temel kalite kriterlerindedir. Çünkü pişirme esnasında uygulanan sıcaklık-süre kombinasyonları, etin tekstür ve yumuşaklığı ile ilişkili olan et bileşenlerinde değişime neden olmaktadır (Bertola *et al.* 1994). 1982 yılında gerçekleştirilen bir araştırmada, et sertliğinin, myofibriler proteinlerin termal denatürasyonu ile arttığı, lifler arası kohezivliğin kolajen denatürasyonu ile azaldığı ve et sululuğunda görülen azalmanın esas olarak aktin denatürasyonu ile ilişkili olduğu rapor edilmiştir (Martens *et al.* 1982). Palka and Daun (1999), pişirme sıcaklığının 100 °C'ye ulaşması ile et çapının önemli ölçüde azalması neticesinde et yapısının daha kompakt hale geldiğini bildirmişlerdir.

Pişirme işlemi ile et ve ürünlerinin biyoyararlılığı artmakta ve sindirimi kolaylaşmaktadır. Bununla birlikte, uygulanan pişirme koşullarına (metot, sıcaklık, süre vb.)

bağlı olarak pişirme neticesinde heterosiklik aromatik aminler (HAA'lar) gibi insan sağlığına zararlı bazı kimyasal bileşikler de oluşabilmektedir. Bu bileşikler, ilk olarak 1977 yılında, ızgarada pişirilmiş et ve balıkta tespit edilmiştir (Nagao *et al.* 1977). Et gibi protein bakımından zengin gıdaların genellikle 150 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda pişirilmesi esnasında oluşan bu bileşiklerin, aminoimidazoazorenler (IQ tipi bileşikler, termik HAA'lar) ve aminokarbolinler (IQ tipi olmayan bileşikler veya pirolitik HAA'lar) olmak üzere iki ana kimyasal sınıfı mevcuttur (Skog *et al.* 2000; Skog and Solyakov 2002). Aminoimidazoazorenlerin genellikle 150-300 °C arasındaki sıcaklıklarda, serbest aminoasitler, kreatin/kreatinin ve heksozlar arasındaki reaksiyonlar neticesinde oluştuğu (Jägerstad *et al.* 1983; Laser-Reuterswärd *et al.*, 1987a; 1987b), aminokarbolinlerin ise genellikle 300 °C üzerindeki sıcaklıklarda proteinler ve aminoasitlerin pirolizi sonucu oluştuğu (Sugimura and Adamson 2000) bildirilmiştir. Buna karşın, 100 °C'nin altındaki sıcaklıklarda da HAA'ların oluşabildiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Öz and Zikirov 2015). Günümüze dek 30'a yakın HAA bileşiği, gıdalardan izole ve identifiye edilmiştir (Savaş *et al.* 2021).

HAA'ların çoğunun mutajenik, nerdeyse tamamının ise karsinojenik olduğu yapılan epidemiyolojik çalışmalarda bildirilmiştir (Sugimura 1995; Skog *et al.* 1998). HAA'ların, gıda mutajenleri olan aflatoksin B1'den 100 kat, benzo[a]pyrene'den ise 2000 kat daha fazla mutajenik olduğu belirtilmiştir (Öz and Kaya 2011a). Isıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde oluşan HAA miktarının; et çeşidi, pişirme şartları (sıcaklık, süre, kullanılan ekipman, vb.), pH, su aktivitesi, karbonhidrat, serbest amino asit ve kreatin içeriği ile ısı ve kütle transferi, yağ ve yağ oksidasyonu, antioksidan mevcudiyeti gibi pek çok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterdiği çeşitli araştırmalarda rapor edilmiştir (Felton *et al.* 1984; Skog *et al.* 1998; Pais *et al.* 1999; Öz 2011; Öz and Kaya 2011b; Puangsombat *et al.* 2012; Öz and Kızıl 2013; Öz and Zikirov 2015).

Mühürleme, yüksek sıcaklık uygulaması ile et yüzeyinde kabuk oluşturulması olarak tanımlanabilmektedir. Mühürleme, ete hızlı bir şekilde yüksek ısı uygulanması sonucu yüzeydeki proteinlerin denatüre olarak bir tabaka oluşturması esasına dayanmaktadır (Erdoğan 2005). Bu işlem, genellikle 160-250 °C'ye kadar ısıtılmış yüzeylerde gerçekleştirilmektedir (Babür ve Gürbüz 2015). Mühürleme işleminde gerçekleşen Maillard reaksiyonu nedeniyle görsel olarak daha çekici ve lezzetli et ürünleri elde edilmektedir (Barber and Broz 2011). Labensky and Hause (2007), mühürleme işleminin genellikle çeşitli pişirme yöntemlerinin hazırlık aşaması olarak uygulandığını bildirmişlerdir.

Hazır yemek endüstrisinde son yıllarda yaygın olarak uygulanmaya başlanan mühürleme işleminin ve mühürleme derecesinin, etin tekstürel özelliklerine, protein profiline ve HAA oluşumu üzerine nasıl etki ettiği henüz bilinmemektedir. Bu durum, pişirilmiş etin tekstür özelliklerine, protein profiline ve HAA içeriği üzerine mühürleme tekniği ve mühürleme derecesinin etkilerinin araştırılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Mühürleme işlemi ile belirtilen kalite faktörleri arasındaki ilişkinin, ete uygulanacak pişirme proseslerinin tasarımında ve iyileştirilmesinde oldukça önemli olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, mevcut araştırmada, mühürleme işlemi ve mühürleme derecesinin fırında pişirilmiş etlerin tekstürel ve duyuşal özellikleri, protein (SDS-PAGE) profili ve çeşitli kalitatif özellikleri (su içeriği, pişirme kaybı, pH değeri, ham yağ içeriği, lipit oksidasyonu ve renk yoğunluğu) ile heterosiklik aromatik amin oluşumu üzerine etkileri incelenmiştir.



KURAMSAL TEMELLER

Son yıllarda oldukça popüler bir ısıl uygulama olan mühürleme işleminin, etin çeşitli kalitatif özellikleri üzerine etkisinin incelendiği araştırma sayısı oldukça sınırlıdır. Ayrıca bu kapsamda yer alan çalışmalar çoğunlukla etin renk, sululuk ve duyuşsal özellikleri üzerine yoğunlaşmıştır.

Mühürleme işleminin etin sululuğu ve pişirme kaybı değeri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütölen bir araştırmada, et örnekleri sıcaklığı 310 °F (154 °C) olan bir tavada her bir yüzeyi 10 s olacak şekilde toplamda 20 s süreyle mühürlenmiş ve ardından mühürlenemeyen örnekler, 400 °F (204 °C) sıcaklıktaki elektrikli fırında 10 dk süreyle pişirilmiştir. Araştırma sonucunda, mühürleme işleminin pişmiş etin sululuğu ve pişirme kaybı üzerine etki etmediği bildirilmiştir (Barber and Broz 2011).

Yağsız sığır etinin pişirilmesinde, optimum fırın koşullarının belirlenmesi amacıyla yürütölen bir araştırmada, et örnekleri farklı sıcaklık (232 ve 260 °C) ve sürelerde (0, 10, 20 ve 30 dk) mühürlenmiş ve ardından farklı sıcaklıklardaki (135 ve 160 °C) fırında pişirilmiştir. 232 °C’de 10 dk süreyle mühürlenemeyen ve ardından 135 °C’deki fırında pişirilen örneklerin pişirme kaybının düşük ve kesit yüzey renginin daha homojen olduğu, bu örneklerin lezzet ve gevreklik yönünden diğer muamele gruplarına kıyasla daha üstün olduğu tespit edilmiştir (Rodas-González *et al.* 2015).

Pişirme yönteminin tüketici tercihinine etkisinin belirlendiği bir araştırmada, ızgara ve fırında pişirme yöntemlerinde mühürleme uygulamasının, et yüzeyinden buharlaşan nem miktarının azalmasına yardımcı olduğu rapor edilmiştir (Shubert 2016).

Salim *et al.* (2020), farklı iç sıcaklıklarda pişirilmiş etlerin renk ve sarkoplazmik proteom profilini inceledikleri araştırmalarında, 2,5 cm kalınlığındaki *Longissimus lumborum* kaslarını, iç sıcaklıkları 60 ve 71 °C’ye ulaşıncaya dek pişirmişlerdir. Araştırmacılar, 60 °C iç sıcaklığa kadar pişirilmiş örneklerin kırmızılık değeri ve renk stabilitesinin, 71 °C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, farklı iç sıcaklık uygulamasının, etin sarkoplazmik proteom profilini etkilediğini, 71 °C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde 1 noktanın bol olduğunu, 60 °C iç sıcaklığa kadar pişirilen örneklerde ise bol nokta sayısının 10 olduğunu ve 60 °C iç sıcaklığa kadar pişirilmiş örneklerdeki bol proteinlerin, gıda kaynaklı enfeksiyonlar için bir kaynak olan az pişmiş sığır etinde, potansiyel biyolojik belirteçler olarak kullanılabileceğini rapor etmişlerdir.

Sığır parça etlerinin duyuusal ve fizikokimyasal özellikleri üzerine mühürleme işlemin etkisinin incelendiği bir araştırmada, 180 °C'lik fırında 35 °C'lik iç sıcaklığa kadar pişirilen ve ardından 60 °C'lik iç sıcaklığa ulaşılan 250 °C'lik tavada mühürlenmiş örneklerin sululuk, su içeriği ve pişirme kaybı değerlerinin, mühürleme işlemi uygulanmadan 60 °C'lik iç sıcaklığa kadar fırında pişirilmiş kontrol grubu örneklerden istatistiksel olarak farklılık göstermediği bildirilmiştir. Bununla birlikte, Maillard reaksiyonu ile ilişkili olarak, genel kabul edilebilirlik ve tat-aroma puanlarının, mühürlenmiş örneklerde kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Yoo *et al.* 2020).

Cho *et al.* (2020) sous-vide yöntemi ile pişirilen domuz köftelerinin kalite karakteristikleri üzerine mühürleme işleminin etkisini belirledikleri araştırmalarında, farklı sürelerde (0, 30, 60, 90, 120 s) mühürledikleri örnekleri, sous-vide yöntemi ile 75 °C'de 2 saat süreyle pişirmişlerdir. Araştırmacılar, kontrol grubu örnekler ile mühürleme işlemi uygulanan örneklerin kalite özellikleri arasında belirgin farklılıklar olduğunu, 120 s süreyle mühürlenmiş örneklerinin pişirme kaybının daha yüksek olduğunu, 60 s süreyle mühürlenmiş örneklerin görünüm, tekstür ve genel kabul edilebilirlik puanlarının 30 ve 120 s süreyle mühürlenmiş örneklerle kıyasla daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Et tüketimi ve sağlık ilişkisinin yakından incelendiği günlerde, heterosiklik aromatik aminler, mutajenik ve/veya karsinojenik özellikleri nedeniyle ısı işlem görmüş et ürünlerinde sıklıkla araştırılan popüler bileşiklerden biridir. Bu kapsamda çeşitli pişirme yöntemleri ve sıcaklık-süre parametrelerinin bu bileşiklerin oluşumu üzerine etkilerinin incelendiği pek çok araştırma mevcuttur (Balogh *et al.* 2000; Iwasaki *et al.* 2010; Öz *et al.* 2010a; Öz and Zikirov 2015; Gibis and Weiss 2015; Öz and Yüzer 2016; Xu *et al.* 2021). Bununla birlikte, mühürleme işleminin bu toksik bileşikler üzerindeki etkisinin incelendiği bir araştırmaya literatürde rastlanılmamıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Araştırmada, materyal olarak; Erzurum Et Kombinasyonu'ndan temin edilen sığır eti (*M. Longissimus thoracis et lumborum*) kullanılmıştır. Hammadde seçiminde aynı ırk, cinsiyet ve yaşta hayvan etlerinin kullanılmasına özen gösterilmiştir. Temin edilen etler, soğuk zincir altında laboratuvara getirilmiş ve 5 cm kalınlığında dilimlendikten sonra materyal olarak kullanılmıştır.

Kimyasallar

Mevcut araştırmada analitik veya kromatografik kalite kimyasallar kullanılmıştır. Araştırmada analizi yapılan heterosiklik aromatik amin standartları; IQx (2-amino-3-metilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), IQ (2-amino-3-metilimidazo[4,5-*f*]kinolin), MeIQx (2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), MeIQ (2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5-*f*]kinolin), 4,8-DiMeIQx (2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), 7,8-DiMeIQx (2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), 4,7,8-TriMeIQx (2-amino-3,4,7,8-tetrametilimidazo[4,5-*f*]kinokzalin), PhIP (2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5-*b*]piridin), AαC (2-amino-9H-pirido[2,3-*b*]indol) ve MeAαC (2-amino-3-metil-9H-pirido[2,3-*b*]indol) Toronto Research Chemicals (Toronto, Canada)'dan temin edilmiştir. Araştırmada internal standart olarak 4,7,8-TriMeIQx kullanılmıştır (Kilic *et al.* 2021).

Metot

Piştirme koşulları

Mevcut araştırmada mühürleme işlemi döküm bir tava (Karaca, Türkiye) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için, yüzey sıcaklığı önceden 250 °C'ye getirilmiş döküm tavada, et örnekleri, iç sıcaklıkları 20, 30 ve 40 °C olacak şekilde mühürlenmiştir. Yapılan ön denemeler neticesinde belirtilen mühürleme koşulları altında, örneklerin mühürleme süreleri belirlenmiş ve mühürleme sürelerinin yarısında; örnekler çevrilmiştir. Mühürleme işleminin ardından, örnekler gıda güvenliğinin sağlanması için; sıcaklığı önceden 180 °C'ye ayarlanmış fırında (Arçelik, Türkiye) iç sıcaklıkları 71 °C'ye ulaşmaya kadar pişirilmiştir. Mühürleme işlemi uygulanmayan ve direkt olarak fırında piştirme işlemine tabii tutulan (71 °C iç sıcaklık) örnekler, kontrol grubu olarak değerlendirmeye alınmıştır. Piştirme yüzey ve iç sıcaklıkları laboratuvar tipi bir termometre (Testo, Lenzkirch, Germany), piştirme süresi ise laboratuvar tipi

bir kronometre kullanılarak belirlenmiştir. Mevcut araştırmada, ön denemeler neticesinde netleştirilen ve sığır eti örneklerine uygulanan pişirme koşulları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Sığır Eti Örneklerine Uygulanan Pişirme Koşulları

Grup	İşlem	İç Sıcaklık
F	Mühürleme	-
	Fırında pişirme	71 °C
M20+F	Mühürleme	20 °C
	Fırında pişirme	71 °C
M30+F	Mühürleme	30 °C
	Fırında pişirme	71 °C
M40+F	Mühürleme	40 °C
	Fırında pişirme	71 °C

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Su analizi

Örneklerin su içerikleri; kuru madde kaplarına tartılan yaklaşık 10 g örneğın, etüvde (100±2°C’de, yaklaşık 1 gün) kurutulması ile belirlenmiştir (Gökalp vd 2010b).

Pişirme kaybı analizi

Örneklerin ağırlıkları, pişirmeden önce oda sıcaklığında hassas terazi ile belirlenmiş ve pişirme işlemi sonrasında her örnek için ölçüm işlemi aynı şartlarda tekrarlanmıştır. Örneklerin ağırlıklarındaki değişim yüzde olarak hesaplanarak, pişirme kaybı değerleri tespit edilmiştir (Öz and Kizil 2013).

pH analizi

Örneklerin pH değerleri; pH metre (ATI, USA) kullanılarak belirlenmiştir. pH metre, kullanımdan 15 dk önce açılmış ve kalibre edilmiştir (pH 4,0 ve 7,0’lik tampon çözeltiler). pH analizi için; 10 g örnek, 100 ml saf su ile homojenize edilmiş (IKA Werk T 25, Germany) ve ardından pH metrede okuma işlemi gerçekleştirilmiştir (Gökalp vd 2010b).

Ham yağ analizi

Örneklerin ham yağ içerikleri, kurumadde analizinden arta kalan örneklerin eter ekstraksiyon yöntemine (dietyl eter) tabii tutulması ile (8 saat) belirlenmiştir (Gökalp vd 2010b).

Tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (TBARS) analizi

Örneklerin TBARS değeri, spektrofotometrik yöntemle göre (Kılıç ve Richards 2003) belirlenmiştir. 2 g et örneği, triklorasetik asit çözeltisi (12 ml, (%7,5 TCA, %0,1 EDTA, %0,1 propil gallat, 1-propil gallat 3 ml etanolde çözündürülmüş)) ile homojenize edilmiş ve filtre kağıdından (Whatman 1) süzümüştür. 3 ml süzümü, 3 ml tiyobarbitürik asit çözeltisi (0,02M) ile birlikte kaynar su banyosunda reaksiyona sokulmuştur (40 dk). Ardından, karışım, soğuk su içerisinde 5 dk süreyle soğutulmuştur. Müteakiben, 2000 g'de 5 dk santrifüj (Hermle ZK 380, Almanya) işlemi gerçekleştirilmiş sonra 530 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Aquamate Thermo Electron Corporation, İngiltere) köre karşı ölçüm yapılarak sonuçlar mg malondialdehit (MDA)/kg olarak verilmiştir.

Renk analizi

Örneklerin dış yüzey ve kesit yüzey renk yoğunlukları (L^* (parlaklık, 100: beyaz, 0: siyah), a^* (+: kırmızı (+100), -: yeşil (-80), 0: gri) ve b^* (+: sarı (+70), -: mavi (-80), 0: gri) değerleri), hem ısı işlem öncesi hem de ısı işlem uygulaması sonrasında, Minolta CR-400 renk ölçüm (Konica Minolta, Inc., Osaka, Japonya) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Beyaz bir A4 kağıt üzerine konulan örneklerin rastgele noktalarından en az üçer okuma yapılmış ve ortalamaları kullanılmıştır.

Tekstür profil analizi (TPA)

Örneklerinin tekstür profil analizi (TPA), tekstür analiz cihazı (TA-XT Plus, Stable Micro Systems, Haslemere, UK) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz, her bir örnek grubundan üç örnek kullanılarak gerçekleştirilmiş ve sonuçların ortalaması alınmıştır. Örneklerin sertlik (hardness), elastikiyet (springiness), iç yapışkanlık (cohesiveness) ve çiğnenebilirliği (chewiness) içeren tekstürel parametreleri cihaz tarafından kaydedilen verilerden ilgili yazılım kullanılarak hesaplanmıştır (Öztürk 2019).

