



**KURU OLGUNLAŖTIRILMIŖ SIĞIR ETİNİN
ÇEŖİTLİ KALİTE PARAMETRELERİ VE
KOLESTEROL OKSİDASYON ÜRÜNLERİ
BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Zeynep ELBİR

Danışman: Prof. Dr. Fatih ÖZ

Doktora Tezi

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

2025

Her hakkı saklıdır

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KURU OLGUNLAŞTIRILMIŞ SIĞIR ETİNİN ÇEŞİTLİ KALİTE
PARAMETRELERİ VE KOLESTEROL OKSİDASYON ÜRÜNLERİ BAKIMINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

(Evaluation in Terms of Various Quality Parameters and Cholesterol Oxidation Products of
Dry Aged Beef Meat)

DOKTORA TEZİ

Zeynep ELBİR

Prof. Dr. Fatih ÖZ

Erzurum

Şubat, 2025

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI

KURU OLGUNLAŞTIRILMIŞ SIĞIR ETİNİN ÇEŞİTLİ KALİTE PARAMETRELERİ VE
KOLESTEROL OKSİDASYON ÜRÜNLERİ BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Prof. Dr. Fatih ÖZ danışmanlığında, Zeynep ELBİR tarafından hazırlanan bu çalışma, 07/02/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Gıda Mühendisliği Bilim Dalı'nda doktora tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (5./0)** ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. İsmail YILMAZ <i>Namık Kemal Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Danışman:	Prof. Dr. Fatih ÖZ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Hüseyin GENÇCELEP <i>Ondokuz Mayıs Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Haydar KILIÇ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır

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

Prof.Dr. Alper NUHOĞLU
Enstitü Müdürü
Aslı Islak İmzalıdır

Bu çalışma "BAP Temel Araştırma Projesi" kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: FBA-2022-10215

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Doktora Tezi olarak **Prof. Dr. Fatih ÖZ** danışmanlığında sunulan “**Kuru Olgunlaştırılmış Sığır Etinin Çeşitli Kalite Parametreleri ve Kolesterol Oksidasyon Ürünleri Bakımından Değerlendirilmesi**” 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	7	30
Kuramsal Temeller	0	30
Materyal ve Metot	6	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	6	20
Sonuçlar	5	20
Tezin Geneli	7	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
Zeynep ELBİR	Prof. Dr. Fatih ÖZ
21.1.2025	21.1.2025
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

Lisansüstü eğitimim boyunca desteğini benden hiç esirgemeyen, doktora tezi olarak sunduğum bu çalışmanın yürütülmesinde bilgisi, hoşgörüsü ve tecrübelerinden yararlandığım çok kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Fatih ÖZ'e içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın yürütülmesinde görüş ve önerileriyle yol gösteren Tez İzleme Komitesi Üyeleri Sayın Doç. Dr. Haydar KILIÇ ve Sayın Doç. Dr. Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ'a ve yine tecrübe ve desteğini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Emel ÖZ'e emekleri için teşekkürü bir borç bilirim. Kolesterol oksidasyon ürün standartlarının temini hususunda yardım eden Atina Ulusal ve Kapodistrian Üniversitesi'nden (Yunanistan) Prof. Dr. Charalampos Proestos'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamın laboratuvar aşamasında yardım ve desteklerini gördüğüm ekip arkadaşlarım Arş. Gör. Dr. Elif EKİZ TERZİOĞLU'na, Dr. Adem SAVAŞ'a ve bu süreçte bana destek olan gıda mühendisi olarak görev yaptığım Erzurum Atatürk Üniversitesi Yemekhanesi çalışanlarına teşekkür ederim.

Tez çalışmamı tüm hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli annem Bedriye ELBİR'e, merhum babam Ömer Lütfü ELBİR'e, değerli kardeşlerim Yunus Emre ELBİR ile Beyzanur Züleyha ELBİR'e ve hoşgörü ve desteğini benden esirgemeyen sevgili nişanlım Buğra SEKBAN'a sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunar, doktora tezimi armağan etmekten gurur duyarım.

Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne (Proje No: FBA-2022-10215) desteklerinden dolayı teşekkür etmeyi borç bilirim.

Zeynep ELBİR

ÖZET

DOKTORA TEZİ

KURU OLGUNLAŞTIRILMIŞ SIĞIR ETİNİN ÇEŞİTLİ KALİTE PARAMETRELERİ VE KOLESTEROL OKSİDASYON ÜRÜNLERİ BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Zeynep ELBİR

Danışman: Prof. Dr. Fatih ÖZ

Amaç: Mevcut araştırmada, kuru olgunlaştırma işleminin (15 ve 30 gün), sığır etinin çeşitli kalite parametreleri (ağırlık ve tıraşlama kaybı, su içeriği, pH, ham yağ, yağ asidi kompozisyonu, lipid oksidasyonu ve renk) ile kolesterol ve kolesterol oksidasyon ürünleri (5,6 α -epoksikolesterol, 20 α -hidroksikolesterol ve 25-hidroksikolesterol) üzerine etkisi incelenmiştir.