Myofibriler ve sarkoplazmik proteinlerin SDS- PAGE profilinin belirlenmesi

Et proteinleri üzerine, mühürleme ve pişirme işlemlerinin etkisini belirlemek amacıyla Öz ve Kaya (2019) tarafından bildirilen yöntem kullanılmıştır. Bu kapsamda, sarkoplazmik ve myofibriler proteinlerde meydana gelen değişimler Sodyum Dodesil Sülfat Poliakrilamid Jel Elektroferez (SDS-PAGE) tekniği ile incelenmiştir. Örnekler, 1:10 (w/v) oranında 30 mM fosfat tamponu (pH 7,4) içerisinde homojenize edilmiştir. Homojenizat, 10.000 g'de, 4 °C'de 20 dk süreyle santrifüj edilmiştir. Süpernatant cam yününden süzildükten sonra sarkoplazmik protein fraksiyonu olarak toplanmıştır. Bu prosedür, pelletler için 2 kez tekrarlanmış ve elde

edilen pellet, 9 hacim 100 mM fosfat tamponu (pH 7,4, 0,7 M potasyum iyodür ve %0,02 sodyum azid) ile homojenize edilmiştir. Homojenizat, 10.000 g'de, 4 °C'de 20 dk santrifüj edilmiş ve süpernatant myofibriler protein fraksiyonu olarak toplanmıştır. Ekstraktların konsantrasyonu, Bradford yöntemi ile belirlenmiş ve 50 mM Tris tamponu (pH 6,8, %0,05 bromofenol mavisi, %3 SDS (w/v), 75 mM ditiotritol, 2 M tiourea, 8 M üre) ile 1:1 (v/v) oranında karıştırılmıştır. Karışım, 100 °C'de 5 dk bekletildikten sonra; kullanılabildiği kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir. Myofibriler ve sarkoplazmik proteinlerin ayırımında, %5'lik yükleme jeli (akrilamid/bisakrilamid 29:1 (w/w), %0,1 (w/v) SDS, %0,05 (v/v) TEMED, %0,075 (w/v) APS, 0,125M Tris-HCl, pH 6,8) ve %12'lik ayırma jeli (akrilamid/bisakrilamid 29:1 (w/w), %0,1 (w/v) SDS, %0,05 (v/v) TEMED, %0,075 (w/v) APS, 0,375M Tris-HCl, pH 8,8) kullanılmıştır. Her bir jel kuyucuğuna 10 µL örnek yüklenmiş ve örnekler 100 V'de, boya izi jel sonuna ulaşana kadar koşturulmuştur. Ardından jel, Coomassie Brilliant Blue R-250 içeren boyama çözeltisiyle (Coomassie Brilliant Blue R-250 (1g/L), %50 (v/v) metanol, %10 (v/v) asetik asit) boyanmıştır. Boyama işleminin ardından jel arka planı netleşene kadar, yıkama solüsyonu (%10 (v/v) asetik asit, %10 (v/v) metanol, %80 (v/v) distile su) ile boya uzaklaştırılmıştır. Protein bantlarının molekül ağırlıkları Image Lab 6.0 (Bio-Rad) programında protein standart karışımı (Bio-Rad, Broad Range, ABD) kullanılarak belirlenmiştir.

Duyusal analiz

Örneklerin duyu analizi, öğretim elemanları ve lisansüstü öğrencilerden oluşan 9 kişilik panelist grup tarafından ve 9'lu hedonik skala kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Duyusal değerlendirmede, örneklerin renk, görünüş, lezzet, gevreklik ve sululuk özellikleri dikkate alınmış ve bu duyu özelliklerinin aritmetik ortalaması genel kabul edilebilirlik olarak değerlendirilmiştir. Tüm duyu değerlendirmeler flüoresans ışık altında yapılmış ve analiz süresince panelistlere bir örnek grubundan diğerine geçerken, algılanan tadı gidermeleri için su içmeleri ve ekmek yemeleri konusunda bilgilendirme yapılmıştır (Turhan vd 2014).

Heterosiklik aromatik amin (HAA) analizi

Örneklerin heterosiklik aromatik amin (HAA) içerikleri Oasis metodu olarak bilinen katı faz ekstraksiyonu ile belirlenmiştir (Öz 2021a). Metoda göre; bir behere 1 g pişmiş et örneği tartılıp üzerine 12 ml 1 M NaOH çözeltisi ilave edilmiş ve 1 saat boyunca manyetik karıştırıcı kullanılarak karıştırılmıştır. Üzerine 10 g Extrelut NT (Merck, Germany) paketleme materyali ilave edilmiş ve daha sonra vakum manifold (Supelco, Visiprep) sisteminde Oasis MCX kartuj (3 cm³/60 mg, Waters, Milford, Massachusetts, USA) ve Bond rezervuar (bond reservoir, Extrelut-20) kullanılarak paketleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Etil asetat, hidroklorik asit ve

metanol ile ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiş son aşamada ekstrakt, 2 ml MeOH:NH₃ (19:1) ile vialde alınmıştır. Örnek ekstraktları, HPLC’de okuma yapılincaya kadar -18 °C’de bekletilmiştir. HPLC analizinden bir gün önce 45 °C’lik etüvde bir gece bekletilerek metanol ve amonyak çözeltilerinin uzaklaşması sağlanmış, ardından metanol içerisinde hazırlanan internal standarttan (4,7,8-TriMeIQx, 1 ng/g) 100 µl ilave edilerek kromatografi (HPLC-DAD, Thermo Scientific, USA) cihazında okuma işlemine geçilmiştir. HAA’lar, 35 °C’lik kolon fırınında, ters fazlı analitik bir kolon (Tosoh Bioscience GmbH, Acclaim™ 120 C18 3 µm, 4,6 x 150 mm) kullanılarak ayrıştırılmıştır. Solvent A olarak pH’sı 5,0 (%25’lik amonyum hidroksit ile ayarlanmış) olan metanol/asetonitril/su/glasiyel asetik asit (8/14/76/2, v/v/v/v) ve Solvent B olarak asetonitril (%100) kullanılmıştır (Kilic *et al.* 2021). Gradient programı: %0 B, 0 – 10. dk; %0 – 23 B, 11 – 19. dk; %100 B, 20 – 22. dk; %0 B, 23 – 33. dk olacak şekilde ayarlanmış ve 10 µl örnek enjeksiyonu yapılmıştır (Öz 2021b).

İstatistik Analiz

Mevcut çalışma, Şansa Bağlı Deneme desenine göre üç tekerrür ve iki paralel olarak yürütülmüştür. Sonuçlar SPSS paket istatistik programı kullanılarak tek yönlü (one way ANOVA) varyans analizine tabii tutulmuş ve önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklılıkların değerlendirilmesinde Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Hammaddeye Ait Analiz Sonuçları

Erzurum Et Kombinasyonu'ndan temin edilen üç farklı sığır karkasından çıkarılan sığır etleri (*M. Longissimus thoracis et lumborum*), mevcut araştırmada materyal olarak kullanılmıştır. Bu etlerin (n=6) su içeriği; %74,54±1,03, ham yağ içeriği; %2,48±0,20, pH değeri; 5,74±0,21, TBARS değeri; 0,127±0,030 mg MDA/kg, dış yüzey *L** değeri; 39,22±1,96, dış yüzey *a** değeri; 17,06±2,07, dış yüzey *b** değeri; 8,11±1,43, sertlik değeri; 208,38±137,94 N, elastikiyet değeri; 0,72±0,12 mm, iç yapışkanlık değeri; 0,64±0,03 ve çiğnenebilirlik değeri; 105,22±85,37 N.mm olarak belirlenmiştir. Hammaddeye ait belirlenen bu analiz sonuçlarının, literatürdeki veriler ile uyum içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Nitekim, Zeng *et al.* (2018) materyal olarak kullandıkları sığır etinde su içeriğini, yağ içeriğini ve pH değerini sırasıyla %75,15, %0,13 ve 5,58 olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar, çiğ sığır eti örneklerinde sertlik derecesini 1036,54 N, iç yapışkanlık değerini 0,45 N ve çiğnenebilirlik derecesini ise 210,42 mJ olarak belirlediklerini rapor etmişlerdir. Öz (2006) yaptığı çalışmada, hammadde olarak kullandığı sığır *M. Longissimus dorsi* kasının su içeriğinin %74,69-75,51, ham yağ içeriğinin %1,26-2,48 ve pH değerinin ise 5,57-5,61 arasında değiştiğini bildirmiştir. Öz *et al.* (2010b) ise materyal olarak kullandıkları sığır *M. Longissimus dorsi* kasının su içeriğini, ham yağ içeriğini ve pH değerini sırasıyla %71,51, %4,65 ve 5,47 olarak belirlemişlerdir. Benzer şekilde, Zikirov (2014) materyal olarak kullandığı sığır *M. Longissimus dorsi* kasının su içeriğini, ham yağ içeriğini, pH değerini ve TBARS değerini sırasıyla %72,54, %4,42, 5,56 ve 0,477 mg MDA/kg olarak belirlemiştir. Çarbuğa (2019), hammadde olarak kullandığı sığır etinin su içeriğini %75,45 ve pH değerini ise 5,46 olarak rapor etmiştir. Salim *et al.* (2020), çiğ *Longissimus lumborum* kasında *L** değerini 36,77, *a** değerini 26,52 ve *b** değerini ise 20,94 olarak belirlemişlerdir. Mevcut araştırma sonuçları ile anılan araştırma sonuçları arasındaki farklılıkların, hayvan, tür, kas, rasyon vb. gibi farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Su İçeriği

Mevcut araştırmada, mühürlenmeden fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) kontrol grubu sığır etleri ile farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mühürlendikten sonra fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) sığır etlerinin su içerikleri Tablo 2'de verilmiştir. Isıl işlem görmemiş örneklerin ortalama su içeriği %74,54 iken, ısıl işlem görmüş örneklerin su içerikleri azalmış ve %64,25-71,61 arasında değişim göstermiştir. Pişirme işlemi ile et ve et

ürünlerinin su içeriğinde gözlenen azalmanın, ısıl işlem neticesinde et proteinlerinde meydana gelen denatürasyon ve şirink ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Sánchez del Pulgar *et al.* 2012).

Tablo 2. Muamele Gruplarının Su İçerikleri (%)

Muamele	n	I	II	III
F	2	70,02±0,37	71,00±0,00	71,61±0,01
M20+F	2	66,22±0,04	67,06±0,57	67,77±0,16
M30+F	2	66,11±0,16	66,31±0,01	66,44±0,57
M40+F	2	64,44±0,35	64,25±0,04	65,02±0,05

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Mevcut araştırmada, ısıl işlem görmüş örneklerin su içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, mühürleme işlemi; sığır eti örneklerinin su içeriğini çok önemli ($P<0,01$) düzeyde etkilemiştir.

Tablo 3. Muamele Gruplarının Su İçeriklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Sd	KO	F
Muamele	3	21,291	59,668**
Hata	8	0,357	

Sd: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: Faktör, **: $P<0,01$

Örneklerin su içerikleri üzerine, farklı iç sıcaklıklara kadar gerçekleştirilen mühürleme işlemi etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 4'te gösterilmiştir. Mühürleme işlemi, mühürleme işlemi uygulanmayan kontrol grubu örneklerle kıyasla, su içeriğinde anlamlı düzeyde ($P<0,05$) azalmaya sebep olmuştur. En yüksek ve en düşük su içeriği değerleri sırasıyla, F ve M40+F grubu örneklerde tespit edilirken, M20+F ve M30+F grubu örneklerin su içerikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($P>0,05$). Literatürde yer alan bazı çalışmalarda, mühürleme işleminin et yüzeyinde kabuk oluşturmak suretiyle etten uzaklaşan su miktarının azalmasına neden olduğu bildirilmiştir (Rodas-González *et al.* 2015; Shubert 2016). Bununla birlikte, etin su içeriği üzerine mühürleme işleminin etkisinin olmadığını gösteren araştırmalar da bulunmaktadır (Beard and Callvert 2001; Yoo *et al.* 2020). Mevcut araştırmada ise mühürleme işleminin, uygulanan mühürleme iç sıcaklığına bağlı olarak, etin su içeriğinde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca, mevcut araştırmada uygulanan mühürleme tekniği ve sıcaklık-süre parametrelerinin farklılığı ile mühürleme işleminin ardından uygulanan fırında pişirme işleminin etki ettiği düşünülmektedir.

Tablo 4. Muamele Gruplarının Su İçeriklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	n	Su (%)±SD
F	6	70,88±0,80a
M20+F	6	67,02±0,78b
M30+F	6	66,29±0,16b
M40+F	6	64,57±0,40c

SD: Standart sapma, a-c: farklı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$). F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Piştirme Kaybı

Piştirme kaybı pişmiş etin kalitesini ve besin değerini etkileyen önemli faktörlerden biridir (Sanwo *et al.* 2019). Tablo 5'te mühürlenmeden fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) kontrol grubu sığır etleri ile farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mühürlendikten sonra fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) sığır etlerinin piştirme kaybı değerleri verilmiştir. Isıl işlem görmüş örneklerin piştirme kaybı değerlerinin %9,49-31,37 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Iwasaki *et al.* (2010) yapmış oldukları çalışmada, piştirme esnasında etlerin iç sıcaklığındaki artışa paralel olarak piştirme kaybının da arttığını ve 55, 68, 78 ve 104 °C iç sıcaklıklara kadar tavada pişirdikleri sığır etlerinde piştirme kaybı değerlerinin sırasıyla %9, 21, 33 ve 46 olduğunu bildirmişlerdir. Çarbuğa (2019) tarafından yapılan araştırmada ise 180 °C'lik fırında, 72 °C iç sıcaklığa kadar pişirilen sığır etlerinin piştirme kaybı değerinin %27,84 olduğu rapor edilmiştir. Et ve et ürünlerinde piştirme işlemi neticesinde görülen piştirme kaybının temel nedeninin, piştirme işlemi esnasında gözlenen su kaybı olduğu (Rodriguez-Estrada *et al.* 1997), bununla birlikte suda çözünen bazı besin öğelerinin de piştirme kaybı miktarına etki ettiği bildirilmiştir (Sanwo *et al.* 2019). Nitekim, piştirme boyunca etten ayrılan suyun, çeşitli protein fraksiyonları ile lipitler, tuz, polifosfatlar ve aroma bileşiklerini içerdiği tespit edilmiştir (Gerber *et al.* 2009).

Tablo 5. Muamele Gruplarının Piştirme Kaybı Değerleri (%)

Muamele	n	I	II	III
F	2	12,97	9,49	12,26
M20+F	2	22,57	20,22	20,56
M30+F	2	26,03	23,79	24,02
M40+F	2	28,61	30,39	31,37

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Mevcut araştırmada, ısıl işlem grmuş örneklerin pişirme kayıplarına ait varyans analiz sonuçları Tablo 6’da gösterilmiştir. Grldğu gibi, mühürleme işlemi; sığır eti örneklerinin pişirme kaybını çok önemli ($P<0,01$) düzeyde etkilemiştir.

Tablo 6. Muamele Gruplarının Pişirme Kaybı Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Sd	KO	F
Muamele	3	182,232	86,055**
Hata	8	2.118	

Örneklerin pişirme kaybı değerleri üzerine, farklı i sıcaklıklara kadar gerçekleştirilen mühürleme işlemi etkisinin Duncan oklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 7’de gösterilmiştir. Buna göre, en düşük pişirme kaybı değeri (%11,57), mühürleme işlemi uygulanmayan F grubu örneklerde tespit edilmiştir. Farklı i sıcaklıklara kadar uygulanan mühürleme işlemi ise et örneklerinin pişirme kaybında anlamlı düzeyde artışa neden olmuş ve bu artışın mühürleme i sıcaklığındaki artışa paralel olarak arttığı gözlenmiştir. Nitekim, mevcut araştırmada elde edilen su içeriği sonuçları da pişirme kaybı değerlerini destekler niteliktedir. Domuz eti köftelerinin pişirme kaybı üzerine mühürleme işleminin etkisinin incelendiği bir araştırmada, köfte örneklerinin her bir yüzeyi; 180 °C yüzey sıcaklığına sahip paslanmaz elik tavada, 30, 60, 90 ve 120 s boyunca mühürlenmiş ve ardından sous-vide yöntemi ile 75 °C’de 2 saat süre ile pişirilmiştir. Mühürlenmiş örneklerin kontrol grubu örneklerle kıyasla daha yüksek pişirme kaybı değerlerine sahip olduğu ve mühürleme sresindeki artışa paralel olarak pişirme kaybı değerlerinin de artış gösterdiği rapor edilmiştir (Cho *et al.* 2020). Yoo *et al.* (2020) tarafından yrtlen bir araştırmada ise, 180 °C’lik fırında 60 °C i sıcaklığa kadar pişirilen sığır bifteklerinde pişirme kaybı değeri %23,68, 180°C’lik fırında 35 °C i sıcaklığa kadar pişirme işleminin ardından 250 °C’lik yüzey sıcaklığına sahip tavada 60 °C i sıcaklığa kadar mühürlenen sığır bifteklerinde pişirme kaybı değeri %23,82 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 7. Muamele Gruplarının Pişirme Kaybı Değerlerine Ait Duncan oklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	n	Pişirme kaybı (%)±SD
F	6	11,57±1,84d
M20+F	6	21,12±1,27c
M30+F	6	24,61±1,23b
M40+F	6	30,12±1,40a

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş rnek, M20+F: 20 °C i sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş rnek, M30+F: 30 °C i sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş rnek, M40+F: 40 °C i sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

pH Değeri

Mevcut araştırmada, mühürlenmeden fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) kontrol grubu sığır etleri ile farklı i sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mhrledikten sonra fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) sığır etlerinin pH değerleri Tablo 8’de gösterilmiştir. Isıl işlem görmemiş örneklerin pH değeri 5,74 olarak belirlenirken, ısıl işlem görmüş örneklerin pH değerleri 5,78-6,18 arasında değişim göstermiştir. Girard (1992), pişirme işleminin, etin bünyesindeki hidroksil, sülfidril ve imidazol gruplarını içeren bağların, serbest kalması nedeniyle, etin pH değerinde artışa neden olduğunu rapor etmiştir. Mevcut araştırmada elde edilen pH değerlerinin literatürdeki veriler ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir (z and Zikirov 2015; Cho *et al.* 2020; Korkmaz and z 2020).

Tablo 8. Muamele Gruplarının pH Değerleri

Muamele	n	I	II	III
F	2	5,78±0,0	5,88±0,0	6,15±0,01
M20+F	2	5,83±0,02	5,85±0,0	6,12±0,01
M30+F	2	5,79±0,0	5,79±0,01	6,17±0,01
M40+F	2	5,90±0,0	5,88±0,01	6,18±0,01

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmif rnek, M20+F: 20 °C i sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmif rnek, M30+F: 30 °C i sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmif rnek, M40+F: 40 °C i sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmif rnek

Mevcut araştırmada, ısıl işlem görmüş örneklerin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 9’da gösterilmiştir. Örneklerin pH değeri üzerine mühürleme işleminin önemli bir ($P>0,05$) etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 9. Muamele Gruplarının pH Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Sd	KO	F
Muamele	3	0,003	0,081
Hata	8	0,035	

Örneklerin pH değerleri üzerine, farklı i sıcaklıklara kadar gerçekleştirilen mühürleme işlemi etkisinin Duncan oklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 10’da gösterilmiştir. Buna göre; mühürleme işlemi ve mühürleme iç sıcaklığı örneklerin pH değeri üzerine önemli düzeyde etki göstermemiştir ($P>0,05$). Bu sonucun, mevcut araştırmada uygulanan muamelenin, benzer oranda bazik karakterli bileşiklerin serbest kalmasına neden olmasıyla ilgili olabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde, Cho *et al.* (2020) yaptıkları çalışmada, mühürleme işlem süresinin, domuz köftelerinin pH değeri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Korkmaz and öz (2020), farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen köftelerin pH değerlerinin 5,88-

5,90 arasında değiştiğini ve örneklerin pH değerleri arasında istatistiksel bir farklılığın gözlenmediğini bildirmişlerdir.

Tablo 10. Muamele Gruplarının pH Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	n	pH \pm SD
F	6	5,94 \pm 0,19a
M20+F	6	5,93 \pm 0,17a
M30+F	6	5,92 \pm 0,22a
M40+F	6	5,99 \pm 0,17a

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Ham Yağ İçeriği

Mevcut araştırmada, mühürlenmeden fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) kontrol grubu sığır etleri ile farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mühürlendikten sonra fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) sığır etlerinin ham yağ içerikleri Tablo 11’de gösterilmiştir. Isıl işleme tabii tutulmamış sığır etlerinde %2,48 olarak belirlenen ham yağ içeriğinin, ısıl işlem görmüş ürünlerde %1,71-6,08 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Girard (1992), düşük yağ içeriğine sahip etlerin yağ içeriklerinin ısıl işlem neticesinde artabileceğini, yağ içeriği yüksek olan etlerin yağ içeriklerinin ise ısıl işlem neticesinde azalabileceğini belirtmektedir. Gerber *et al.* (2009), pişirme işlemi ile birlikte etin serbest suyunu kaybetmesi nedeniyle toplam yağ içeriğinde oransal bir artış görüldüğünü, fakat başlangıçtaki ağırlıklarıyla kıyaslanmaları durumunda, et örneklerinin yağ kaybettiğini rapor etmişlerdir. Zeng *et al.* (2018) yapmış oldukları çalışmada, çiğ sığır etinde %0,13 olarak belirledikleri yağ içeriğini, 225 °C yüzey sıcaklığına sahip ızgarada pişirilmiş örneklerde, %2,37 olarak belirlemişlerdir.

Tablo 11. Muamele Gruplarının Yağ İçerikleri (%)

Muamele	n	I	II	III
F	2	1,71 \pm 0,91	2,82 \pm 0,50	2,43 \pm 1,23
M20+F	2	3,02 \pm 0,67	3,11 \pm 1,54	3,48 \pm 1,20
M30+F	2	2,94 \pm 0,43	3,01 \pm 1,40	6,08 \pm 0,61
M40+F	2	3,35 \pm 0,41	2,06 \pm 0,72	3,40 \pm 1,16

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Mevcut araştırmada, ısıl işlem görmüş örneklerin ham yağ içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 12’de gösterilmiştir. Örneklerin ham yağ içerikleri üzerine mühürleme işleminin önemli bir ($P>0,05$) etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 12. Muamele Gruplarının Yağ İçeriklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Sd	KO	F
Muamele	3	1,467	1,410
Hata	8	1,040	

Örneklerin ham yağ içerikleri üzerine, farklı iç sıcaklıklara kadar gerçekleştirilen mühürleme işlemi etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 13'te gösterilmiştir. Muamelenin, örneklerin ham yağ içeriklerini, önemli seviyede etkilemediği tespit edilmiştir ($P>0,05$). Benzer şekilde, Rodas-González *et al.* (2015) yapmış oldukları çalışmada, farklı mühürleme derecelerinde pişirdikleri sığır etlerinin yağ içeriklerinin %3,49-4,12 arasında değiştiğini ve örneklerin yağ içeriği üzerine mühürleme işlem ve derecesinin istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığını rapor etmişlerdir.

Tablo 13. Muamele Gruplarının Yağ İçeriklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	n	Yağ (%) \pm SD
F	6	2,32 \pm 0,56a
M20+F	6	3,20 \pm 0,24a
M30+F	6	4,01 \pm 1,79a
M40+F	6	2,94 \pm 0,76a

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Lipid Oksidasyonu

Mevcut araştırmada, lipit oksidasyonunun düzeyi; tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (TBARS) analizi ile belirlenmiştir. Mühürlenmeden fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) kontrol grubu sığır etleri ile farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mühürlendikten sonra fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) sığır etlerinin TBARS değerleri Tablo 14'te gösterilmiştir. Hammaddede 0,127 mg MDA/kg olarak belirlenen TBARS değerinin, ısı işlem uygulanmış örneklerde artarak 0,340-3,097 mg MDA/kg arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Isıl işlem, et ve et ürünlerinde gerçekleşen lipit oksidasyon düzeyi üzerine etki eden önemli bir parametredir. Bu bağlamda, pişirme işlemi neticesinde denatüre olan myogloblin ve hemogloblin proteinlerinden salınan demirin, lipit oksidasyonunu katalizlediği (Rojas and Brewer 2007), ayrıca yine bu işlemin, etin hücre yapısını tahrip etmek suretiyle lipit fraksiyonunun oksidasyona hassasiyetini artırdığı belirtilmektedir (Ramirez *et al.* 2005). İlâveten yüksek sıcaklığın, lipit oksidasyonunun gerçekleşmesi için gerekli aktivasyon enerji miktarını azalttığı da bildirilmektedir (Min and Ahn 2005). Bununla birlikte pişirme işleminin

lipit oksidasyonunu etkilemediğini gösteren çalışmalar da literatürde bulunmaktadır (Serrano *et al.* 2007; Alfaia *et al.* 2010).

Tablo 14. Muamele Gruplarının TBARS Değerleri (mg MDA/kg)

Muamele	n	I	II	III
F	2	0,913±0,02	0,960±0,10	2,069±0,05
M20+F	2	0,950±0,05	0,786±0,01	2,277±0,02
M30+F	2	0,871±0,04	1,108±0,05	3,097±0,12
M40+F	2	0,340±0,01	0,612±0,11	1,763±0,02

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Mevcut araştırmada, ısıl işlem görmüş örneklerin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 15’te gösterilmiştir. Mühürleme işleminin, örneklerin TBARS değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0,05$) belirlenmiştir.

Tablo 15. Muamele Gruplarının TBARS Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Sd	KO	F
Muamele	3	0,311	0,393
Hata	8	0,790	

Örneklerin TBARS değerleri üzerine, farklı iç sıcaklıklara kadar gerçekleştirilen mühürleme işlemi etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 16’da gösterilmiştir. Mühürleme işlemi ve mühürleme iç sıcaklığı, örneklerin TBARS değerleri üzerine önemli etki göstermemiştir ($P>0,05$). Bu sonucun, tüm muamele grubu örneklerinde gerçekleşen oksidasyon için ihtiyaç duyulan eşik enerjinin sağlanmış olmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Zira, mevcut araştırmada gerek mühürlenmeden gerekse farklı iç sıcaklıklara kadar mühürlenmiş örneklerin tamamı, 71 °C iç sıcaklığa ulaşana kadar fırında pişirilmiştir. Benzer şekilde, Ferioli *et al.* (2008) et ürünlerinin pişirilmesinin, TBARS değerinde artışa neden olmadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu sonucun, düşük molekül ağırlıklı tiyobarbitürik asit reaktif maddelerinin, uçucu olması nedeniyle, pişirme esnasında su ile beraber uzaklaşmalarıyla ve/veya kondensasyon veya termal degradasyon reaksiyonları neticesindeki kayıplarla ilgili olabileceğini rapor etmişlerdir. Lepper-Blilie *et al.* (2014) 90 °C ve üzeri pişirme sıcaklıklarında, ette Maillard reaksiyonu sonucu oluşan ürünlerin, antioksidan olarak görev aldıklarını bildirmişlerdir. Mevcut araştırmada elde edilen TBARS değerlerinin literatürdeki veriler ile uyum içerisinde olduğu tespit edilmiştir (Alfaia *et al.* 2010; Zikirov 2014).

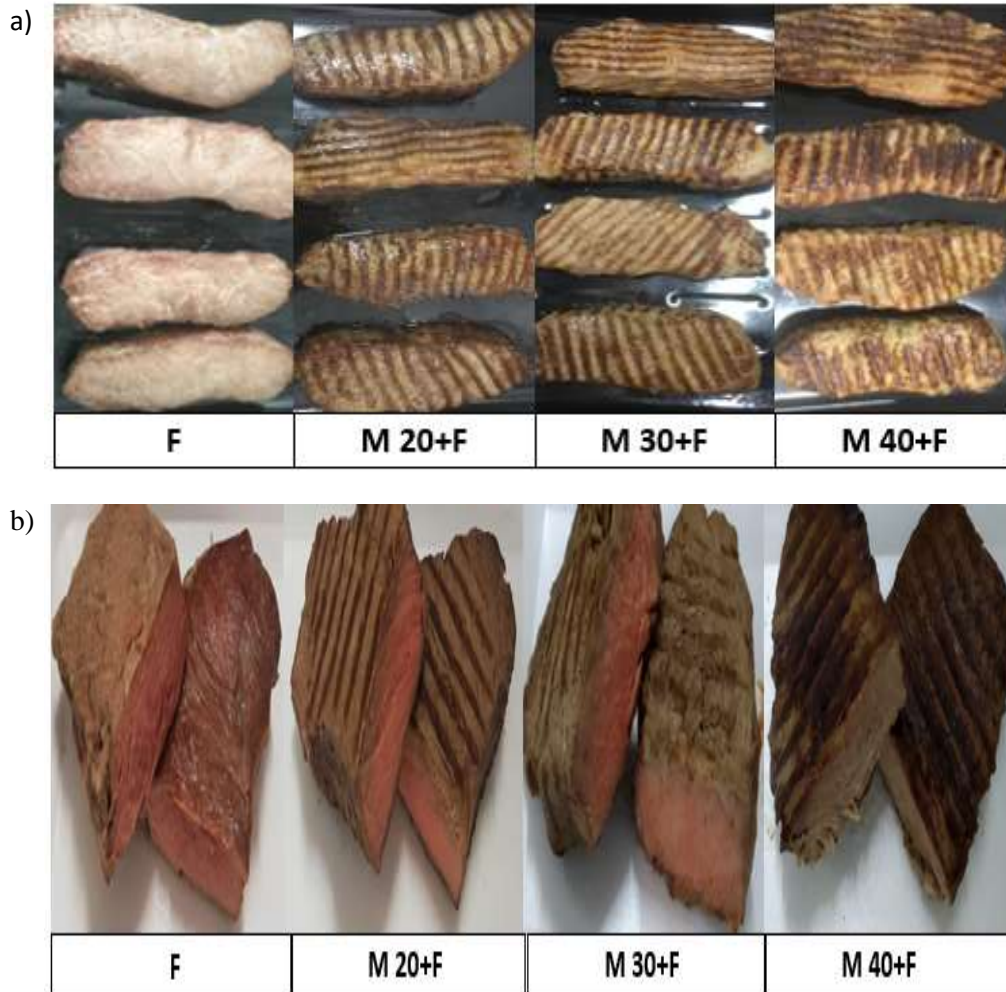
Tablo 16. Muamele Gruplarının TBARS Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (mg MDA/kg)

Muamele	n	TBARS±SD
F	6	1,314±0,654a
M20+F	6	1,338±0,818a
M30+F	6	1,692±1,223a
M40+F	6	0,905±0,755a

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Renk Parametreleri

Renk tüketici tercihini etkileyen önemli bir kalite parametresidir. Mevcut araştırmada, örneklerin hem dış yüzey hem de kesit yüzey (Şekil 1a ve 1b) renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) belirlenmiştir.



Şekil 1. Isıl işlem görmüş örneklerin dış yüzey (a) ve kesit yüzey (b) fotoğrafları, F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

***L** değeri**

Mevcut araştırmada, mühürlenmeden fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) kontrol grubu sığır etleri ile farklı i sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mhrledikten sonra fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) sığır etlerinin *L** (parlaklık) değerleri, Tablo 17’de gösterilmiştir. Isıl işlem uygulanmamış sığır etlerinin dış yüzeyinde 39,22 olarak belirlenen *L** değerinin, ısıl işlem uygulanmış örneklerde 32,39–49,82 arasında değiştiği belirlenmiştir. Öte yandan, ısıl işlem uygulanmış örneklerde kesit yüzey *L** değerinin ise 55,17-60,44 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Zikirov (2014), iğ sığır pirzola etlerinde 40,57-42,89 arasında değişen *L** değerinin, ısıl işlem neticesinde pişirme yöntemine bağlı olarak 31,32-54,16 arasında değişiklik gösterdiğini bildirmiştir.

Tablo 17. Muamele Gruplarının *L** Değerleri

Muamele	<i>L*</i> (Dış Yüzey)			
	n	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>
F	3	49,01±3,91	49,82±4,94	47,87±4,70
M20+F	3	41,29±5,24	37,88±4,89	38,59±4,63
M30+F	3	40,60±8,50	40,39±4,06	42,51±1,79
M40+F	3	35,27±3,57	32,39±1,96	36,21±4,12

Muamele	<i>L*</i> (Kesit Yüzey)			
	n	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>
F	3	55,17±4,13	57,92±2,25	60,01±2,71
M20+F	3	59,68±1,11	58,29±1,17	59,84±0,57
M30+F	3	59,31±1,73	57,29±0,69	60,44±0,60
M40+F	3	57,16±1,67	58,19±0,72	56,28±2,33

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmış rnek, M20+F: 20 °C i sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmış rnek, M30+F: 30 °C i sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmış rnek, M40+F: 40 °C i sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmış rnek

Mevcut araştırmada, ısıl işlem görmüş örneklerin *L** değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 18’de gösterilmiştir. Örneklerin dış yüzey *L** değerleri üzerine mühürleme işleminin çok önemli ($P<0,01$) etkisinin olduğu, kesit yüzey *L** değerleri üzerine ise istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0,05$) tespit edilmiştir.

Tablo 18. Muamele Gruplarının Dış Yüzey ve Kesit Yüzey L^* Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı		Sd	KO	F
Dış Yüzey L^*	Muamele	3	106,38	44,523**
	Hata	8	2,384	
Kesit Yüzey L^*	Muamele	3	2,995	1,186
	Hata	8	2,525	

Örneklerin L^* değerleri üzerine, farklı iç sıcaklıklara kadar gerçekleştirilen mühürleme işlemi etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 19’da gösterilmiştir. Tablodan görüleceği üzere, mühürleme işlemi, örneklerin kesit yüzey L^* değeri üzerine önemli etki göstermezken ($P>0,05$), dış yüzey L^* değeri, mühürleme işleminden önemli düzeyde etkilenmiştir ($P<0,05$). Bu sonuç, mühürleme işleminin ısı ile temas eden et yüzeylerinde daha etkili olduğunu göstermektedir. Mevcut araştırmada, en yüksek ve en düşük dış yüzey L^* değerleri sırasıyla F ve M40+F grubu örneklerde tespit edilirken, M20+F ve M30+F grubu örneklerin dış yüzey L^* değerleri arasında istatistiksel bir farklılık gözlenmemiştir. Mühürleme işlemi ile dış yüzey L^* değerinde gözlenen azalmanın, sıcaklık etkisiyle proteinlerde gerçekleşen denatürasyonun bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Mühürleme işleminin pişmiş etin dış yüzey L^* değerini azalttığı, kesit yüzey L^* değerini ise etkilemediğini gösteren benzer çalışmalar literatürde mevcuttur. Bu kapsamda, Yoo *et al.* (2020), 180 °C’lik fırında 35 °C’lik iç sıcaklığa kadar pişirilen ve ardından 60 °C’lik iç sıcaklığa ulaşılan 250 °C’lik tavada mühürlenmiş et örneklerinin dış yüzey ve kesit yüzey L^* değerlerinin sırasıyla 32,24 ve 50,60; mühürleme işlemi uygulanmadan 60 °C’lik iç sıcaklığa kadar fırında pişirilmiş kontrol grubu örneklerin L^* değerlerinin ise sırasıyla 36,03 ve 52,47 olduğunu bildirmişlerdir. Mühürleme işleminin renk özellikleri üzerine etkisinin incelendiği diğer bir çalışmada, köfte örneklerinin her bir yüzeyi 180 °C yüzey sıcaklığına sahip paslanmaz çelik tavada 30, 60, 90 ve 120 s süreyle mühürlenmiş ve ardından örnekler sous-vide pişirme yöntemi ile 75 °C’de 2 saat süreyle pişirilmiştir. Araştırma sonucunda kontrol grubu örneklere kıyasla mühürlenmiş örneklerin daha düşük L^* değerine sahip olduğu ve mühürleme süresindeki artışa paralel olarak L^* değerinin azaldığı rapor edilmiştir (Cho *et al.* 2020). Mühürleme işlemi neticesinde L^* değerinde gözlenen değişimin, Maillard reaksiyonu sonucu et yüzeyinde oluşan kahverengi renk tabakası ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Tablo 19. Muamele Gruplarının Dış Yüzey ve Kesit Yüzey L^* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	n	Dış Yüzey $L^* \pm SD$	Kesit Yüzey $L^* \pm SD$
F	6	48,90 \pm 0,98a	57,70 \pm 2,43a
M20+F	6	39,25 \pm 1,80b	59,27 \pm 0,85a
M30+F	6	41,17 \pm 1,17b	59,01 \pm 1,60a
M40+F	6	34,62 \pm 1,99c	57,21 \pm 0,96a

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

a^* değeri

Mevcut araştırmada mühürlenmeden fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) kontrol grubu sığır etleri ile farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mühürlendikten sonra fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) sığır etlerinin a^* (kırmızılık) değerleri Tablo 20’de gösterilmiştir. Isıl işlem uygulanmamış sığır etlerinin dış yüzeyinde 17,06 olarak belirlenen a^* değerinin, ısıl işlem uygulanmış örneklerde azaldığı ve 6,77-14,32 arasında değiştiği belirlenmiştir. Öte yandan, kesit yüzey a^* değerlerinin ise 9,50-24,06 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Zikirov (2014), çiğ sığır pirzola etlerinde 19,12-26,76 arasında değişen dış yüzey a^* değerinin ısıl işlem neticesinde, uygulanan pişirme yöntemine bağlı olarak azaldığını ve 9,30-12,12 arasında değişim gösterdiğini rapor etmiştir.