Yöntem: Araştırmada, Erzurum Et ve Süt Kurumu'nda gerçekleştirilen kesim sonrası bir gün süreyle dinlendirilmiş erkek sığır karkaslarına ait *M. Longissimus thoracis et lumborum* kasları materyal olarak kullanılmıştır. Bir grup et parçası, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmayarak kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Diğer iki parça ise belirli koşullar altında (2 $\pm$ 0,5 °C, %75 $\pm$ 1 bağıl nem, 0,2 $\pm$ 0,05 m/s hava sirkülasyonu) kuru olgunlaştırma işlemine (15 ve 30 gün) tabi tutulmuştur. Araştırma üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Olgunlaştırma işleminin örneklerin ağırlık ve tıraşlama kaybı, su, ham yağ, palmitik asit, stearik asit, Σ SFA, palmitoleik asit, oleik asit, Σ MUFA, lipid oksidasyonu, L^* , a^* , 5,6 α -epoksikolesterol ve 25-hidroksikolesterol üzerine çok önemli ($P<0,01$); pH, linoleik asit ve Σ PUFA üzerine önemli ($P<0,05$) etkisinin olduğu belirlenirken, b^* ve kolesterol üzerine ise önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0,05$) tespit edilmiştir. Olgunlaştırma işlemi, hammaddeye kıyasla örneklerin su içeriğinde, L^* ve a^* değerlerinde azalmaya, pH ve TBARS değerlerinde ise artışa neden olmuştur. Kuru olgunlaştırma işleminin et örneklerinin Σ SFA içeriğini azalttığı ve Σ MUFA içeriğini artırdığı belirlenmiştir. Hammadde ile farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan örneklerin kolesterol içeriklerinin 3,89 ile 6,51 mg/g yağ (32,89 ile 45,51 mg/100 g et) arasında değiştiği belirlenmiştir. 15 gün boyunca gerçekleştirilen kuru olgunlaştırma işleminin, kontrol grubu örneklerle kıyasla kolesterol oksidasyon ürünlerinin içeriklerini artırdığı, buna karşın 30 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan örneklerin kolesterol oksidasyon ürünleri içeriklerinin kontrol grubunun içeriklerinden farklı olmadığı ($P>0,05$) tespit edilmiştir.

Sonuç: Kuru olgunlaştırma işleminin, etlerin çeşitli kalite kriterlerini etkilediği, kolesterol içeriği üzerine önemli bir etkisinin olmadığı, ancak 15 gün boyunca gerçekleştirilen kuru olgunlaştırma işleminin kolesterol oksidasyon ürünlerinin fazlaca oluşmasına neden olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, kolesterol oksidasyon ürünleri açısından daha güvenilir bir et elde etmek amacıyla 30 gün boyunca kuru olgunlaştırma işleminin etlere uygulanabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kuru olgunlaştırma, et, yağ asidi kompozisyonu, lipid oksidasyonu, kolesterol, kolesterol oksidasyon ürünleri

Şubat 2025, 73 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. THESIS

EVALUATION IN TERMS OF VARIOUS QUALITY PARAMETERS AND CHOLESTEROL OXIDATION PRODUCTS OF DRY AGED BEEF MEAT

Zeynep ELBİR

Supervisor: Prof. Dr. Fatih ÖZ

Purpose: In the present study, the effect of dry aging process (15 and 30 days) on various quality parameters (weight and trim loss, water content, pH, crude fat, fatty acid composition, lipid oxidation, and color), cholesterol and cholesterol oxidation products (5,6 α -epoxycholesterol, 20 α -hydroxycholesterol and 25-hydroxycholesterol) of beef was investigated.

Method: In the current study, *M. Longissimus thoracis et lumborum* muscles obtained from male beef carcasses that were rested for one day after slaughtering in Erzurum Meat and Milk Institution were used as material. One group was not subjected to dry aging process and evaluated as the control group. The other two pieces were subjected to dry aging process (15 and 30 days) under certain conditions ($2\pm0,5$ °C, $75\pm1\%$ relative humidity, $0,2\pm0,05$ m/s air circulation). The study was carried out in three replicates.

Findings: It was determined that the dry aging process had a very significant effect ($P<0,01$) on the weight and trim loss, water, crude fat, palmitic acid, stearic acid, Σ SFA, palmitoleic acid, oleic acid, Σ MUFA, lipid oxidation, L^* , a^* , 5,6 α -epoxycholesterol and 25-hydroxycholesterol of the samples; it was determined that it had a significant effect ($P<0,05$) on pH, linoleic acid and Σ PUFA, while it did not have a significant effect ($P>0,05$) on b^* and cholesterol. The dry aging process caused a decrease in the water content, L^* and a^* values of the samples compared to the raw material, and an increase in the pH and TBARS values. It was determined that the dry aging process decreased the Σ SFA content and increased the Σ MUFA content of the samples. It was determined that the cholesterol contents of the samples dry aged in different periods (15 and 30 days) and the raw material varied between 3,89 and 6,51 mg/g fat (32,89 and 45,51 mg/100 g meat). It was determined that the dry-aged process carried out for 15 days increased the content of cholesterol oxidation products compared to the control group samples, whereas the cholesterol oxidation product content of the samples subjected to dry-aged process for 30 days was not different from the content of the control group ($P>0,05$).