Tablo 20. Muamele Gruplarının a^* Değerleri

Muamele	Dış Yüzey a^*			
	n	I	II	III
F	3	11,96 \pm 3,17	12,35 \pm 3,09	14,32 \pm 4,98
M20+F	3	8,36 \pm 1,09	8,99 \pm 1,92	8,34 \pm 1,97
M30+F	3	7,42 \pm 0,91	7,49 \pm 0,84	8,72 \pm 0,60
M40+F	3	7,32 \pm 1,04	6,77 \pm 1,50	8,34 \pm 0,88
Muamele	Kesit Yüzey a^*			
	n	I	II	III
F	3	21,17 \pm 0,46	22,41 \pm 1,27	19,07 \pm 0,83
M20+F	3	18,76 \pm 1,07	22,29 \pm 1,00	24,06 \pm 0,47
M30+F	3	16,85 \pm 0,84	19,22 \pm 0,40	21,55 \pm 1,06
M40+F	3	10,52 \pm 0,14	9,50 \pm 0,52	15,00 \pm 2,90

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Mevcut araştırmada, ısıl işlem görmüş örneklerin a^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 21’de gösterilmiştir. Örneklerin dış yüzey ve kesit yüzey a^* değerleri üzerine mühürleme işleminin istatistiksel olarak çok önemli ($P<0,01$) etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 21. Muamele Gruplarının Dış Yüzey ve Kesit Yüzey a^* Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı		Sd	KO	F
Dış Yüzey a^*	Muamele	3	18,642	25,594**
	Hata	8	0,728	
Kesit Yüzey a^*	Muamele	3	62,997	10,413**
	Hata	8	6,050	

Örneklerin a^* değerleri üzerine, farklı i sıcaklıklara kadar gerçekleştirilen mühürleme işlemi etkisinin Duncan oklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 22’de gösterilmiştir. Mhrlenen örneklerin dış yüzey a^* değerlerinde kontrol grubu örneklerine kıyasla istatistiksel olarak önemli bir azalma tespit edilmiştir ($P<0,05$). Mühürleme işleminde kullanılan yüksek yüzey sıcaklığının (250 °C) oksimiyoglobinin denatürasyonuna neden olarak bu sonuca etki ettiği düşünülmektedir. Etlerde pişirme sonrası gözlenen a^* değeri düşüşünün, pigment denatürasyonundan kaynaklandığı bilinmektedir (Aberle *et al.* 2001; del Pulgar *et al.* 2012). Ek olarak pişmiş ette a^* değeri yksekliliğinin, myoglobinin denatürasyonu ile ters orantılı olduğu belirtilmektedir (Roldán *et al.* 2013). Diğer taraftan, mevcut araştırmada sadece 40 °C i sıcaklığa kadar mhrlandikten sonra fırında pişirilen örneklerin kesit yüzey a^* değerlerinin, diğer muamele grubu rnelere kıyasla anlamlı düzeyde ($P<0,05$) düşük olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, mühürlenmiş örneklerin, fırında pişirilen rnelere kıyasla istatistiksel olarak daha düşük dış yüzey a^* değerine sahip olduğu ve kesit yüzey a^* değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığını gösteren çalışmalar literatürde yer almaktadır. Nitekim, Yoo *et al.* (2020), 180 °C’lik fırında 60 °C i sıcaklığa kadar pişirdikleri sığır bifteklerinde dış yüzey a^* değerini 9,48, kesit yüzey a^* değerini ise 15,12 olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar, 180 °C’lik fırında 35 °C i sıcaklığa kadar pişirilmif ve ardından 250 °C yüzey sıcaklığına sahip tavada 60 °C i sıcaklığa kadar mühürlenmiş sığır bifteklerinde dış yüzey ve kesit yüzey a^* değerlerini sırasıyla 4,36 ve 14,46 olarak rapor etmişlerdir. Domuz eti köftelerinde a^* değeri üzerine mühürleme işleminin etkisinin incelendiği bir diğer çalışmada, köfte örneklerinin her bir yüzeyi, yüzey sıcaklığı 180 °C olan paslanmaz bir tavada 0, 30, 60, 90 ve 120 s süreyle mühürlenmiş ve ardından örnekler sous-vide pişirme yöntemiyle 75 °C’de 2 saat süreyle pişirilmiştir. Araştırma sonucunda, farklı sürelerde mühürlenen örnekler ile kontrol grubu örneklerin dış yüzey a^* değerlerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu bildirilmiştir (Cho *et al.* 2020).

Tablo 22. Muamele Gruplarının Dış Yüzey ve Kesit Yüzey a^* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	n	Dış Yüzey $a^* \pm SD$	Kesit Yüzey $a^* \pm SD$
F	6	12,88 \pm 1,27a	20,88 \pm 1,69a
M20+F	6	8,56 \pm 0,37b	21,70 \pm 2,70a
M30+F	6	7,88 \pm 0,73b	19,20 \pm 2,35a
M40+F	6	7,48 \pm 0,80b	11,67 \pm 2,92b

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

b^* değeri

Mevcut araştırmada, mühürlenmeden fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) kontrol grubu sığır etleri ile farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mühürlendikten sonra fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) sığır etlerinin b^* (sarılık) değerleri Tablo 23'te gösterilmiştir. Isıl işlem uygulanmamış sığır etlerinin dış yüzeyinde 8,11 olarak belirlenen b^* değerinin, ısıl işlem uygulanmış örneklerde 9,59-14,08 arasında değiştiği belirlenmiştir. Öte yandan, ısıl işlem uygulanmış örneklerde kesit yüzey b^* değerlerinin ise 12,16-16,80 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Zikirov (2014), çiğ sığır pirzola etlerinde 8,55-14,62 arasında değişen dış yüzey b^* değerlerinin, ısıl işlem neticesinde pişirme yöntemine bağlı olarak 12,62-18,13 arasında değişiklik gösterdiğini rapor etmiştir.

Tablo 23. Muamele Gruplarının b^* Değerleri

Muamele	Dış Yüzey b^*			
	n	I	II	III
F	3	12,68 \pm 0,95	12,29 \pm 0,44	13,04 \pm 0,89
M20+F	3	12,97 \pm 1,51	12,15 \pm 2,46	12,42 \pm 2,93
M30+F	3	11,90 \pm 2,03	13,77 \pm 2,01	14,08 \pm 0,46
M40+F	3	11,81 \pm 1,91	9,59 \pm 2,60	12,56 \pm 3,11
Muamele	Kesit Yüzey b^*			
	n	I	II	III
F	3	13,80 \pm 0,58	15,02 \pm 1,22	12,65 \pm 0,61
M20+F	3	13,58 \pm 0,57	15,85 \pm 0,21	16,80 \pm 0,27
M30+F	3	13,40 \pm 0,64	14,92 \pm 0,17	15,66 \pm 0,48
M40+F	3	12,47 \pm 0,38	12,16 \pm 0,06	13,63 \pm 0,68

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Mevcut araştırmada, muamele grubu örneklerin b^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 24'te gösterilmiştir. Mühürleme işlemi örneklerin dış yüzey ve kesit yüzey b^* değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etki göstermemiştir ($P>0,05$).

Tablo 24. Muamele Gruplarının Dış Yüzey ve Kesit Yüzey b^* Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı		Sd	KO	F
Dış Yüzey b^*	Muamele	3	1,970	1,928
	Hata	8	1,022	
Kesit Yüzey b^*	Muamele	3	3,904	2,573
	Hata	8	1,517	

Örneklerin b^* değerleri üzerine, farklı iç sıcaklıklara kadar geręekleřtirilen mühürleme işlemi etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 25'te gösterilmiştir. Buna göre, mühürleme işlemi uygulanan örneklerin dış yüzey ve kesit yüzey b^* değerleri ile mühürleme işlemi uygulanmadan fırında pişirilen kontrol grubu örneklerin dış yüzey ve kesit yüzey b^* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Yoo *et al.* (2020), 180 °C'lik fırında 60 °C iç sıcaklığa kadar pişirdikleri sığır etlerinde dış yüzey b^* değerinin 10,04, kesit yüzey b^* değerinin ise 16 olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, 180 °C'lik fırında 35 °C'lik iç sıcaklığa kadar pişirilen ve ardından 250 °C'lik tavada 60 °C'lik iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş örneklerde ise dış yüzey ve kesit yüzey b^* değerlerinin sırasıyla 5,42 ve 14,68 olduğunu bildirmişlerdir. Domuz eti köftelerinin renk özellikleri üzerine mühürleme işleminin etkisinin belirlendiği bir diğer çalışmada ise, farklı sürelerde mühürlenmiş örneklerin b^* değerinin mühürleme işlemi uygulanmayan kontrol grubu örneklerin b^* değerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Cho *et al.* 2020).

Tablo 25. Muamele Gruplarının Dış Yüzey ve Kesit Yüzey b^* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	n	Dış Yüzey $b^*\pm SD$	Kesit Yüzey $b^*\pm SD$
F	6	12,67 \pm 0,37a	13,82 \pm 1,18a
M20+F	6	12,51 \pm 0,42a	15,41 \pm 1,65a
M30+F	6	13,25 \pm 1,18a	14,66 \pm 1,16a
M+40+F	6	11,32 \pm 1,55a	12,75 \pm 0,78a

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Duyusal Analiz

Tüketicilerin satın alma tercihlerinde rol alan bazı parametreler, aynı zamanda o gıda maddesinin kalitesinin değerlendirilmesinde de rol oynamaktadır. Pişirme işlemi esnasında, ette çeşitli fiziksel ve biyokimyasal değişiklikler meydana gelmekte ve bu değişiklikler tüketici tercihinde önemli rol oynayan lezzet, gevreklik, renk ve görünüm gibi özellikleri etkilemektedir (Sepulveda *et al.* 2019). Mevcut araştırmada, muamele grubu örneklerin duyu analizi değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 26’da gösterilmiştir. Buna göre, mühürleme işleminin, örneklerin tekstür ve yapı parametresi üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0,05$) belirlenirken, renk ve gevreklik parametreleri üzerine önemli ($P<0,05$), tat-aroma ve genel kabul edilebilirlik parametreleri üzerine ise çok önemli ($P<0,01$) etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Tablo 26. Muamele Gruplarının Duyusal Parametrelerinin Mühürleme İşlemi Üzerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı		Sd	KO	F
Renk	Muamele	3	5,778	3,975*
	Hata	8	1,454	
Tat ve Aroma	Muamele	3	10,136	26,699**
	Hata	8	0,380	
Gevreklik	Muamele	3	1,886	3,993*
	Hata	8	0,472	
Tekstür ve Yapı	Muamele	3	0,568	0,902
	Hata	8	0,630	
Genel Kabul Edilebilirlik	Muamele	3	9,062	19,190**
	Hata	8	0,472	

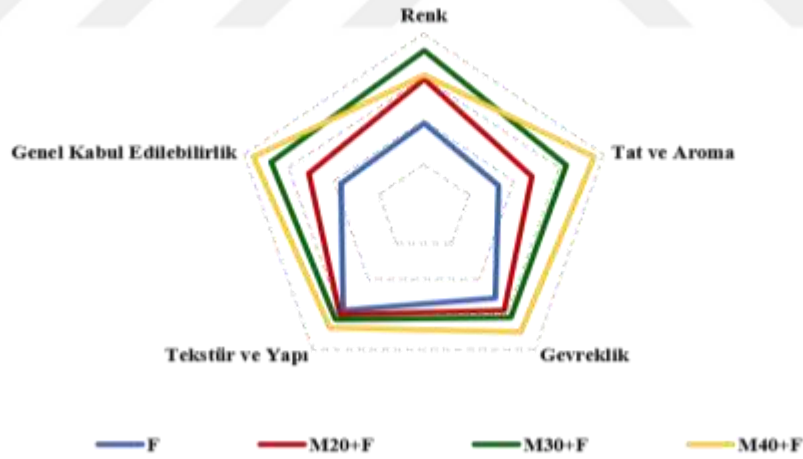
Örneklerin duyu analizi parametreleri üzerine, farklı iç sıcaklıklara kadar gerçekleştirilen mühürleme işlemi etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 27’de gösterilmiştir. Ek olarak, mühürlenmeden fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) kontrol grubu sığır etleri ile farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mühürlendikten sonra fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) sığır etlerinin duyu parametrelerine ait hedonik skala da Şekil 2’de sunulmuştur. Buna göre, mühürleme işlemi uygulanan örneklerin renk puanının arttığı, bununla birlikte sadece 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlendikten sonra fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) örneklerin (M30+F) renk puanının, kontrol grubu örneklerin (F) renk puanından istatistiksel olarak farklı olduğu ve farklı derecelerde mühürlenmiş örneklerin renk puanlarının birbirlerinden farklı olmadığı

gözlenmiştir. Mühürleme derecesindeki artışa paralel olarak örneklerin tat ve aroma puanının artış gösterdiği tespit edilmiştir. Örneklerin gevreklik puanı değerlendirildiğinde, yalnızca 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlendikten sonra fırında pişirilen örneklerin (M40+F) gevreklik puanının, kontrol grubu örneklerinininkinden (F) farklı olduğu ve farklı derecelerde mühürlenmiş örneklerin gevreklik puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 27. Muamele Gruplarının Duyusal Analiz Parametrelerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	n	Renk	Tat ve Aroma	Gevreklik	Tekstür ve Yapı	Genel Kabul Edilebilirlik
F	9	3,89±1,02b	3,33±0,58d	5,11±0,39b	5,78±1,17a	3,67±1,00c
M20+F	9	5,89±0,39ab	4,78±0,51c	5,78±0,69ab	6,00±0,00a	5,11±0,39b
M30+F	9	7,22±0,19a	6,33±0,67b	6,22±1,07ab	6,33±0,67a	6,78±0,51a
M40+F	9	6,11±2,14ab	7,56±0,69a	7,00±0,33a	6,78±0,84a	7,56±0,69a

n: Panelist sayısı. a-d: farklı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05). F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek



Şekil 2. Örneklerin duyusal analiz sonuçlarına ait hedonik skala, F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Yapılan duyusal değerlendirmeler neticesinde, mühürleme işleminin, örneklerin genel kabul edilebilirliğini artırdığı belirlenmiştir. Bu kapsamda, panelistler tarafından en beğenilen örneklerin; 30 ve 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlendikten sonra fırında pişirilen örnekler (M30+F ve M40+F) olduğu, en az beğenilen örneklerin ise mühürleme işlemi uygulanmadan fırında pişirilen kontrol grubu örnekler (F) olduğu tespit edilmiştir. Bu sonucun, mühürleme

işlemi neticesinde oluşan ve lezzetten sorumlu olan Maillard reaksiyon ürünleri ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Tekstür Profil Analizi (TPA) Sonuçları

Ette tüketici memnuniyetini etkileyen en önemli kalite parametrelerinden biri olan tekstür (Duma-Kocan *et al.* 2019; Mena *et al.* 2020), elde edildiği hayvanın türü, beslenme şekli, cinsiyeti, ırkı, yaşı, yağ miktarı ile kas ve bağ doku proteinlerinin miktar ve yapısı gibi pek çok faktör tarafından etkilenmektedir (Kaya 2021). Mevcut araştırmada, mühürlenmeden fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) kontrol grubu sığır etleri ile farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mühürlendikten sonra fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) sığır etlerinin tekstür profil analiz (TPA) sonuçları Tablo 28’de gösterilmiştir. Isıl işlem görmemiş örneklerin ortalama sertlik, elastikiyet, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri sırasıyla; 208,38±137,94 N, 0,72±0,12 mm, 0,64±0,03 ve 105,22±85,37 N.mm olarak belirlenirken, bu örneklerin ısıl işleme tabii tutulması sonucunda sertlik değerlerinin; 156,87 ile 357,05 N arasında, elastikiyet değerlerinin; 0,72 ile 0,89 mm arasında, iç yapışkanlık değerlerinin; 0,65 ile 0,84 arasında ve çiğnenebilirlik değerlerinin; 85,04 ile 258,41 N.mm arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 28. Muamele Gruplarının Tekstür Profil Analiz Sonuçları

Parametre	Muamele	n	I	II	III
Sertlik (N)	F	3	286,43	357,05	331,78
	M20+F	3	176,80	189,26	156,87
	M30+F	3	345,73	318,42	172,42
	M40+F	3	202,68	238,65	240,85
Elastikiyet (mm)	F	3	0,84	0,77	0,79
	M20+F	3	0,72	0,89	0,84
	M30+F	3	0,89	0,75	0,81
	M40+F	3	0,79	0,79	0,81
İç yapışkanlık	F	3	0,69	0,67	0,65
	M20+F	3	0,67	0,77	0,67
	M30+F	3	0,84	0,69	0,69
	M40+F	3	0,66	0,67	0,67
Çiğnenebilirlik (N.mm)	F	3	166,32	184,09	169,84
	M20+F	3	85,04	130,29	87,98
	M30+F	3	258,41	164,78	96,83
	M40+F	3	105,47	125,91	130,67

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Mevcut araştırmada, ısıl işlem grmuş örneklerin tekstür profil parametrelerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 29’da gösterilmiştir. Mühürleme işleminin örneklerin sertlik değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli ($P < 0,05$) etkisi olurken, elastikiyet, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir ($P > 0,05$).

Tablo 29. Muamele Gruplarının Tekstür Profil Analizine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı		Sd	KO	F
Sertlik	Muamele	3	12703,032	4,754*
	Hata	8	2672,286	
Elastikiyet	Muamele	3	0,000	0,090
	Hata	8	0,004	
İç Yapışkanlık	Muamele	3	0,004	1,281
	Hata	8	0,003	
Çiğnenebilirlik	Muamele	3	4096,180	2,187
	Hata	8	1872,830	

Değişik uygulamaların, et ve ürünlerinin tekstürel özellikleri üzerine etkisi birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Bildiğimiz kadarıyla, mühürleme işleminin, etin tekstürel özellikleri üzerine etkisini belirlemeye yönelik doğrudan bir çalışma bulunmamakla birlikte, ısıl işlem uygulamalarının, et ve ürünlerinin bazı TPA parametrelerini etkilediği, değişik araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Duma-Kocan *et al.* 2019; Mena *et al.* 2020; Suleman *et al.* 2020). Örneklerin tekstür profil parametreleri üzerine, farklı i sıcaklıklara kadar gerçekleştirilen mühürleme işlemi etkisinin Duncan oklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 30’da gösterilmiştir. Mühürleme işlemi, et örneklerinin sertlik değerlerini azaltmış, ancak bu azalma, sadece 20 °C i sıcaklığa kadar döküm tavada mühürlendikten sonra fırında pişirilen (71 °C iç sıcaklık) rneklerde (M20+F) istatistiksel olarak önemli olmuştur. Bu durum, pişirme öncesi uygulanan mühürleme işlemi ile etin dış yüzeyinde kabuk tabakası oluşması ve oluşan bu tabakanın pişirme sırasında et suyunun uzaklaşmasını engellemesi ile açıklanabilir. Yüksek i sıcaklıklara (30 °C ve 40 °C) kadar mühürlendikten sonra fırında pişirilen örneklerin (M30+F ve M40+F), 20 °C i sıcaklığa kadar mühürlendikten sonra fırında pişirilen rneklerle (M20+F) kıyasla daha yüksek sertlik değeri sergilemesi, yüksek sıcaklık uygulamalarında meydana gelen daha yüksek ısı akışı nedeniyle proteinlerde oluşan yapısal değişikliklere ve kısmi denatürasyona bağlanabilir. Zira, ette ısı kaynaklı değişiklikler büyük ölçüde pişirme süresine ve sıcaklığına bağlıdır ve pişirme koşulları, etin sert veya yumuşak bir tekstür kazanmasında etkili olmaktadır (Suleman *et al.* 2020). Yüksek sıcaklıkta pişirmenin düşük sıcaklıkta

pişirmeye kıyasla koyun etinden yapılan köftelerin sertlik değerlerini artırdığı Suleman *et al.* (2020) tarafından da rapor edilmiş ve bu durum proteinlerde oluşan yapısal değişiklikler ve denatürasyon ile ilişkilendirilmiştir.

Tablo 30. Muamele Gruplarının Tekstür Profil Analiz Sonuçlarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

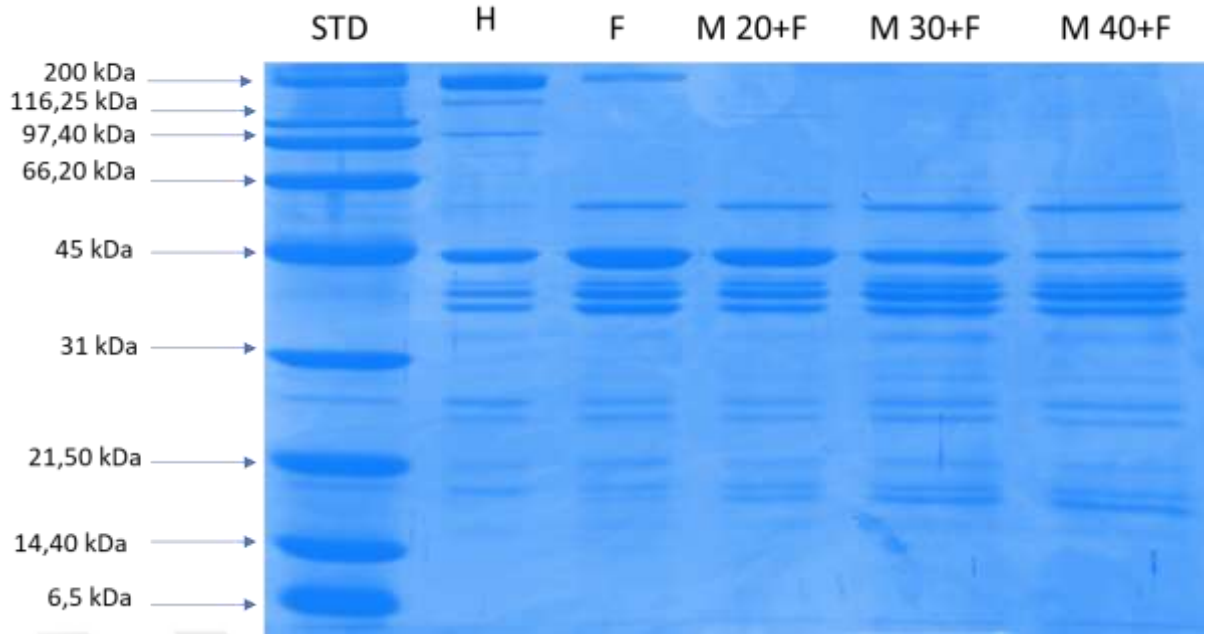
Muamele	n	Sertlik	Elastikiyet	İç yapışkanlık	Çiğnenebilirlik
F	3	325,086±35,78a	0,80±0,04a	0,67±0,02a	173,42±9,41a
M20+F	3	174,31±16,34b	0,81±0,09a	0,71±0,06a	101,10±25,32a
M30+F	3	278,86±93,18a	0,82±0,07a	0,74±0,09a	173,34±81,13a
M40+F	3	227,40±21,43ab	0,80±0,01a	0,66±0,01a	120,68±13,39a

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Mühürleme uygulaması ile sertlik değerlerinde görülen bu değişikliklere karşın, mühürlenmeden fırında pişirilen kontrol grubu sığır etleri ile farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mühürendikten sonra fırında pişirilen sığır etlerinin elastikiyet, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($P>0,05$). Pişirme işleminin, etin tekstürel özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğu bilinmekle birlikte (Öz 2021b), mevcut sonucun et örneklerinin tamamının mühürleme sonrası fırında 71 °C iç sıcaklığa ulaşınca kadar pişirilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Mevcut çalışma sonuçlarına benzer olarak Duma-Kocan *et al.* (2019) da domuz *Longissimus dorsi* kaslarının elastikiyet ve iç yapışkanlık değerlerinin farklı sıcaklıklarda pişirme işleminden etkilenmediğini bildirmişlerdir. Mevcut çalışma sonuçları, pişirme öncesi yapılan mühürleme işleminin etin sertliğinin azaltılması açısından önemli bir uygulama olduğunu göstermektedir.

Myofibriler ve Sarkoplazmik Proteinlerde Gerçekleşen Değişimler (SDS-PAGE Profili)

Et ve et ürünlerinin önemli protein fraksiyonları olan myofibriler ve sarkoplazmik proteinlerde gerçekleşen değişimlerin incelenmesinde, SDS-PAGE tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır (Chen *et al.* 2018; Taşkiran *et al.* 2020; Bhat *et al.* 2020; Fencioğlu 2021; Öz 2021c). Mevcut bu araştırmada da pişmiş etin myofibriler ve sarkoplazmik proteinleri üzerine mühürleme işlemi ve mühürleme derecesinin etkisi, SDS-PAGE tekniği kullanılarak değerlendirilmiştir.



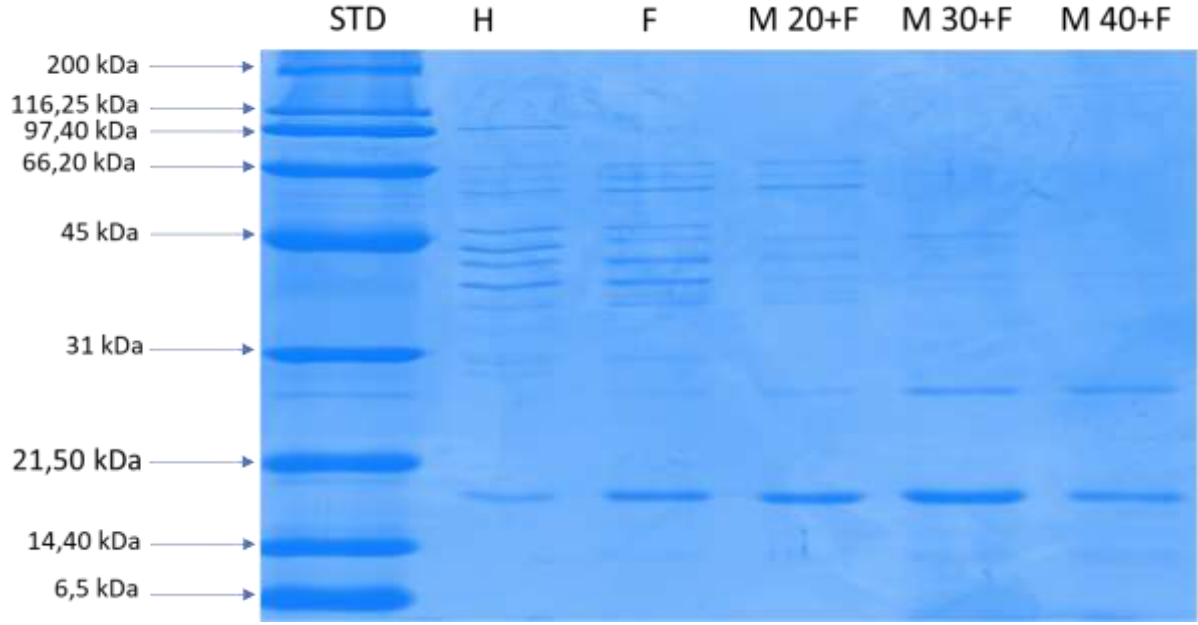
Şekil 3. Farklı iç sıcaklıklara kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş etlerin myofibriler proteinlerine ait SDS-PAGE elektroforetogramı, STD: Protein standardı, H: Hammadde, F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Farklı iç sıcaklıklara ulaşana dek mühürlenmiş ve fırında pişirilmiş et örneklerinin myofibriler proteinlerine ait SDS-PAGE elektroforetogramı Şekil 3'te verilmiştir. İyonik şiddeti yüksek çözeltilerde çözünen proteinler olarak bilinen myofibriler proteinlerin önemli bir kısmını, myosin proteini oluşturmaktadır (Marino *et al.* 2014). Mevcut araştırmada, hammaddede tespit edilen 200 kDa ağırlığındaki myosin ağır zincirinin bant yoğunluğunun, mühürleme işlemi uygulanmadan fırında pişirilmiş et örneklerinde (negatif kontrol, F) azaldığı; farklı iç sıcaklıklarda (20 °C, 30 °C ve 40 °C) mühürlenmiş ve fırında pişirilmiş örneklerde (M20+F, M30+F, M40+F) ise bu protein bandının kaybolduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, hammaddede tespit edilen 153 ve 104 kDa (α -aktinin) ağırlığındaki protein bantlarının, pişirme işlemi neticesinde tüm muamele grubu örneklerinde kaybolduğu gözlenmiştir. 58 kDa ağırlığındaki protein molekülünün bant yoğunluğu ise hammaddeye göre ısı işlem görmüş örneklerde artış göstermiştir. Farklı protein moleküllerinin ısı işlem neticesinde sergiledikleri bant profilleri ile bu proteinlerin ısı toleransları arasında bir ilişki bulunmaktadır. Bu kapsamda yürütülen çeşitli araştırmalarda, myosin ağır zinciri ve α -aktinin ısıl stabilitesinin düşük olduğu ve 60 °C'lik sıcaklık uygulaması neticesinde bant yoğunluklarında ciddi düşüşler gözlemlendiği rapor edilmiştir (Kajak-Siemaszko *et al.* 2011; Wen *et al.* 2015; Taşkıran *et al.* 2020; Öz 2021c). Mevcut araştırmada tüm muamele gruplarının nihai iç sıcaklığının 71 °C olduğu göz önüne alındığında, belirtilen literatür verileri ile mevcut araştırma sonuçları uygunluk göstermektedir.

Myofibriler proteinlerin yaklaşık %25'ini teşkil eden diğer bir önemli myofibriler protein olan aktin (43 kDa), tüm muamele grubu örneklerinde belirlenmiştir. Bununla birlikte, bu proteinin bant yoğunluğu muamele grupları arasında farklılık göstermiştir. Muamele grupları arasında en yüksek aktin bant yoğunluğu mühürleme işlemi uygulanmayan F grubu örneklerde tespit edilirken, mühürleme derecesindeki artışa bağlı olarak aktin molekülünün bant yoğunluğu azalmıştır. Isı etkisiyle denatüre olan protein moleküllerinin agregasyonu neticesinde protein bant yoğunluklarında azalmaların gözlemlendiği ve bant yoğunluğunda gözlenen azalmaların protein denatürasyon oranı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Kajak-Siemaszko *et al.* 2011; Dai *et al.* 2013). Mevcut araştırmada özellikle M30+F ve M40+F gruplarında gözlenen düşük bant yoğunluğunun, bu gruplarda mühürleme iç sıcaklığının yüksek olması, diğer bir deyişle bu örneklerde, ilgili iç sıcaklıklara ulaşılması için gereken sürenin daha uzun olması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim pişirme sıcaklığı ve süresinin protein denatürasyonu üzerine etki ettiği bilinmektedir. Aktin proteini, bağ dokusu proteini kolajen ile birlikte etin tekstürel özellikleri üzerinde önemli rol oynamaktadır (Barham 2001).

Mevcut araştırmada 30 °C ve 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş M30+F ve M40+F grubu örneklerde 33 kDa ağırlığında yeni bir protein bandı gözlenmiştir. Farklı iç sıcaklıklarda (20 °C, 30 °C ve 40 °C) mühürlenmiş M20+F, M30+F ve M40+F grubu örneklerde ise 18 kDa molekül ağırlığına sahip yeni bir protein bandı tespit edilmiştir. Pişirme ile yüksek molekül ağırlığına sahip proteinlerde gerçekleşen degradasyon neticesinde, düşük molekül ağırlıklı yeni protein bantlarının ortaya çıkabileceği Dai *et al.* (2013) tarafından da rapor edilmiştir. Mevcut araştırmada gözlenen yeni protein bantları ve bu bantların yoğunlukları dikkate alındığında, M30+F ve M40+F grubu örneklerin, F ve M20+F grubu örneklerden farklılık gösterdiği ve M30+F ve M40+F grubu örneklerde gerçekleşen protein denatürasyon oranının biraz daha yüksek olduğu söylenebilir.

Sarkoplazmik proteinler, toplam kas proteinlerinin yaklaşık %35'ini teşkil eden (Dalmış and Soyer 2008) myoglobin, kreatin kinaz ve glikolitik yolda bulunan pek çok enzimi içeren düşük molekül ağırlıklı suda çözünür proteinlerdir (Tornberg 2005; Öz 2018). Farklı iç sıcaklıklara ulaşana dek mühürlenmiş ve fırında pişirilmiş et örneklerinin sarkoplazmik proteinlerine ait SDS-PAGE elektroforetogramı ise Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Farklı iç sıcaklıklara kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş etlerin sarkoplazmik proteinlerine ait SDS-PAGE elektroforetogramı, STD: Protein standardı, H: Hammadde, F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Hammadde ile mühürleme işlemi uygulanmayan F grubu örnekleri genel olarak benzer sarkoplazmik protein profili sergilemiştir. Bununla birlikte, mühürleme derecesindeki artışa bağlı olarak sarkoplazmik proteinlerin SDS-PAGE profilinde gözlenen farklılıklar belirgin hale gelmiştir. Huang *et al.* (2011), 50-60 °C 'lik iç sıcaklık uygulaması neticesinde, sarkoplazmik protein fraksiyonunda yer alan pek çok bant yoğunluğunun belirgin ölçüde azaldığını, iç sıcaklığın 80 °C'ye ulaşması durumunda ise protein bantlarının tamamına yakınının kaybolduğunu bildirmişlerdir.

Mevcut çalışmada, hammaddede tespit edilen ve glikojen fosforilaz olduğu tahmin edilen 98 kDa ağırlığındaki protein molekülü, ısı uygulaması neticesinde F grubu ve diğer tüm muamele grubu örneklerde kaybolmuştur. Wen *et al.* (2015) glikojen fosforilazın bant yoğunluğunun 70 °C'lik ısı uygulaması neticesinde belirgin şekilde azaldığını rapor etmiştir. Mevcut çalışmada, hammaddelerde tespit edilen ve myoglobin olduğu tahmin edilen 18 kDa ağırlığındaki protein molekülünün bant yoğunluğunun, muamele grubu örneklerde hammaddeye göre artış gösterdiği tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Pang *et al.* (2021) pişirme işlemi neticesinde düşük molekül ağırlıklı bazı sarkoplazmik protein bantlarında artış gözlendiğini bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada, hammadde ve F grubu örneklerde gözlenmeyen 28 kDa ağırlığındaki protein bandı ise farklı derecelerde mühürlenmiş örneklerde tespit edilmiştir. Molekül ağırlığı 35 ile 70 kDa ağırlığında değişen 8 adet protein bandının SDS-PAGE profili, hammadde ve mühürleme işlemi uygulanmayan F grubu örneklerde genel

olarak benzer olsa da, M20+F grubunda bu proteinlerin bant yoğunluğu azalmış, M30+F grubu örneklerinde sadece 47 kDa ağırlığındaki protein bandı tespit edilmiş, M40+F grubunda ise belirtilen molekül ağırlıkları arasındaki hiçbir protein bandı tespit edilmemiştir. Bu durum, aynı iç sıcaklığa (71 °C) ulaşana dek pişirilmiş örneklerin sarkoplazmik protein profilinin mühürleme işlemi ve mühürleme derecesinden etkilendiğini göstermektedir. Örneklerin sarkoplazmik protein profilinde gözlenen bu farklılığa, direkt/indirekt ısı uygulaması ve uygulama süresi parametrelerinin etki ettiği düşünülmektedir. Zira protein oksidasyonu, denatürasyonu ve yüzey hidrofobikliğini etkileyen faktörlerin, protein agregasyonunu etkilediği bildirilmiştir (Wen *et al.* 2015). Isı ile indüklenen agregate sarkoplazmik proteinlerin, yapısal et elementleri arasında jel oluşturarak pişmiş etin yapısal özellikleri üzerine etki ettiği rapor edilmiştir (Tornberg *et al.* 1997).

Heterosiklik Aromatik Amin İçeriği

Geri kazanımlar

Mevcut araştırmada, analizi yapılan HAA'ların algılama (limit of detection, LOD = 3) ve kantitatif ölçme sınırları (limit of quantification, LOQ = 10) değerleri ile geri kazanım oranları (recovery) Tablo 31'de gösterilmiştir.

Tablo 31. Mevcut Araştırmada Analizi Yapılan HAA'ların LOD, LOQ ve Geri Kazanım Oranları

HAA	LOD (ng/g)	LOQ (ng/g)	Geri Kazanım (%)
IQ	0,009	0,029	82,17
IQx	0,004	0,013	94,44
MeIQ	0,014	0,047	81,52
MeIQx	0,024	0,081	93,07
4,8-DiMeIQx	0,008	0,025	94,56
7,8-DiMeIQx	0,005	0,018	92,96
PhIP	0,025	0,085	95,44
AαC	0,012	0,039	95,64
MeAαC	0,010	0,035	90,53

Mevcut araştırmada, kontrol grubu ile farklı iç sıcaklıklara kadar döküm tava kullanılarak mühürlendikten sonra fırında pişirilen örneklerin HAA içeriklerinin ortalama değerleri Tablo 32'de gösterilmiştir. Mevcut araştırmada, analizi yapılan HAA'lardan IQx, 4,8-DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx, PhIP, AαC ve MeAαC bileşikler tespit edilemezken, analizi yapılan örneklerde değişen düzeylerde IQ (0,06 ng/g'a kadar), MeIQ (0,08 ng/g'a kadar) ve MeIQx

(0,22 ng/g'a kadar) bileşikleri tespit edilmiştir. Her bir bileşik aşağıda detaylı olarak tartışılmıştır.