Results: It has been determined that the dry aging process affects various quality criteria of meats, does not have a significant effect on cholesterol content, but dry aging for 15 days causes excessive formation of cholesterol oxidation products. As a result, it is evaluated that dry aging process can be applied to meats for 30 days in order to obtain a more reliable meat in terms of cholesterol oxidation products.

Keywords: Dry aging, meat, fatty acid composition, lipid oxidation, cholesterol, cholesterol oxidation products

February 2025, 73 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
Olgunlaştırma	4
Kolesterol Oksidasyon Ürünleri	7
KURAMSAL TEMELLER.....	14
MATERYAL VE METOT	20
Sığır Eti.....	20
Metot.....	20
Kuru olgunlaştırma işlemi	20
Analizler	20
Ağırlık kaybı ve tıraşlama kayıplarının belirlenmesi	20
Nem içeriği, pH değeri ve ham yağ içeriklerinin belirlenmesi	21
Yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi.....	22
Lipid oksidasyonunun belirlenmesi.....	22
Renk.....	22
Kolesterol miktarının belirlenmesi	22
Kolesterol oksidasyon ürünlerinin belirlenmesi	22
İstatistiksel analiz	23
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	24
Örneklerin Ağırlık ve Tıraşlama Kayıpları	24
Örneklerin Su İçerikleri.....	24
Örneklerin pH Değerleri.....	26
Örneklerin Ham Yağ İçeriği Sonuçları.....	28
Örneklerin Yağ Asidi Kompozisyonu Sonuçları.....	29
Örneklerin Lipid Oksidasyon Sonuçları	34

Örneklerin Renk Değeri Sonuçları	36
Örneklerin Kolesterol İçerikleri	38
Örneklerin Kolesterol Oksidasyon Ürünleri Sonuçları	39
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	45
KAYNAKÇA	49
ÖZGEÇMİŞ	60



TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 1. Enzimatik Kolesterol Oksidasyon Ürünleri.....	10
Tablo 2. Kontrol grubu ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin su içerikleri (%)	25
Tablo 3. Örneklerin su içerikleri ile ilgili varyans analiz sonuçları.....	25
Tablo 4. Örneklerin su içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	26
Tablo 5. Kontrol grubu ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin pH değerleri	26
Tablo 6. Örneklerin pH değerleri ile ilgili varyans analiz sonuçları.....	27
Tablo 7. Örneklerin pH değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	27
Tablo 8. Kontrol grubu ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin ham yağ içerikleri (%)	28
Tablo 9. Örneklerin ham yağ içerikleri ile ilgili varyans analiz sonuçları.....	28
Tablo 10. Örneklerin ham yağ içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	29
Tablo 11. Kontrol grubu ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin yağ asidi kompozisyonu (%)	30
Tablo 12. Örneklerin yağ asidi kompozisyonları ile ilgili varyans analiz sonuçları	30
Tablo 13. Örneklerin yağ asidi kompozisyonlarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	32
Tablo 14. Kontrol grubu ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin TBARS değerleri (mg MDA/kg)	34
Tablo 15. Örneklerin TBARS değerleri ile ilgili varyans analiz sonuçları.....	34
Tablo 16. Örneklerin TBARS değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	35
Tablo 17. Kontrol grubu ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin L*, a* ve b* değerleri.....	36
Tablo 18. Örneklerin renk değerleri ile ilgili varyans analiz sonuçları	36
Tablo 19. Örneklerin renk değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	37
Tablo 20. Kontrol grubu ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin kolesterol içerikleri (mg/g yağ).....	38
Tablo 21. Örneklerin kolesterol içerikleri ile ilgili varyans analiz sonuçları	38
Tablo 22. Örneklerin kolesterol içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları....	39
Tablo 23. Kontrol grubu ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin kolesterol oksidasyon ürünlerine ait içerikleri (µg/g yağ)	40

Tablo 24. Kontrol grubu ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin kolesterol oksidasyon ürün içeriklerine ait varyans analiz sonuçları.....	40
Tablo 25. Kontrol grubu ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin kolesterol oksidasyon ürünlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	41



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Ölüm sonrası pH düşüş hızı ve kapsamının ve et kalitesi özelliklerinin etkisi.....	2
Şekil 2. Kuru olgunlaştırma sürecinde gözlenen ağırlık kaybı	5
Şekil 3. Kolesterolün yapısı.....	8
Şekil 4. Enzimatik olmayan kolesterol oksidasyon ürünleri	9
Şekil 5. Enzimatik ve reaktif oksijen türleri tarafından oluşturulan ana kolesterol oksidasyon ürünleri	11
Şekil 6. Mevcut araştırmada kullanılan hammadde ve farklı sürelerde kuru olgunlaştırılmış etler	21



KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

%	:Yüzde
°C	:Santigrat Derece
m	:metre
s	:Saniye
dk	:Dakika
g	:Gram
Kg	:kilogram
L	:Litre
ml	:mililitre
µg	:mikrogram
µL	:mikrolitre
µmol	:mikromol
mg	:Miligram
M	:molar
ADP	:Adenozin Di Fosfat
ATP	:Adenozin Tri Fosfat
FID	:Alev iyonizasyon dedektörü
GC	:Gas Chromatography
SFA	:doymuş yağ asidi
MUFA	:tekli doymamış yağ asidi
PUFA	:çoklu doymamış yağ asidi
KOH	:potasyum hidroksit
rpm	:Dakikada Dönme Hızı
MDA	:malondialdehit

GİRİŞ

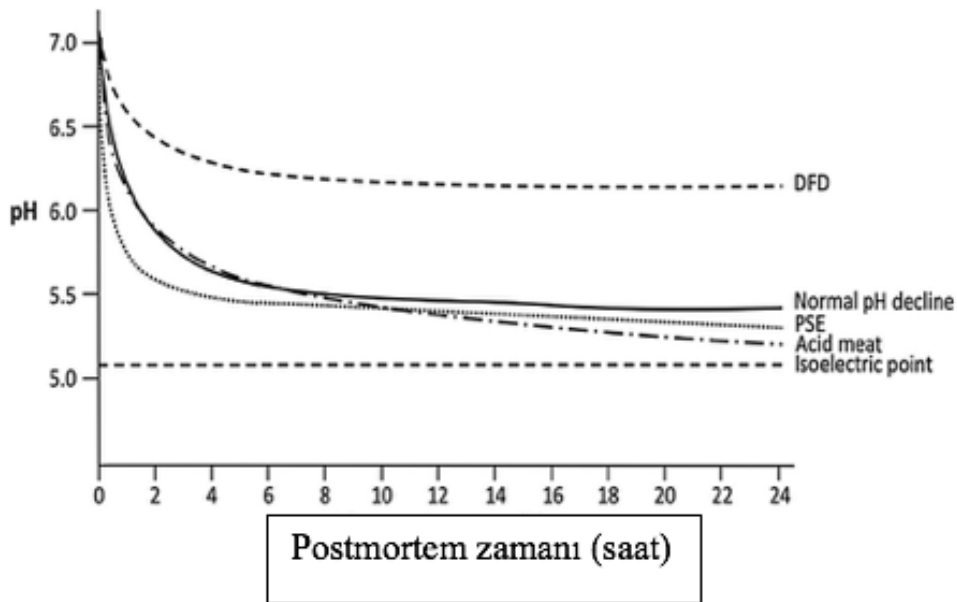
Et, insanlığın başlangıcından beri yaşam boyu sağlık için gerekli protein ve yağ gibi makrobileşikler ile vitamin ve mineral gibi önemli mikrobileşikleri içermesi nedeniyle vazgeçilmez temel gıda maddelerinden biri olmuştur (Williams 2007; Ekmekcioglu *et al.* 2017; Kahraman and Gürbüz 2018). Et, doymuş yağ asitleri ile birlikte, önemli miktarda tekli doymamış (özellikle oleik asit) ve uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar) kaynağı olup uzun zincirli omega-3 çoklu doymamış yağ asidi alımına %20'ye kadar katkıda bulunabildiği belirtilmektedir (Pereira and Vicente 2013). Mikrobileşikler bakımından ise özellikle demir, çinko, selenyum, fosfor ve B grubu vitaminleri açısından zengin bir besin kaynağıdır (Lawrie and Ledward 2006).

Kasaplık hayvanın kesimini takiben ölüm sonrası dönemde gerçekleşen çeşitli biyokimyasal ve fiziksel değişimler neticesinde kas ete dönüşmektedir. Bu süre zarfında, kreatin fosfattan ayrılan inorganik fosfatın ADP'den yeniden ATP oluşturması nedeniyle ATP seviyesi belirli bir süre çok fazla değişmemektedir (Huff-Lonergan *et al.* 2010). Bu süreç, kesim sonrası birkaç dakikadan 30 dakikaya kadar sürebilen pre-rigor fazını oluşturmaktadır. Pre-rigor fazından sonra ölüm sertliği olarak adlandırılan ve maksimum sertliğin meydana geldiği rigor fazı gerçekleşmektedir (Ardıçlı 2018). Kastaki oksijen tükendiğinde, ölüm anında kasta bulunan glikojen ve yüksek enerjili fosfat bileşikler, yalnızca ATP üretimi amacıyla anaerobik olarak metabolize edilmektedir. Anaerobik metabolizma, ATP oluşturmada aerobik metabolizmadan önemli ölçüde az etkili olmaktadır. Sonuç olarak, ATP'nin hidroliz hızı, üretim hızını aşmakta ve bu durum da rigor mortisin başlangıcını tetiklemektedir. Ölüm sonrası metabolizma ilerledikçe, kas yavaş yavaş ATP üretme yeteneğini kaybetmekte ve sonunda tüm ATP molekülleri tükenmektedir. ATP'nin yokluğunda, miyosin aktine geri dönüşü olmayan bir şekilde bağlanarak rigor mortisin tamamlanmasına neden olmaktadır (Matarneh *et al.* 2017; Boland *et al.* 2018). Rigor mortis sığırlarda 12-24 saatte, koyunlarda 8-12 saatte, domuzlarda 3-6 saatte ve kanatlılarda ise 1-4 saatte tamamlanmaktadır (Bender 1992).