Tablo 32. Muamele Gruplarının Ortalama Heterosiklik Aromatik Amin İçerikleri (ng/g)

Muamele	n	IQ	MeIQ	MeIQx
F	3	nd	nd	nd
M20+F	3	0,04±0,01	0,06±0,01	nd
M30+F	3	nq	nq	nd
M40+F	3	0,05±0,01	0,06±0,02	0,13±0,07

nd: Tespit edilemedi (nd=LOD>...), nq: Miktar belirlenemedi (nq=LOD<...<LOQ), IQx, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AαC ve MeAαC bileşikleri tespit edilmemiştir. F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığı kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığı kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığı kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

IQx içeriği

Mevcut araştırmada, mühürlenmeden fırında pişirilen kontrol grubu sığır etleri ile farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mühürendikten sonra fırında pişirilen sığır etlerinin hiçbirinde IQx bileşiği belirlenememiştir. Literatürde farklı pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilen sığır etlerinde IQx bileşiğinin belirlenemediğini gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır. Pais *et al.* (1999); 275 °C'de 30 dk kızarttıkları sığır etinde, Öz and Zikirov (2015); 75, 85 ve 95 °C'de sous-vide pişirme yöntemi ile pişirilen ve haşlanmış sığır pirzolarında IQx bileşiğini belirleyemediklerini belirtmişlerdir. Öte yandan, IQx bileşiği az çalışılan bir birleşik olmasına rağmen, literatürde yer alan bazı çalışmalarda farklı pişirme yöntemleri ve farklı sıcaklıklar kullanılarak pişirilen sığır etlerinde IQx bileşiğinin değişen düzeylerde belirlendiğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Chen *et al.* (2017), 150, 175, 200 ve 225 °C'de fırınlanmış sığır etinde IQx bileşiğinin belirlenemediğini, sıcaklığın 250 °C'ye yükseltilmesi durumunda ise 0,37 ng/g IQx bileşiği tespit edildiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Öz and Zikirov (2015), 75, 85 ve 95 °C'de tavada kızarttıkları sığır pirzolarında sırasıyla 0,060, 0,156 ve 0,144 ng/g düzeyinde IQx bileşiği tespit etmişlerdir. Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı sıcaklıklarda (150, 200 ve 250 °C) tavada ve fırında pişirdikleri sığır etlerinde 0,37-3,48 ng/g arasında, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) aynı sıcaklıklarda tavada kızarttıkları sığır eti örneklerinde ise nd-0,29 ng/g arasında değişen miktarlarda IQx bileşiği tespit etmişlerdir.

IQ içeriği

Mevcut araştırmada, mühürlenmeden fırında pişirilen kontrol grubu sığır etlerinde IQ bileşiği belirlenemezken, farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada

mühürlendikten sonra fırında pişirilen örneklerde nq-0,06 ng/g arasında IQ bileşiği belirlenmiştir. Viegas *et al.* (2012) farklı kömür kaynakları kullanarak mangalda pişirdikleri sığır etlerinde ve Öz and Zikirov (2015) ise sous-vide pişirme yöntemi kullanarak 75°C’de pişirdikleri sığır pirzolarında IQ bileşiğini belirleyemediklerini bildirmişlerdir. Öte yandan, Szterk (2015) ızgara yöntemi uygulayarak pişirdiği sığır etlerinde, IQ içeriğini; pişirme sıcaklığının 180°C olması durumunda 0,92 ng/g olarak, pişirme sıcaklığının 280°C olması durumunda ise 0,96 ng/g olarak belirlemiştir. Öz and Zikirov (2015), sous-vide pişirme yöntemi kullanarak 95°C’de pişirdikleri sığır pirzolarında 0,037 ng/g’a kadar, haşlanmış sığır pirzolarında 0,032 ng/g düzeyinde ve 95°C’ye kadar tavada kızarttıkları sığır pirzolarında ise 0,072 ng/g’a kadar IQ bileşiği tespit etmişlerdir. Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı sıcaklıklarda (150, 200 ve 250°C) tavada ve fırında pişirdikleri sığır etlerinde 0,07-0,63 ng/g arasında, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) aynı sıcaklıklarda tavada kızarttıkları sığır eti örneklerinde nd-1,85 ng/g arasında değişen miktarlarda IQ bileşiği tespit etmişlerdir.

MeIQ içeriği

Mevcut araştırmada, mühürlenmeden fırında pişirilen kontrol grubu sığır etlerinde MeIQ bileşiği belirlenemezken, farklı iç sıcaklıklara (20°C, 30°C ve 40°C) kadar döküm tavada mühürlendikten sonra fırında pişirilen örneklerde nq-0,08 ng/g arasında MeIQ bileşiği belirlenmiştir. Öz and Zikirov (2015), 75, 85 ve 95°C’de sous-vide pişirme yöntemi ile pişirilen ve haşlanmış sığır pirzolarında MeIQ bileşiğini belirleyemediklerini belirtmişlerdir. Öte yandan, Öz and Kaya (2011b), 175-225°C yüzey sıcaklığına sahip tavada 15 dk kızartılan sığır pirzolarında nd-1,34 ng/g arasında değişen düzeylerde MeIQ bileşiği tespit etmişlerdir. Szterk (2015) ızgara yöntemi uygulayarak pişirdiği sığır etlerinde, MeIQ içeriğini, pişirme sıcaklığının 180°C olması durumunda 1,71 ng/g olarak, pişirme sıcaklığının 280°C olması durumunda ise 2,99 ng/g olarak belirlemiştir. Chen *et al.* (2017) 150, 175, 200 ve 225°C’de fırınlanmış sığır etinde MeIQ bileşiğinin belirlenemediğini, öte yandan, sıcaklığın 250°C’ye yükseltilmesi durumunda ise 0,36 ng/g MeIQ bileşiği tespit edildiğini bildirmişlerdir. Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı sıcaklıklarda (150, 200 ve 250°C) tavada ve fırında pişirdikleri sığır etlerinde 0,14-7,25 ng/g arasında, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) aynı sıcaklıklarda tavada kızarttıkları sığır eti örneklerinde ise nd-0,67 ng/g arasında değişen miktarlarda MeIQ bileşiği tespit etmişlerdir.

MeIQx içeriği

Mevcut araştırmada, mühürlenmeden fırında pişirilen kontrol grubu sığır etlerinde MeIQx bileşiği belirlenemezken, farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm

tavada mühürlendikten sonra fırında pişirilen örneklerde nd-0,22 ng/g arasında MeIQx bileşiği belirlenmiştir. Öz and Kaya (2011b); 175-225 °C yüzey sıcaklığına sahip tavada 15 dk kızartılan sığır pirzolarında ve Öz and Zikirov (2015); 75, 85 ve 95 °C’de sous-vide pişirme yöntemi ile pişirilen ve haşlanmış sığır pirzolarında MeIQx bileşiğini belirleyemediklerini belirtmişlerdir. Chen *et al.* (2017) 150 ve 175 °C’de fırınlanmış sığır etlerinde MeIQx bileşiğinin belirlenemediğini, öte yandan, sıcaklığın 200 °C’ye yükseltilmesi durumunda 0,25ng/g, sıcaklığın 225 °C’ye yükseltilmesi durumunda 4,08 ng/g ve sıcaklığın 250 °C’ye yükseltilmesi durumunda ise 9,94 ng/g düzeyinde MeIQx tespit edildiğini bildirmişlerdir. Zeng *et al.* (2018) 225 °C’de 20 dk ızgara yaptıkları sığır etinde 1,57 ng/g düzeyinde MeIQx bileşiği tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Viegas *et al.* (2012) farklı kömür kaynakları kullanarak mangalda pişirdikleri sığır etlerinde 0,69-1,63 ng/g düzeylerinde MeIQx bileşiği tespit etmişlerdir. Iwasaki *et al.* (2010) farklı yöntemler kullanarak farklı pişirme seviyelerine kadar sığır etini pişirmişlerdir. Araştırmacılar, MeIQx içeriğinin, tavada kızartılmış örneklerde nd-1,43 ng/g arasında ve ızgarada kızartılmış örneklerde ise nd-5,41 ng/g arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı sıcaklıklarda (150, 200 ve 250 °C) tavada ve fırında pişirdikleri sığır etlerinde nd-1,76 ng/g arasında, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) aynı sıcaklıklarda tavada kızarttıkları sığır eti örneklerinde ise nd-1,01 ng/g arasında değişen miktarlarda MeIQx bileşiği tespit etmişlerdir.

4,8-DiMeIQx içeriği

Mevcut araştırmada, mühürlenmeden fırında pişirilen kontrol grubu sığır etleri ile farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mühürlendikten sonra fırında pişirilen sığır etlerinin hiçbirinde 4,8-DiMeIQx bileşiği belirlenememiştir. Mevcut bulgulara benzer şekilde farklı pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilen sığır etlerinde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin belirlenemediğini gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Öz and Kaya (2011b); 175 ve 200 °C yüzey sıcaklığına sahip tavada 15 dk kızartılan sığır pirzolarında ve Viegas *et al.* (2012) ise farklı kömür kaynakları kullanarak mangalda pişirdikleri sığır etlerinde 4,8-DiMeIQx bileşiğini tespit edememişlerdir. Iwasaki *et al.* (2010) farklı yöntemler kullanarak farklı pişirme seviyelerine kadar sığır etini pişirmişlerdir. Araştırmacılar, 4,8-DiMeIQx içeriğinin, tavada kızartılmış örneklerde nd-0,39 ng/g arasında ve ızgarada kızartılmış örneklerde ise nd-1,92 ng/g arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Chen *et al.* (2017) 150 ve 175 °C’de fırınlanmış sığır etinde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin belirlenemediğini, öte yandan, sıcaklığın 225 °C’ye yükseltilmesi durumunda 0,36 ng/g ve sıcaklığın 250 °C’ye yükseltilmesi durumunda ise 0,90 ng/g düzeyinde 4,8-DiMeIQx bileşiği tespit edildiğini bildirmişlerdir. Öz and Kaya (2011b); 225 °C yüzey sıcaklığına sahip tavada 15 dk kızartılan

sığır pirzolarlarında 1,77 ng/g düzeyinde 4,8-DiMeIQx bileşiği belirlemişlerdir. Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) farklı sıcaklıklarda (150, 200 ve 250 °C) tavada pişirdikleri sığır etlerinde 4,8-DiMeIQx bileşiğini belirleyemezken, Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) ise aynı sıcaklık ile hem tavada hem fırında pişirme yöntemleri ile yaptıkları başka bir çalışmada nd-0,73 ng/g arasında değişen miktarlarda 4,8-DiMeIQx bileşiği tespit ettiklerini rapor etmişlerdir. Zeng *et al.* (2018) ise 225 °C’de 20 dk ızgara yaptıkları sığır etinde 0,19 ng/g düzeyinde 4,8-DiMeIQx bileşiği belirlemişlerdir.

7,8-DiMeIQx içeriği

Mevcut araştırmada, mühürlenmeden fırında pişirilen kontrol grubu sığır etleri ile farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mühürlendikten sonra fırında pişirilen sığır etlerinin hiçbirinde 7,8-DiMeIQx bileşiği belirlenememiştir. Literatürde farklı pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilen sığır etlerinde 7,8-DiMeIQx bileşiğinin belirlenemediğini gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Öz and Zikirov (2015); 75, 85 ve 95 °C’de sous-vide pişirme yöntemi ile pişirilen ve haşlanmış sığır pirzolarında 7,8-DiMeIQx bileşiğini belirleyemediklerini belirtmişlerdir. Öte yandan, araştırmacılar, 75 °C’de tavada kızarttıkları örneklerde 7,8-DiMeIQx bileşiği tespit edememelerine rağmen, 85 °C’de tavada kızarttıkları örneklerde 0,074 ng/g ve 95 °C’de tavada kızarttıkları örneklerde ise 0,039 ng/g düzeyinde 7,8-DiMeIQx bileşiği belirlemişlerdir. Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı sıcaklıklarda (150, 200 ve 250 °C) tavada ve fırında pişirdikleri sığır etlerinde nd-0,02 ng/g arasında, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) aynı sıcaklıklarda tavada kızarttıkları sığır eti örneklerinde ise nd-0,14 ng/g arasında değişen miktarlarda 7,8-DiMeIQx bileşiği tespit ettiklerini rapor etmişlerdir.

PhIP içeriği

Mevcut araştırmada, mühürlenmeden fırında pişirilen kontrol grubu sığır etleri ile farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mühürlendikten sonra fırında pişirilen sığır etlerinin hiçbirinde PhIP bileşiği belirlenememiştir. Literatürde farklı pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilen sığır etlerinde PhIP bileşiğinin belirlenemediğini gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Öz and Zikirov (2015); haşlanmış sığır pirzolarında PhIP bileşiğini belirleyemediklerini belirtmişlerdir. Öte yandan, Szterk (2015) ızgara yöntemi uygulayarak pişirdiği sığır etlerinde PhIP içeriğini; pişirme sıcaklığının 180 °C olması durumunda 3,14 ng/g olarak, pişirme sıcaklığının 280 °C olması durumunda ise 8,22 ng/g olarak belirlemiştir. Viegas *et al.* (2012) farklı kömür kaynakları kullanarak mangalda pişirdikleri sığır etlerinde 0,91-1,45 ng/g arasında değişen düzeylerde PhIP bileşiği tespit

etmişlerdir. Iwasaki *et al.* (2010) farklı yöntemler kullanarak farklı pişirme seviyelerine kadar sığır etini pişirmişlerdir. Araştırmacılar, PhIP içeriğinin, tavada kızartılmış örneklerde nd-0,58 ng/g arasında ve ızgarada kızartılmış örneklerde ise nd-16,27 ng/g arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı sıcaklıklarda (150, 200 ve 250 °C) tavada ve fırında pişirdikleri sığır etlerinde nd-4,52 ng/g arasında, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) aynı sıcaklıklarda tavada kızarttıkları sığır eti örneklerinde ise nd-0,75 ng/g arasında değişen miktarlarda PhIP bileşiği tespit etmişlerdir. Zeng *et al.* (2018) ise 225 °C'de 20 dk ızgara yaptıkları sığır etinde 7,11 ng/g düzeyinde PhIP bileşiği belirlemiştir.

AαC içeriği

Mevcut araştırmada, mühürlenmeden fırında pişirilen kontrol grubu sığır etleri ile farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mühürlendikten sonra fırında pişirilen sığır etlerinin hiçbirinde AαC bileşiği belirlenememiştir. Mevcut bulgulara benzer şekilde farklı pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilen sığır etlerinde AαC bileşiğinin belirlenemediğini gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Öz and Zikirov (2015); 75, 85 ve 95 °C'de sous-vide pişirme yöntemi ile pişirilen ve haşlanmış sığır pirzolarında AαC bileşiğini belirleyemediklerini belirtmişlerdir. Öte yandan, araştırmacılar, 75 °C'de tavada kızarttıkları örneklerde 0,062 ng/g, 85 °C'de tavada kızarttıkları örneklerde 0,097 ng/g ve 95 °C'de tavada kızarttıkları örneklerde ise 0,082 ng/g düzeyinde AαC bileşiği belirlemiştir. Viegas *et al.* (2012) farklı kömür kaynakları kullanarak mangalda pişirdikleri sığır etlerinde 1,44-1,54 ng/g düzeylerinde AαC bileşiği tespit etmişlerdir. Szterk (2015) ızgara yöntemi uygulayarak pişirdiği sığır etlerinde, AαC içeriğini; pişirme sıcaklığının 180 °C olması durumunda 0,36 ng/g olarak, pişirme sıcaklığının 280 °C olması durumunda ise 0,54 ng/g olarak belirlemiştir. Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı sıcaklıklarda (150, 200 ve 250 °C) tavada ve fırında pişirdikleri sığır etlerinde nd-8,48 ng/g arasında, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) aynı sıcaklıklarda tavada kızarttıkları sığır eti örneklerinde ise nd-1,27 ng/g arasında değişen düzeylerde AαC bileşiği tespit ettiklerini rapor etmişlerdir.

MeAαC içeriği

Mevcut araştırmada, mühürlenmeden fırında pişirilen kontrol grubu sığır etleri ile farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mühürlendikten sonra fırında pişirilen sığır etlerinin hiçbirinde MeAαC bileşiği belirlenememiştir. Literatürde farklı pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilen sığır etlerinde MeAαC bileşiğinin belirlenemediğini gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Öz and Zikirov (2015); 75, 85 ve 95 °C'de sous-vide pişirme yöntemi ile pişirilen, haşlanmış ve 75, 85 ve 95 °C'de tavada kızarttıkları sığır

pirzolarında MeAαC bileşimini belirleyemediklerini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı sıcaklıklarda (150, 200 ve 250 °C) tavada ve fırında pişirdikleri sığır etlerinde ve Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) ise aynı sıcaklıklarda tavada kızarttıkları sığır eti örneklerinde MeAαC bileşimini tespit edememişlerdir. Öte yandan, Viegas *et al.* (2012) farklı kömür kaynakları kullanarak mangalda pişirdikleri sığır etlerinde 0,49-0,52 ng/g düzeylerinde MeAαC bileşiği tespit etmişlerdir.

Toplam HAA İçeriği

Mevcut araştırmada, mühürlenmeden fırında pişirilen kontrol grubu sığır etleri ile farklı iç sıcaklıklara (20 °C, 30 °C ve 40 °C) kadar döküm tavada mühürlendikten sonra fırında pişirilen sığır etlerinin toplam HAA içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 33'te gösterilmiştir. Mühürleme işleminin, örneklerin toplam HAA içerikleri üzerine çok önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir (P<0,01).

Tablo 33. Muamele Gruplarının Toplam HAA İçeriklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Sd	KO	F
Muamele	3	0,039	17,106**
Hata	8	0,002	

Farklı iç sıcaklıklara kadar gerçekleştirilen mühürleme işleminin, ısı işlem görmüş örneklerin toplam HAA içerikleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 34'te gösterilmiştir. Mühürleme işlemi uygulanmaksızın fırında pişirilen örneklerde, mevcut araştırmada analizi yapılan bireysel HAA'ların hiçbiri tespit edilemediği için, toplam HAA içeriği, tespit edilebilir sınırın altında kalmıştır. Öte yandan, mühürleme işleminin, örneklerin toplam HAA içeriğini kontrol grubu örneklere kıyasla artırdığı, mühürleme işlemine tabii tutulmuş örneklerin toplam HAA içeriklerinin nq-0,24 ng/g arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Tablo 34. Muamele Gruplarının Toplam HAA İçeriklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	n	Toplam HAA±SD
F	6	nd
M20+F	6	0,10±0,02b
M30+F	6	nq
M40+F	6	0,24±0,09a

F: Mühürlenmemiş-fırında pişirilmiş örnek, M20+F: 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M30+F: 30 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek, M40+F: 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlenmiş-fırında pişirilmiş örnek

Isıl işlem görmüş etlerin HAA içeriği üzerine yapılan çalışmalarda; et tipi, pişirme sıcaklığı, süresi, ekipmanı, etin prekürsör madde içeriği, ısı ve kütle transferi vb. pek çok faktörün etki ettiği bilinmektedir (Pais *et al.* 1999; Öz and Kaya 2011a). Pişirme yöntemi, pişirme sıcaklık ve süresinin, et ve et ürünlerinde HAA oluşumunu etkileyen en önemli faktörlerden olduğu bilinmekte ve bu durumun; seçilen pişirme koşulları (yöntemi, sıcaklık ve süre) altında ürün ve pişirme ekipmanı arasında gerçekleşen ısı ve kütle transferi ile pişirme esnasında gerçekleşen Maillard reaksiyonu ile ilgili olduğu belirtilmektedir (Robbana-Barnat *et al.* 1996; Öz and Kaya 2011a).