Postmortem glikoliz ve ATP hidrolizinin son ürünleri olan laktat ve hidrojen iyonları (H^+), etkili bir eliminasyon mekanizmasının olmaması nedeniyle kasta birikmektedir. Sonuç olarak, kasın pH değeri kademeli olarak yaklaşık 5,6'ya düşmektedir. Kasın asidifikasyonu, myofibriler proteinlerin net yükünü azaltmakta ve izoelektrik noktaya yaklaştırmaktadır (Bender 1992; Lawrie and Ledward 2006; Pearce *et al.* 2011; Matarneh *et al.* 2017; Boland *et*

al. 2018). Ayrıca kasın ete dönüşümü esnasında kısmen ATP'ye bağlı kalsiyum, sodyum ve potasyum pompalarının çalışmaması nedeniyle iyonik kuvvette meydana gelen artış ve hücrenin indirgeyici koşulları sürdürme konusunda yetersiz olması dahil olmak üzere birçok değişiklik meydana gelmektedir (Huff-Lonergan *et al.* 2010).

Ölüm sonrası metabolizmanın hızı ve kapsamı, et kalitesi özelliklerinin gelişimini önemli ölçüde etkilemektedir. Hızlandırılmış, uzatılmış veya ölüm sonrası yetersiz pH düşüşü, et rengini, dokusunu ve su tutma kapasitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Çevresel koşullar ile kesim öncesi ve sonrası işleme gibi faktörler, ölüm sonrası pH düşüşünü önemli ölçüde değiştirebilmektedir. Bu nedenle, ölüm sonrası metabolizmanın hızını ve kapsamını kontrol eden faktörlere dikkat edilmesi, ürün kalitesini olumlu yönde etkileyebilmektedir (Matarneh *et al.* 2017).



Şekil 1. Ölüm sonrası pH düşüş hızı ve kapsamının ve et kalitesi özelliklerinin etkisi (Matarneh *et al.* 2017)

Tüm bu değişiklikler, kas hücresindeki çok sayıda protein üzerinde, özellikle de postmortem olgunlaşma esnasında önemli rol oynayan proteolitik enzimler üzerinde etkili olabilmektedir (Huff-Lonergan *et al.* 2010; Matarneh *et al.* 2017; Boland *et al.* 2018). Kaslardaki ölüm sertliği, maksimum seviyeye ulaştıktan sonra, proteolitik enzimlerin kas ve bağ doku proteinlerini denatüre etmesi ile yavaş yavaş çözülme ve rigor mortis tamamen ortadan kalkmaktadır. Bir dizi enzimatik olay sonucunda şekillenen bu durum; olgunlaşma olarak adlandırılmaktadır (Akkaya 2019). Etin olgunlaşmasında; lizozomal proteazlar (katepsinler), kalsiyuma bağımlı proteazlar (kalpainler) ve protein oksidasyonu (proteazom) olmak üzere 3 önemli proteolitik sistem rol oynamaktadır (Akıncı 2015; Muştı 2019).

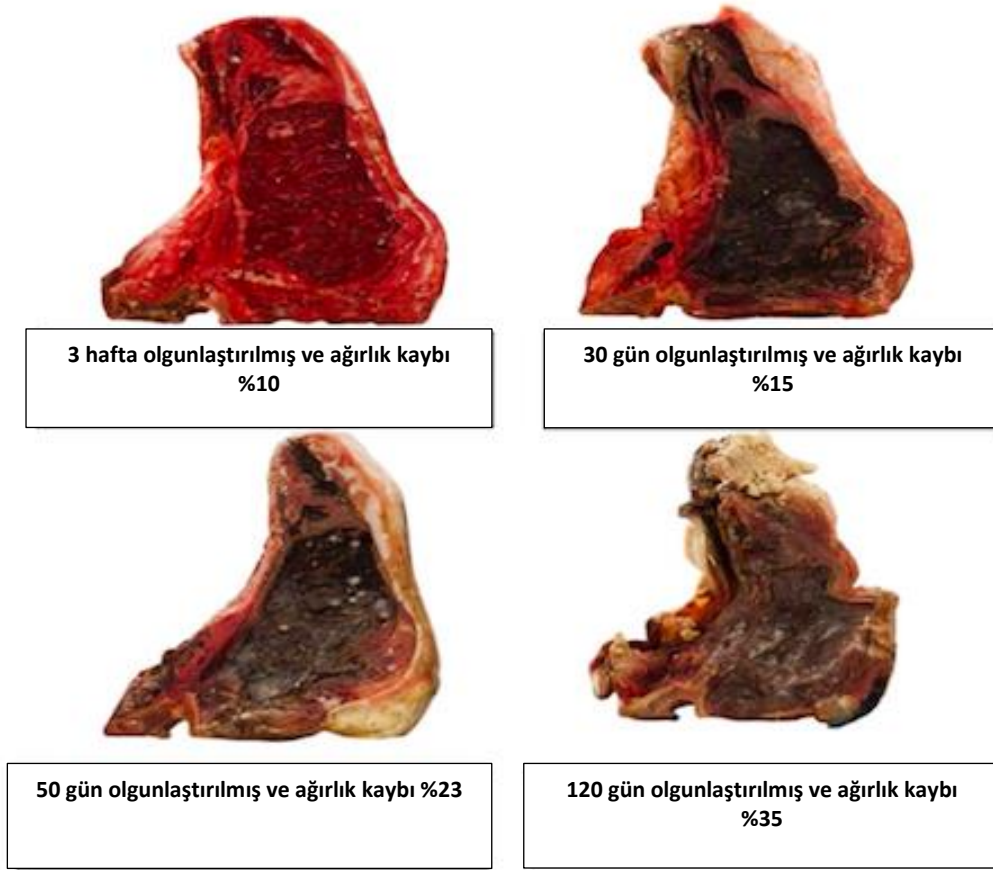
Genel olarak, kesim sonrası ve karkas soğutma sırasındaki koşullara bağlı olarak postmortem olgunlaşma esnasında, endojen enzimlerin proteolitik ve lipolitik aktiviteleri nedeniyle aroma öncülerinin (peptitler, serbest amino asitler ve serbest yağ asitleri) konsantrasyonlarında önemli bir artış gösteren karmaşık bir süreç meydana gelmektedir (Kemp and Parr 2012; Ha *et al.* 2019). Meydana gelen bu süreç neticesinde çeşitli tat oluşumları görülmektedir (Akıncı 2015). Etin sertliği, öncelikle kas liflerinin bileşimi ve kasılma durumundan, bağ dokusunun miktarı ve çözünürlüğünden ve kesim sonrası proteoliz derecesinden etkilenmektedir (Hulánková *et al.* 2018).

Proteinazlar tarafından gerçekleştirilen bir işlem olan kas proteinlerinin proteolizi ile çok sayıda serbest amino asit ve dipeptit oluşmaktadır (Akıncı 2015). Kalpainler etin gevrekleştirilmesine katkıda bulunan önemli enzim gruplarındandır (Koohmaraie 1994; Perry 2012; Boland *et al.* 2018). Kalpainler, Ca^{+2} tarafından aktive edilen enzimler olarak da adlandırılmaktadır (Koohmaraie 1988; Akıncı 2015). Kalpain aktivitesi, kalpastatin adı verilen bir endojen inhibitör tarafından belirlenmektedir. Etin gevrekleştirilmesinde rol alan diğer bir önemli enzim grubu ise katepsinlerdir. Bu enzimler, hem ekzo- hem de endo-peptidazlardan oluşan enzim grubudur ve peptidaz aileleri sistein (katepsinler B, H, L ve X), aspartik (katepsinler D ve E) ve serin (katepsin G) olarak sınıflandırılmaktadır. Katepsinler lizozomlarda bulunmakta ve bu nedenle myofibriler proteinlere erişebilmeleri ve et gevrekliğine katkıda bulunabilmeleri için salınmaları gerekmektedir (Kemp *et al.* 2010). Düşük pH, yüksek sıcaklık ve elektriksel stimülasyonunun lizozomlardan katepsin salınımını hızlandırdığı bildirilmiştir (Boland *et al.* 2018). Proteazom ise sitozol ve çekirdekteki proteinlerin degradasyonu ile bir dizi temel hücresel yolun düzenlenmesinde rol oynayan bir proteaz kompleksidir (Kemp *et al.* 2010). Enzimlerin, et proteinleri üzerinde etki gösterebilmesi için yaklaşık iki hafta kadar bir süreye ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (Perry 2012).

Kas dokusu lipidleri ise esas olarak, yüksek yoğunluklu lipoliz reaksiyonları ile serbest yağ asitlerine indirgenmekte ve daha sonra sekonder lipid oksidasyonuna bağlı olarak uçucu bileşikler oluşmaktadır (Akıncı 2015). Kesim sonrası meydana gelen değişikliklerden biri olan lipolitik reaksiyonlar; doymamış yağ asidi oranı yüksek etlerde önemli değişimlere neden olmaktadır. Kesim sonrası kan dolaşımının durması ile birlikte, sinir sistemi ve hormonal sistem bozulmakta, dokulara vitamin ve antioksidanlar taşınamamaktadır. Dolayısıyla bu durum, yağların oksidasyonuna ve oksidasyon ürünlerinin oluşmasına yol açmaktadır. Ancak ileri derecedeki oksidasyonlar acılaşmaya ve etin kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır (Karaca-Demircioğlu 2011).