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, etin fırında pişirilmesi esnasında, genellikle, düşük veya orta düzeyde HAA oluşumu ile karşılaşmaktadır (Öz and Kotan 2016). Bu sonuca, fırında pişirme esnasında, buhar koşulları altında gerçekleşen ısı ve kütle transferinin etki ettiği düşünülmektedir. Zira, mevcut araştırmada, örneklerin su ve pişirme kaybı analizlerinden elde edilen sonuçlar da bu durumu desteklemektedir. Mevcut araştırmada, ısı işlem görmüş örneklerde, istatistiksel olarak en yüksek su içeriği ve en düşük pişirme kaybı değerleri; mühürleme işlemine tabii tutulmaksızın fırında pişirilen kontrol grubu örneklerde belirlenmiştir. Benzer şekilde, Öz *et al.* (2010a), farklı pişirme seviyeleri ve farklı pişirme yöntemlerinin sığır pirzolarlarında HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, fırında pişirilmiş örneklerde, analizi yapılan HAA'lardan hiçbirinin oluşmadığını rapor etmişlerdir. Öz *et al.* (2016), farklı pişirme yöntemlerinin, kaz göğüs ve but spesiyal etlerinde HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, toplam HAA içeriğini; fırında pişirilmiş kaz göğüs etinde 0,47 ng/g olarak, fırında pişirilmiş but spesiyal etinde ise 0,73 ng/g olarak belirlemişlerdir. Chen *et al.* (2017) fırında, farklı sıcaklıklarda (150, 175, 200, 225 ve 250 °C) pişirilmiş sığır etlerinde 17 farklı HAA bileşiğinin oluşum düzeylerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, örneklerindeki toplam HAA içeriğini; 150 °C'de 0,19 ng/g, 175 °C'de 0,22 ng/g, 200 °C'de 1,46 ng/g, 225 °C'de 12,76 ng/g ve 250 °C'de ise 37,32 ng/g olarak

belirlemişlerdir. Ülkemizde yapılan diğer bir çalışmada, Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017), fırında farklı sıcaklıklarda (150, 200 ve 250 °C) pişirilmiş sığır etlerinde 12 farklı HAA bileşiğinin oluşum düzeylerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, örneklerindeki toplam HAA içeriğini; 150 °C’de 17,98 ng/g, 200 °C’de 2,24 ng/g ve 250 °C’de ise 48 ng/g olarak belirlemişlerdir. Öte yandan, fırında pişirilmiş et örneklerinde daha yüksek seviyelerde HAA oluşumunu gösteren çalışmalar da literatürde yer almaktadır. Nitekim, ülkemizde yapılan bir çalışmada (Keşkekoğlu and Üren 2014), 180 °C’lik fırında 27 dk pişirilen sığır eti köftelerinde toplam HAA (IQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, harman ve norharman) içeriği 171,70 ng/g olarak belirlenmiştir.

Bildiğimiz kadarıyla, mevcut araştırma, mühürleme işleminin HAA oluşumu üzerine etkisini araştıran ilk çalışmadır. Bu konu üzerine yapılan başka bir çalışma olmadığı için, mevcut araştırmada elde edilen sonuçlar, tavada kızartma işlemi uygulanmış araştırmalarda elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, etin tavada kızartılması esnasında, genellikle, orta veya biraz daha yüksek düzeyde HAA oluşumu ile karşılaşmaktadır (Öz and Kotan 2016). Bu sonuca, pişirme esnasında gerçekleşen ısı ve kütle transferinin etki ettiği düşünülmektedir. Nitekim, Öz *et al.* (2010b), farklı pişirme seviyeleri ve farklı pişirme yöntemlerinin sığır pirzolarında HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, tavada kızartılmış örneklerde dokuz farklı HAA bileşiğinin toplam miktarlarının pişirme seviyesine bağlı olarak nd-1,64 ng/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Öz *et al.* (2016), farklı pişirme yöntemlerinin, kaz göğüs ve but spesiyal etlerinde HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, tavada kızartılmış kaz göğüs etinde 0,23 ng/g seviyesine kadar, tavada kızartılmış but spesiyal etinde ise 0,57 ng/g düzeyine kadar toplam HAA belirlemişlerdir. Ülkemizde yapılan diğer bir çalışmada, Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017), tavada, farklı sıcaklıklarda (150, 200 ve 250 °C) pişirilmiş sığır etlerinde 12 farklı HAA bileşiğinin oluşum düzeylerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, örneklerindeki toplam HAA içeriğini; 150 °C’de 22,76 ng/g, 200 °C’de 23,62 ng/g ve 250 °C’de ise 40,04 ng/g olarak belirlemişlerdir. Aynı araştırma grubu tarafından yapılan başka bir araştırmada ise, tavada 10 dk kızartılan sığır etlerinde 12 farklı HAA bileşiğinin toplam miktarı, 200 °C’de 4,33 ng/g ve 250 °C’de ise 11,38 ng/g olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar, 150 °C’de kızartılan örneklerde ise analizi yapılan HAA’lardan hiçbirini tespit edemediklerini bildirmişlerdir. Öz and Zikirov (2015), sığır eti pirzolarında, analiz ettikleri dokuz adet HAA bileşiğinin toplam miktarının; haşlanmış örneklerde 0,032 ng/g olduğunu, sous-vide yöntemi ile farklı sıcaklıklarda (75, 85 ve 95 °C) pişirdikleri örneklerde 0,036-0,123 ng/g arasında ve tavada kızarttıkları (75, 85 ve 95 °C) örneklerde ise 0,252-0,940 ng/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Iwasaki *et al.* (2010) farklı yöntemler kullanarak farklı

pişirme seviyelerine kadar pişirdikleri sığır etinin 100 g'ında toplam HAA miktarının tavada kızartılmış örneklerde nd-239,4 ng arasında, ızgarada kızartılmış örneklerde ise nd-2360,1 ng arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Ülkemizde yapılan başka bir çalışmada, sığır eti köftelerinde hesaplanan toplam HAA içeriğinin; 180 °C'de 16 dk kızartılan örneklerde 50,83 ng/g, 150 °C'de 5 dk derin yağda kızartılan örneklerde 153,26 ng/g ve mangalda 20 dk pişirilen örneklerden ise 346,42 ng/g olduğu belirtilmiştir (Keşkekoğlu and Üren 2014).

HAA'lara maruziyetin, tüketilen gıda çeşidi, gıdaların hazırlanış şekli, tüketim miktarı vb. gibi faktörlere bağlı olarak değiştiği bilinmektedir (Öz and Kaya 2011a). Literatürde, HAA'ların, kabul edilebilir günlük tüketim miktarlarının, 0-15 µg/birey olduğu belirtilmektedir (Skog 2002). Mevcut araştırmada, en yüksek seviyede toplam HAA içeriğine sahip olan M40+F (0,24 ng/g) grubu örneklerden 100 g yenmesi durumunda bile, vücuda alınan toplam HAA miktarının 1 µg'ın altında olduğu görülmektedir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mühürleme işlemi ve derecesinin, fırında pişirilmiş sığır etlerinin (*M. Longissimus thoracis et lumborum*) tekstürel ve duyuşal özellikleri, protein (SDS-PAGE) profili, heterosiklik aromatik amin (HAA) oluşumu ile çeşitli kalitatif özellikleri (su ve yağ içeriği, pH değeri, pişirme kaybı, lipit oksidasyonu ve renk) üzerine etkilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bu araştırmada, mühürleme işlemi ve derecesinin esas alındığı dört farklı muamele grubu oluşturulmuş ve muamele grubu örnekleri belirtilen parametreler yönünden analiz edilmiştir. Araştırma neticesinde elde edilen veriler aşağıda özetlenmiştir.

1. Mühürleme işleminin ısı işlem görmüş örneklerin su içeriğinde önemli düzeyde ($P<0,01$) azalmaya, pişirme kaybı değeri ise artışa ($P<0,01$) sebep olduğu belirlenmiştir. Ayrıca su içeriği ve pişirme kaybında gözlenen bu değışimin, mühürleme derecesindeki artışa paralel olarak daha belirgin hale geldiği tespit edilmiştir.

2. Mühürleme işleminin, örneklerin pH değeri, ham yağ içeriği ve lipit oksidasyon seviyesi üzerine önemli etkisinin olmadığı ($P>0,05$) tespit edilmiştir.

3. Mühürleme işleminin, örneklerin dış yüzey L^* ve a^* değerlerini anlamlı düzeyde ($P<0,01$) düşürdüğü ve kesit yüzey a^* değeri üzerinde önemli değışikliklere ($P<0,01$) neden olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, mühürleme işleminin, örneklerin dış yüzey ve kesit yüzey b^* değeri üzerine önemli etkisinin olmadığı ($P>0,05$) belirlenmiştir.

4. Yapılan duyuşal değerlendirme neticesinde, mühürleme işleminin, örneklerin genel kabul edilebilirlik puanını arttırdığı, özellikle 30 ve 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlendikten sonra fırında pişirilen örneklerin genel kabul edilebilirlik puanının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

5. Mühürleme işleminin, fırında pişirilmiş etlerin tekstür profili üzerine etkisini belirlemek amacıyla sertlik, elastikiyet, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik olmak üzere 4 farklı parametre ölçülmüştür. Mühürleme, etin sertlik değeri üzerine önemli ($P<0,05$) etki göstermiş ve en düşük sertlik değeri 20 ve 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlendikten sonra fırında pişirilmiş örneklerde tespit edilmiştir. Bununla birlikte, muamele grubu örneklerin elastikiyet, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik özelliklerinin istatistiksel olarak birbirinden farklılık göstermediği belirlenmiştir ($P>0,05$).

6. Mühürleme işleminin mühürleme derecesine bağlı olarak myofibriler ve sarkoplazmik protein profilini etkilediği tespit edilmiştir. Mühürleme işlemi uygulanmayan kontrol grubu örnekler ile 20 °C iç sıcaklığa kadar mühürlendikten sonra fırında pişirilmiş örneklerin SDS-PAGE profilinin genel olarak benzer olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte 30 ve 40 °C iç sıcaklığa kadar mühürlendikten sonra fırında pişirilmiş örneklerin protein profilinin diğer örneklerden belirgin şekilde farklılık gösterdiği, özellikle tekstürel özellikler üzerine etkisi olduğu bilinen aktin proteininin bant yoğunluğunun, bu gruplarda daha düşük olduğu belirlenmiştir.

7. Mevcut projede analiz edilen bireysel HAA bileşiklerinden (IQx, IQ, MeIQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx, PhIP, AαC ve MeAαC) yalnızca IQ (0,06 ng/g'a kadar), MeIQ (0,08 ng/g'a kadar) ve MeIQx (0,22 ng/g'a kadar) muamele grubu örneklerde belirlenmiştir.

8. Mühürleme işlemi uygulanmadan fırında pişirilen örneklerde, analizi yapılan heterosiklik aromatik aminlerden hiçbiri tespit edilememiştir (<LOD).

9. Mühürleme işleminin HAA oluşumunu teşvik ettiği ve farklı iç sıcaklıklara kadar mühürleme işlemi uygulandıktan sonra fırında pişirilen örneklerde toplam HAA içeriğinin 0,24 ng/g arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek toplam HAA içeriği (0,24 ng/g), 40°C iç sıcaklığa kadar mühürlendikten sonra fırında pişirilmiş örneklerde tespit edilmiştir. Bununla birlikte, en yüksek toplam HAA içeriğine sahip olduğu belirlenen et örneklerinden 100 g yenmesi durumunda bile, vücuda alınan toplam HAA miktarının 1 µg'ın altında olduğu hesaplanmıştır.

10. Elde edilen sonuçlar, mühürleme işleminin, etlerin pişirilmesi esnasında kullanılabilceğini göstermiştir.

Sonuç olarak, popüler bir ısıl uygulama olan mühürleme işleminin, fırında pişirilmiş etlerin çeşitli kalite özellikleri ile HAA oluşumunu etkilediği belirlenmiştir. Mühürleme işlem ve derecesinin, fırında pişirilmiş etlerin renk özelliklerini, duyu kabul edilebilirliğini ve gevrekliğini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiş; bununla birlikte SDS-PAGE profil sonuçları ve heterosiklik aromatik amin oluşum seviyeleri, incelenen diğer kalite parametreleri ile birlikte değerlendirildiğinde, mühürleme işleminde 30 °C'lik bir iç sıcaklık uygulamasının referans alınmasının uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

- 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 Science USA, 9-45.
- Alfaia, C. M., Alves, S. P., Lopes, A. F., Fernandes, M. J., Costa, A. S., Fontes, C. M., Castro, M. L., Bessa, R. J., and Prates, J. A. 2010. "Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat", Meat Science, 84(4), 769-777.
- Babür, T. E., Gürbüz, Ü. 2015. "Geleneksel pişirme yöntemlerinin et kalitesine etkileri", Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 3-4, 58-64.
- Balogh, Z., Gray, J. I., Gomma, E. A., Booren, A. M. 2000. "Formation and inhibition of heterocyclic aromatic amines in fried ground beef patties", Food and Chemical Toxicology, 38 (5), 395-401.
- Barber, N., Broz, C. 2011. "The meat searing process: Is sealing in juices fact or fiction?", Journal of Culinary Science, 9, 99-105.
- Barbera, S., Tassone, S. 2006. "Meat cooking shrinkage: Measurement of a new meat quality parameter", Meat Science, 73, 467-474.
- Barham, P. 2001. The Science of Cooking, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- Beard, J., Callvert IE. 2001. The James Beard cookbook. Emeryville, CA, USA: 3rd ed. Da Capo Press.
- Bekhit, A. A., Hopkins, D. L., Geesink, G., Bekhit, A. A. and Franks, P. 2014. "Exogenous proteases for meat tenderization", Critical reviews in food science and nutrition, 54(8), 1012-1031.
- Berhe, D. T., Engelsen, S. B., Hviid, M. S., Lametsch, R. 2014. "Raman spectroscopic study of effect of the cooking temperature and time on meat proteins", Food Research International, 66, 123-131.
- Bertola, N. C., Bevilacqua, A. E., Zaritzky, N. E. 1994. "Heat treatment effect on texture changes and thermal denaturation of proteins in beef muscle", Journal of Food Processing and Preservation", 18, 31-46.
- Bhat, Z. F., Morton, J. D., Zhang, X., Mason, S. L. and Bekhit, A. E. D. A. 2020. "Sous-vide cooking improves the quality and in-vitro digestibility of Semitendinosus from culled dairy cows", Food Research International, 127, 108708.
- Brüggemann, D. A., Brewer, J., Risbo, J., Bagatolli, L. 2010. "Second harmonic generation microscopy: A tool for spatially and temporally resolved studies of heat induced structural changes in meat", Food Biophysics, 5, 1-8.
- Chen, J., He, Z., Qin, F., Chen, J., Zeng, M. 2017. "Formation of free and protein-bound heterocyclic amines in roast beef patties assessed by UPLC-MS/MS", Journal of agricultural and food chemistry", 65(22),4493-9.
- Chen, X., Xu, X., Liu, D., Zhou, G., Han, M. and Wang, P. 2018. "Rheological behavior, conformational changes and interactions of water-soluble myofibrillar protein during heating", Food Hydrocolloids, 77, 524-533.
- Cho, D. K., Lee, B., Oh, H., Lee, J. S., Kim, Y. S. and Choi, Y. M. 2020. "Effect of Searing Process on Quality Characteristics and Storage Stability of Sous-Vide Cooked Pork Patties", Foods, 9(8), 1011.

- Çarbuğa, Ü. 2019. “Marinasyon İşlemlerinin Sığır Eti Üzerindeki Kimyasal, Duyusal ve Tekstürel Etkilerinin Belirlenmesi”. Yüksek Lisans Tezi Necmettin Erbakan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Gastronomi ve Mutfak Sanatları Anabilim Dalı, 60, Konya.
- Dai, Y., Miao, J., Yuan, S. Z., Liu, Y., Li, X. M., Dai, R. T. 2013. “Colour and sarcoplasmic protein evaluation of pork following water bath and ohmic cooking”, *Meat Science*, 93, 898-905.
- Dalmış, Ü., Soyer, A. 2008. “Effect of processing methods and starter culture (*Staphylococcus xylosus* and *Pediococcus pentosaceus*) on proteolytic changes in Turkish sausages (sucuk) during ripening and storage”, *Meat Science*, 80, 345–354.
- Davey, C. L., Gilbert, K. V. 1974. “Temperature-dependent cooking toughness in beef”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 25, 931-938.
- Dominguez-Hernandez, E., Salaseviciene, A., Ertbjerg, P. 2018. “Low-temperature long-time cooking of meat: Eating quality and underlying mechanisms”, *Meat Science*, 143, 104-113.
- Duma-Kocan, P., Gil, M., Stanisławczyk, R., Rudy, M. 2019. “The effect of selected methods of heat treatment on the chemical composition, colour and texture parameters of *longissimus dorsi* muscle of wild boars”, *CyTA - Journal of Food*, 17,1,472-478.
- Erdoğan, S. 2005. Beslenme ve besin teknolojisi. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Farouk, M. M., Wieliczko, K., Lim, R., Turnwald, S., MacDonald, G. A. 2002. “Cooked sausage batter cohesiveness as affected by sarcoplasmic proteins”, *Meat Science*, 61, 85-90.
- Felton, J. S., Knize, M. G., Wood, C., Wuebbles, B. J., Healey, S. K., Stuermer, D. H., Bjeldanes, L. F., Kimbles, B. J., Hatch, F. T. 1984. “Isolation and characterization of new mutagens from fried ground beef”, *Carcinogenesis*, 5, 95–102.
- Fencioğlu, H. 2021. “Farklı sirke çeşitleri ile marinasyon işleminin ısıl işlem görmüş sığır biftek etlerinde çeşitli kalite kriterleri ve Heterosiklik aromatik amin oluşumu üzerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 90, Erzurum.
- Ferioli, F., Caboni, M. F. and Dutta, P. C. 2008. “Evaluation of cholesterol and lipid oxidation in raw and cooked minced beef stored under oxygen-enriched atmosphere”, *Meat Science*, 80(3), 681-685.
- Gerber, N., Scheeder, M. R. L. and Wenk, C. 2009. “The influence of cooking and fat trimming on the actual nutrient intake from meat”, *Meat Science*, 81(1), 148-154.
- Gibis, M., and Weiss, J. 2015. “Impact of precursors creatine, creatinine, and glucose on the formation of heterocyclic aromatic amines in grilled patties of various animal species”, *Journal of Food Science*, 80(11), C2430–C2439.
- Girard, P. J. 1992. *Cooking. Technology of Meat and Meat Products*. Fransa, 32-83.
- Gökalp, H. Y., Kaya, M., Zorba, Ö. 2010a. Et ürünleri işleme mühendisliği, Atatürk Üniversitesi, Yayın No: 786. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum.
- Gökalp, H. Y., Kaya, M., Tülek, Y., Zorba, Ö. 2010b. Et ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama klavuzu, 5. Baskı, Yayın No: 751. Atatürk Üniversitesi Yayınları, Ziraat Fakültesi Yayın No: 318. Atatürk Üniversitesi Ofset Tesisi, Erzurum.