Olgunlaştırma

Genel anlamda etin olgunlaştırılması, gevreklik, sululuk ve aroma gibi çeşitli özellikleri geliştirmek amacıyla etin düşük sıcaklıkta belirli süre depolanmasını içeren bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Hedrick *et al.* 1993; Kim *et al.* 2019). Olgunlaştırma teknolojisi, etin gevrekliğini ve lezzetini artırmak, ayrıca tüketicinin kaliteli taze et talebine yönelik beklentisini karşılamak amacıyla son yıllarda gerekli hale gelmiştir (Warren and Kastner 1992; Campbell *et al.* 2001; Laster *et al.* 2008; Veletto *et al.* 2015; Cho *et al.* 2018). Bu kapsamda, kuru ve yaş olgunlaştırma etin olgunlaştırılmasında yaygın olarak kullanılan tekniklerdir (Miller *et al.* 1985; Warren and Kastner 1992; Ahnstrom *et al.* 2006; Veletto *et al.* 2015; Kim *et al.* 2016; Cho *et al.* 2018; Kahraman and Gürbüz 2018; Ha *et al.* 2019). Kuru olgunlaştırma; herhangi bir ambalaj materyali kullanılmadan sığır karkaslarının veya parça etlerin kontrollü sıcaklık, bağıl nem ve hava akışında birkaç hafta hatta aylarca olgunlaşmaya bırakılması süreci olarak tanımlanmaktadır (Campbell *et al.* 2001; Ahnstrom *et al.* 2006; Laster *et al.* 2008; DeGeer *et al.* 2009; Bekhit *et al.* 2013; Veletto *et al.* 2015; Dashdorj *et al.* 2016; Kim *et al.* 2016). Etin ambalajsız bir şekilde 1-3 °C’de yaklaşık 1 ile 5 hafta muhafaza edilmesi kuru olgunlaştırma yönteminin esasını oluşturmaktadır (Kahraman and Gürbüz 2018). Kuru olgunlaştırma prosesi esnasında proteoliz, lipoliz, protein ve lipid oksidasyonunu içeren pek çok biyokimyasal reaksiyon gerçekleşmekte ve neticede tat ve lezzet özellikleri gelişmiş bir et ürünü elde edilmektedir (Warren and Kastner 1992; Dashdorj *et al.* 2016). Ayrıca, olgunlaşma sırasında sığır etinin sahip olduğu doğal enzimler, kas proteinlerinde çeşitli parçalanmalara neden olmakta, böylelikle olgunlaştırma prosesi ile daha gevrek sığır eti elde edilmiş olmaktadır (Kim *et al.* 2019). Öte yandan, et şiringinin fazla olması, kontaminasyon riski, alan gereksinimleri vb. gibi faktörler göz önüne alındığında, kuru olgunlaştırma yönteminin uygulanmasını zor ve maliyetli kılmaktadır (Smith 2007; Li *et al.* 2014; Stenstrom *et al.* 2014; Dashdorj *et al.* 2016; Cho *et al.* 2018). Ancak bahsi geçen dezavantajlara rağmen, kuru olgunlaştırma neticesinde tüketici tarafından arzu edilen yüksek kaliteli sığır etinin elde edildiği de belirtilmektedir (Li *et al.* 2014; Dashdorj *et al.* 2016). Dolayısıyla, kuru olgunlaştırılmış sığır eti lezzetini tercih eden ve bunun için ödeme yapmaya istekli bir tüketici pazarını oluşturmaktadır. Kuru olgunlaştırılmış sığır eti, çoğunlukla kaliteli restoranlarda, lüks marketlerde ve gurme biftek şirketlerinde satışa sunulmaktadır (Stenstrom *et al.* 2014; Dashdorj *et al.* 2016; Galletly 2016).



Şekil 2. Kuru olgunlaştırma sürecinde gözlenen ağırlık kaybı (Dashdorj *et al.* 2016)

1960'lara kadar sığır eti olgunlaştırmak için tek seçenek kuru olgunlaştırma yöntemi iken vakum paketlenmenin gelişmesi üzerine, 1970'lerden itibaren alternatif bir yöntem olarak yaş olgunlaştırma da kullanılmaya başlanmıştır. 1980'lerde ise pazarlanan sığır etinin %90'ından fazlası yaş olgunlaştırma işlemine tabii tutularak pazara sunulduğu belirtilmektedir (Akıncı 2015; Galletly 2016). Yaş olgunlaştırma, etlerin vakum ambalajlandıktan sonra soğuk koşullarda saklanarak olgunlaştırılması olarak ifade edilmektedir (Campbell *et al.* 2001; Ahnstrom *et al.* 2006; Smith *et al.* 2008; DeGeer *et al.* 2009; Bekhit *et al.* 2013; Veletto *et al.* 2015). Bu yöntemde et, birkaç hafta 1-3°C'de vakumlu paketlerde olgunlaştırma işlemine tabi tutulmaktadır. Olgunlaşma süresi 3 ile 90 gün arasında değişiklik göstermektedir (Kahraman and Gürbüz 2018). Yaş olgunlaştırma işlemine tabii tutulmuş etler, kuru olgunlaştırılmış etlerin aromasından farklı kendine özgü bir aromaya sahiptir (DeGeer *et al.* 2009). Yaş olgunlaştırılmış sığır etinin ekşi ve keskin kanlı/serumlu bir tada sahip olduğu belirtilirken, kuru olgunlaştırılmış sığır etinin ise daha aromatik bir tada sahip olduğu belirtilmektedir (Warren and Kastner 1992; Campbell *et al.* 2001; Jeremiah and Gibson 2003; Akıncı 2015; Dashdorj *et al.* 2016; Kim *et al.* 2019;).