- Han, M., Wang, P., Xu, X., Zhou, G. 2014. “Low-field NMR study of heat-induced gelation of pork myofibrillar proteins and its relationship with microstructural characteristics”, *Food Research International*, 62, 1175-1182.
- Huang, F., Huang, M., Xu, X. and Zhou, G. 2011. “Influence of heat on protein degradation, ultrastructure and eating quality indicators of pork”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 443-448.
- Iwasaki, M., Kataoka, H., Ishihara, J., Takachi, R., Hamada, G. S., Sharma, S., Marchand, L. L. and Tsugane, S. 2010. “Heterocyclic amines content of meat and fish cooked by Brazilian methods”, *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 61-69.
- Jägerstad, M., Laser-Reuterswärd, A., Olsson, R., Grivas, S., Nyhammar, T., Olsson, K., Dahlqvist, A. 1983. “Creatin(ine) and Maillard reaction products as precursors of mutagenic compounds: Effects of various amino acids”, *Food Chemistry*, 12, 255–264.
- Kajak-Siemaszko, K., Aubry, L., Peyrin, F., Bax, M.L., Gatellier, P., Astruc, T., Przybylski, W., Jaworska, D., Gaillard-Martinie, B. and Sante-Lhoutellier, V. 2011. “Characterization of protein aggregates following a heating and freezing process”, *Food Research International*, 44, 3160–3166.
- Kaya, M. 2021. Et teknolojisi ders notu, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Keşkekoğlu, H., Üren, A. 2014. “Inhibitory effects of pomegranate seed extract on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef and chicken meatballs after cooking by four different methods”, *Meat Science*, 96, 1446-1451.
- Kılıç, B. and Richards, M. 2003. “Lipid oxidation in poultry döner kebab: Pro-oxidative and anti-oxidative factors”, *Journal of Food Science*, 68(2), 1-5.
- Kilic, S., Oz, E., and Oz, F. 2021. “Effect of turmeric on the reduction of heterocyclic aromatic amines and quality of chicken meatballs”, *Food Control*, 108189.
- Korkmaz, A., and Oz, F. 2020. “Effect of the use of dry breadcrumb in meatball production on the formation of heterocyclic aromatic amines”, *British Food Journal*.
- Labensky, S. R., Hulse, A. M. 2007. “On cooking” (4th ed.). New York, NY: Prentice Hall.
- Larrea, V., Hernando, I., Quiles, A., Lluch, M. A. “Perez-Munuera, I. 2006. “Changes in proteins during Teruel dry-cured ham processing”, *Meat Science*, 74, 586–593.
- Laser Reuterswärd, A., Skog, K. and Jägerstad, M. 1987a. “Effects of creatine and creatinine content on the mutagenic activity of meat extracts, bouillons and gravies from different sources”, *Food and Chemical Toxicology*, 25 (10), 747- 754.
- Laser Reuterswärd, A., Skog, K. and Jägerstad, M. 1987b. “Mutagenicity of pan-fried bovine tissues in relation to their content of creatine, creatinine, monosaccharides and free amino acids”, *Food and Chemical Toxicology*, 25 (10), 755-762.
- Lawrie, R. A. 1998. “The conversion of muscle to meat. In R. A. Lawrie (Ed.), *Lawrie’s*”, *Meat Science* (pp. 96–118), Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.
- Lepper-Bllilie, A. N., Berg, E. P., Buchanan, D. S., Keller, W. L., Maddock-Carlin, K. R. and Berg, P. T. 2014. “Effectiveness of oxygen barrier oven bags in low temperature cooking on reduction of warmed-over flavor in beef roasts”, *Meat Science*, 96(3), 1361-1364.
- Marcos, B., Kerry, J. P., Mullen, A. M. 2010. “High pressure induced changes on sarcoplasmic protein fraction and quality indicators”, *Meat Science*, 85, 115-120.

- Marino, R., Albenzio, M., Malva, A., Caroprese, M., Santillo, A. and Sevi, A. 2014. "Changes in meat quality traits and sarcoplasmic proteins during aging in three different cattle breeds", *Meat Science*, 98, 178–186.
- Martens, H., Stabursvik, E., Martens, M. 1982. "Texture and colour changes in meat during cooking related to thermal denaturation of muscle proteins", *Journal of Texture Studies*, 13, 291-309.
- Mena, B., Fang, Z., Ashman, H., Hutchings, S., Ha, M., Shand, P. J., Warner, R. D. 2020. "Influence of cooking method, fat content and food additives on physicochemical and nutritional properties of beef meatballs fortified with sugarcane fibre", *International Journal of Food Science and Technology*, 55, 2381-2390.
- 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.
- Murphy, R. Y., Marks, B. P. 2000. "Effect of meat temperature on proteins, texture, and coom loss for ground chicken breast patties", *Poultry Science*, 79, 99-104.
- Nagao, M., Honda, M., Seino, Y., Yahagi, T., Sugimura, T. 1977. "Mutagenicities of smoked condensates and the charred surface of fish and meat", *Cancer Letters*, 2, 221-226.
- Öz, E. 2021a. "The impact of fat content and charcoal types on quality and the development of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons and heterocyclic aromatic amines formation of barbecued fish", *International Journal of Food Science & Technology*, 56(2), 954-964.
- Öz, E. 2021b. "The presence of polycyclic aromatic hydrocarbons and heterocyclic aromatic amines in barbecued meatballs formulated with different animal fats", *Food Chemistry*, 352, 129378.
- Öz, E. 2021c. "Sous-vide pişirme yönteminin etin tekstür SDS-PAGE profili açısından bazı geleneksel pişirme yöntemleriyle karşılaştırılması". Atatürk Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri, Sonuç Raporu, Proje No: 8555.
- Öz, E., Kaya, M. 2019. "The proteolytic changes in two different types of pastırma during the production", *Journal of Food Processing and Preservation*, 43 (8), e14042.
- Öz, F. 2011. "Quantitation of heterocyclic aromatic amines in ready to eat meatballs by ultra-fast liquid chromatography", *Food Chemistry*, 126, 2010-2016.
- Öz, F., Kaya, M. 2011a. "Heterocyclic aromatic amines in meat", *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(6), 739-753.
- Öz, F., Kaya, M. 2011b. "The inhibitory effect of red pepper on heterocyclic aromatic amines in fried beef *longissimus dorsi* muscle", *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(6), 806-812.
- Öz, F., Kızıl, M. and Çelik, T. 2016. "Effects of different cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines in goose meat", *Journal of Food Processing and Preservation*, 40,1047-1053.
- Öz, E. 2018. "Kas tipinin pastırmanın proteolitik değişimleri ve bazı kalitatif özelliklerine etkisi". Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı,121, Erzurum.
- Öz, F. 2006. "Farklı sıcaklıklarda pişirilen taze et ürünlerinde baharat kullanımının heterosiklik aromatik aminlerin oluşumu üzerine etkisi". Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı,100, Erzurum.

- Öz, F. and Zikirov, E. 2015. "The effects of sous-vide cooking method on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chops", *LWT-Food Science and Technology*, 64, 120–125.
- Öz, F. and Kotan, G. 2016. "Effects of different cooking methods and fat levels on the formation of heterocyclic aromatic amines in various fishes", *Food Control*, 67, 216-224.
- Öz, F. and Yüzer, M.O. 2016. "The effects of cooking on wire and stone barbecue at different cooking levels on the formation of heterocyclic aromatic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in beef chop", *Food Chemistry*, 203, 59-66.
- Öz, F., Kaban, G. and Kaya, M. 2010a. "Effects of cooking methods and levels on formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and fish with Oasis extraction method", *LWT - Food Science and Technology*, 43(9), 1345-1350.
- Öz, F., Kaban, G., and Kaya, M. 2010b. "Heterocyclic aromatic amine contents of beef and lamb chops cooked by different methods to varying levels", *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9,1436-1440.
- Öz, F., Kizil, M. 2013. "Determination of heterocyclic amines in cooked commercial frozen meat products by ultra-fast liquid chromatography", *Food Analytical Methods*, 6, 1370-1378.
- Öztürk, T. 2019. "Kabak çekirdeği ununun yağ ikamesi ve fonksiyonel ingrediye olarak köfte üretiminde kullanım potansiyeli". Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 69, Samsun.
- Pais, P., Salmon, C. P., Knize, M. G., Felton, J. S. 1999. "Formation of mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in dry-heated model systems, meats, and meat drippings", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 1098-1108.
- Palka, K., Daun, H. 1999. "Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine *M. semitendinosus* during heating", *Meat Science*, 51, 237-243.
- Pang, B., Yu, X., Bowker, B., Zhang, J., Yang, Y., and Zhuang, H. 2021. "Effect of meat temperature on moisture loss, water properties, and protein profiles of broiler pectoralis major with the woody breast condition", *Poultry Science*, 100(2), 1283-1290.
- Puangsoombat, K., Gadgil, P., Houser, T. A., Hunt, M. C., Smith, J. S. 2012. "Occurrence of heterocyclic amines in cooked meat products", *Meat Science*, 90, 739-746.
- Ramirez, M. R., Morcuende, D., Estevez, M. and Lopez, R. C. 2005. "Fatty acid profiles of intramuscular fat from pork loin chops fried in different culinary fats following refrigerated storage", *Food Chemistry*, 92, 159-167.
- Robbana-Barnat, S., Rabache, M., Rialland, E., Fradin, J. 1996. "Heterocyclic amines: occurrence and prevention in cooked food", *Environmental Health Perspectives*, 104(3), 280.
- Rodas-González, A., Larsen, I. L., Uttaro, B., Juárez, M., Parslow, J. and Aalhus, J. L. 2015. "Determination of optimum oven cooking procedures for lean beef products", *Food Science & Nutrition*, 3, 475-485.
- Rodriguez-Estrada, M. T., Penazzi, G., Caboni, M. F., Bertacco, G. and Lercker, G. 1997. "Effect of different cooking methods on some lipid and protein components of hamburgers", *Meat Science*, 45(3), 365-375.
- Rojas, M. C. and Brewer, M. S. 2007. "Effect of natural antioxidants on oxidative stability of cooked, refrigerated beef and pork", *Journal of Food Science*, 72, 282- 288.

- Roldán, M., Antequera, T., Martín, A., Mayoral, A.I. and Ruiz, J. 2013. “Effect of different temperature–time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins”, *Meat Science*, 93(3), 572-578.
- Salim, A. P. A., Wang, Y., Li, S., Conte-Junior, C. A., Chen, J., Zhu, H., Rentfrow, G., and Suman, S. P. 2020. “Sarcoplasmic Proteome Profile and Internal Color of Beef *Longissimus Lumborum* Steaks Cooked to Different Endpoint Temperatures”, *Meat and Muscle Biology*, 4(1).
- Sánchez del Pulgar, J., Gázquez, A. and Ruiz-Carrascal, J. 2012.” Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time”, *Meat Science*, 90(3), 828-835.
- Sante-Lhoutellier, V., Astruc, T., Marinova, P., Greve, E., Gatellier, P. 2008. “Effect of meat cooking on physicochemical state and in vitro digestibility of myofibrillar proteins”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 1488-1494.
- Sanwo, K., Adegoke, A., Akinola, O., Njoku, C., Okolo, S., Oladipo, N., and Oladejo, A. 2019. “Meat Quality Characteristics Of Improved Indigenous Chickens (Funaab-Alpha) fed turmeric (*Curcuma longa*) or clove (*Syzygium aro-maticum*) as feed additives”, *Journal of Agricultural Science and Environment*, 19 (1) ISSN: 2277 – 0755.
- Savaş, A., Oz, E., and Oz, F. 2021. “Is oven bag really advantageous in terms of heterocyclic aromatic amines and bisphenol-A? Chicken meat perspective”, *Food Chemistry*, 355, 129646.
- Sepulveda, C. A., Garmyn, A., Legako, J., Miller, M. F., Garmyn, A. J. and Legako, J. F. 2019. “Cooking method and USDA Quality grade affect consumer palatability and flavor of beef strip loin steaks”, *Meat and Muscle Biology*, 3(1).
- Serrano, A., Librelotto, J., Cofrades, S., Sánchez-Muniz, F. J. and Jiménez-Colmenero, F. 2007. “Composition and physicochemical characteristics of restructured beef steaks containing walnuts as affected by cooking method”, *Meat Science*, 77(3), 304-313.
- Shubert, DM. 2016. “Discovering consumer preferences for steak thickness and common food service cookery methods for beef strip loin steaks”. Ph.D. dissertation, Colorado State Univ., Department of Animal Sciences, 54, Colorado.
- Skog, K. 2002. “Problems associated with the determination of heterocyclic amines in cooked foods and human exposure”, *Food and Chemical Toxicology* 40, 11971203.
- Skog, K., Johansson, M., Jägerstad, M. 1998. “Carcinogenic heterocyclic amines in model systems and cooked foods: a review on formation, occurrence and intake”, *Food and Chemical Toxicology*, 36, 879-896.
- Skog, K., Solyakov, A. 2002. “Heterocyclic amines in poultry products: A literature review”, *Food and Chemical Toxicology*, 40, 1213-1221.
- Skog, K., Solyakov, A. and Jägerstad, M. 2000. “Effects of heating conditions and additives on the formation of heterocyclic amines with reference to aminocarbols in a meat juice model system”, *Food Chemistry*, 68, 299-308.
- Sugimura, T., Adamson, R. H. 2000. *Heterocyclic aromatic amines*. Baffins Lane, Chichester, West Sussex, 373, England.
- 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, New Jersey:Princeton Scientific Publishing Co.

- Suleman, R., Hui, T., Wang, Z., Liu, H., Zhang, D. 2020. “Comparative analysis of charcoal grilling, infrared grilling and superheated steam roasting on the colour, textural quality and heterocyclic aromatic amines of lamb patties”, *International Journal of Food Science and Technology*, 55, 1057-1068.
- Syad, T., Morzel, M., Chambon, C., Franck, M., Figwer, P., Larzul, C., Roy, P.L., Monn, G., Chereil, P., Laville, E. 2006. “Proteome analysis of the sarcoplasmic fraction of pig *Semimembranosus* muscle: Implications on meat color development”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 2732-2737.
- Szterk, A. 2015. “Heterocyclic aromatic amines in grilled beef: the influence of free amino acids, nitrogenous bases, nucleosides, protein and glucose on HAAs content”, *Journal of Food Composition and Analysis*, 40,39-46.
- Taşkıran, M., Olum, E., and Candoğan, K. 2020. “Changes in chicken meat proteins during microwave and electric oven cooking”, *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(2), e14324.
- Tengilimoglu-Metin, M. M., and Kizil, M. 2017. “Reducing effect of artichoke extract on heterocyclic aromatic amine formation in beef and chicken breast meat”, *Meat science*, 134, 68-75.
- Tengilimoglu-Metin, M. M., Hamzalioglu, A., Gokmen, V., and Kizil, M. 2017. “Inhibitory effect of hawthorn extract on heterocyclic aromatic amine formation in beef and chicken breast meat”, *Food research international*, 99, 586-595.
- Toldra, F. 2010. *Handbook of meat processing* (1st Ed.) Wiley-Blackwell publication USA.
- Tornberg, E. 2005. “Effects of heat on meat proteins- Implications on structure and quality of meat products”, *Meat Science*, 70, 493-508.
- Tornberg, E., Andersson, K. and Josell, Å. 1997. “The rheological properties of whole and minced meat during cooking as related to sensory and structural characteristics. In Proceedings of the 1st international symposium on food rheology and structure”, 16-20/3, Zurich.
- Turhan, S., Yazici, F., Saricaoglu, F. T., Mortas, M. and Gencelep, H. 2014. “Evaluation of the nutritional and storage quality of meatballs formulated with bee pollen”, *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34,4, 423- 433.
- Viegas, O., Novo, P. and Pinto O., Ferreira I. M. P. L. V. O. 2012. “Effect of charcoal types and grilling conditions on formation of heterocyclic aromatic amines (has) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in grilled muscle foods”, *Food and Chemical Toxicology*, 50(6), 2128-2134.
- Warner, R. D., McDonnell, C. K., Bekhit, A. E. D., Claus, J., Vaskoska, R., Sikes, A., Dunshea, F.R., Ha, M. 2017. “Systematic review of emerging and innovative technologies for meat tenderization”. *Meat Science*, 132, 72–89.
- Wen, S., Zhou, G., Li, L., Xu, X., Yu, X., Bai, Y. and Li, C. 2015. “Effect of cooking on in vitro digestion of pork proteins: A peptidomic perspective”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 250–261.
- Xu, Y., Li, H., Liang, J., Ma, J., Yang, J., Zhao, X., Zhao, W., Ba, W., Zeng, X. and Dong, H. 2021. “High-throughput quantification of eighteen heterocyclic aromatic amines in roasted and pan-fried meat on the basis of high-performance liquid chromatography-quadrupole-orbitrap high resolution mass spectrometry”, *Food Chemistry*, 361, 130147.

- Yoo, J. H., Kim, J. W., Yong, H. I., Baek, K. H., Lee, H. J. and Jo, C. 2020. "Effects of searing cooking on sensory and physicochemical properties of beef steak", Food science of animal resources, 40(1), 44.
- Zeng, M., Wang, J., Zhang, M., Chen, J., He, Z., Qin, F. et al. 2018. "Inhibitory effects of Sichuan pepper (*Zanthoxylum bungeanum*) and sanshoamide extract on heterocyclic amine formation in grilled ground beef patties", Food chemistry, 239,111-8.
- Zhu, X., Kaur, L., Staincliffe, M., Boland, M. 2018. "Actinidin pretreatment and sous vide cooking of beef brisket: Effects on meat microstructure, texture and in vitro protein digestibility", Meat Science, 145,256-265.
- Zikirov, E. 2014. "Sous-vide pişirme yönteminin sığır etinde heterosiklik aromatik amin oluşumu ve bazı kalitatif kriterler üzerine etkisi", Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 88, Erzurum.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Sare KILIÇ
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	
Önlisans:	
Lisans:	
Yüksek Lisans:	
Makale	
-Kilic, S., Oz, E., & Oz, F. (2021). Effect of turmeric on the reduction of heterocyclic aromatic amines and quality of chicken meatballs. <i>Food Control</i> , 108189.	
Proje	
-TÜBİTAK Proje No:120O419 Mühürleme İşleminin Etin Tekstür, Protein Profili ve Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Etkisi	
Bildiriler	
-KILIÇ, S & ÖZ, F. 2019. Veteriner İlaç Kalıntıları: ICAFOP, Trabzon. -KILIÇ, S & ÖZ, F. 2019. Beslenmede Et Yağlarının Önemi: ICAFOP, Trabzon. -KILIÇ, S & ÖZ, F. 2020. Et Ürünleri İşleme Teknolojisinde Zerdeçal Kullanımı: EurasianSciEnTech, Gaziantep. -KILIÇ, S., ÖZ, E., TURHAN, S., & ÖZ, F. 2021. The Effect of Different Searing Degrees on the Color Properties of Cooked Meat: CMES, Van.	
Sertifika	
-ISO 22000: 2018 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi -ISO 22000: 2018 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi İç Denetçi -BRC Gıda Güvenliği Global Standardı	