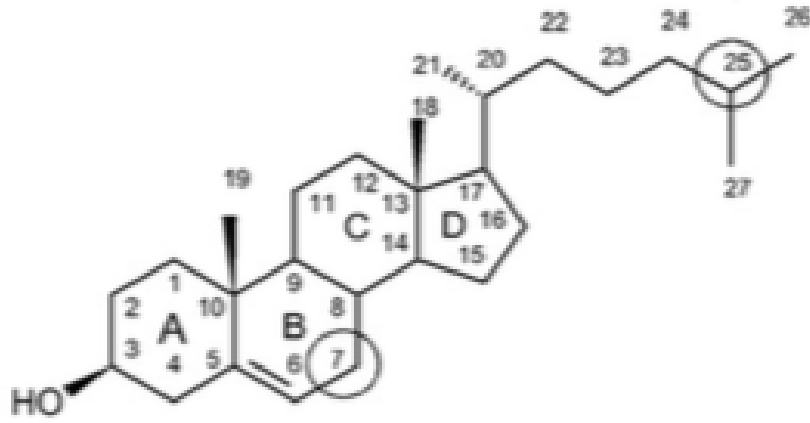
Olgunlaştırma işleminin, eti daha gevrek hale getirdiği pek çok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Minks and Stringer 1972; Parrish *et al.* 1991; Warren and Kastner 1992). Bu kapsamda yapılan çalışmaların bir kısmında, duyuşal ve tekstürel özellikler bakımından kuru olgunlaştırma yönteminin, yaş olgunlaştırma yöntemine kıyasla daha avantajlı olduğu bildirilirken (Hodges *et al.* 1974; Warren and Kastner 1992; Diles *et al.* 1994), diğr bazı araştırmalarda ise ürünün gevrekliğı dışındaki parametreler üzerine olgunlaştırma yönteminin etki etmediğı gösterilmiştir (Minks and Stringer 1972; Davis *et al.* 1975).

Etin arzu edilen özelliklere sahip olması için olgunlaştırma yönteminin yanı sıra olgunlaştırma koşulları da önem arz etmektedir. Etin olgunlaştırma koşulları; olgunlaştırma süresi, sıcaklığı, bağıl nem ve hava akışı gibi parametreleri içermektedir. Bu koşullar lezzet, raf ömrü, mikrobiyal yük, kalite ve ekonomik özellikler ile yakından ilişkilidir (Cho *et al.* 2018; Kahraman and Gürbüz 2018; Lancaster *et al.* 2022). Yaş ve kuru olgunlaştırma uygulamalarında depolama sıcaklığı önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. Özellikle enzimatik reaksiyonların devamlılığının depolama sıcaklığı ile doğru orantılı olduğu belirtilmektedir. Ayrıca depolama sıcaklığının lezzet ile mikrobiyal bozulma ve dolayısıyla raf ömrü üzerine etki eden önemli bir faktör olduğu bildirilmiştir (Smith 2007; Akıncı 2015; Cho *et al.* 2018). Güvenilir ürünler elde etmek için etlerin olgunlaştırılmasında uygun muhafaza süre ve sıcaklığının kullanılması önem arz etmektedir. Bu bağlamda kuru olgunlaştırma işlemi için kullanılan optimum sıcaklığın 0-4°C olduğu rapor edilmiştir (Galletly 2016). Olgunlaştırma prosesinde uygulanan sıcaklık, proses süresini de etkileyebilecek niteliktedir. Bu kapsamda, sığır etinin olgunlaşma süresinin sıcaklığa bağılı olarak önemli ölçüde değiştiğı ve depolama süresinin uzun olması durumunda etin tekstürel ve lezzet özelliklerinin geliştiğı bildirilmiştir (Khan *et al.* 2016). Bununla birlikte, kuru olgunlaştırma işlemi için optimum sürenin 14-21 gün arasında olduğu, yaş olgunlaştırma için ise bu sürenin 0-1°C için 7-10 gün arasında olduğu belirtilmektedir. Olgunlaşma süresi arttıkça lipid oksidasyon seviyesinin artış gösterdiği, bu durumun, protein degradasyon ürünleri ile reaksiyona giren ve olgunlaşmış sığır eti tadını veren ürünlerin salınmasına neden olduğu bildirilmiştir (Galletly 2016; Khan *et al.* 2016). Olgunlaştırma prosesini etkileyen diğr bir faktör olan bağıl nem değeri ise, etlerin kalite özelliklerini olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bağıl nemin yüksek olması durumunda ette bozulmaya neden olabilecek mikroorganizmaların gelişmesine bağılı olarak arzu edilmeyen koku ve tatların oluşabileceğı bilinmektedir. Bağıl nemin düşük olması durumunda ise mikroorganizma gelişimi sınırlandırılmakta, ancak ürün yüzeyindeki yüksek kuruluk miktarına bağılı olarak büzölme ve tıraşlama kaybında ciddi artışlar gözlenmektedir (Perry 2012; Akıncı 2015; Dashdorj *et al.* 2016; Galletly 2016). Etlerin olgunlaşmasını sağlamak için kullanılan soğutma odalarında veya dolaplarında istenilen özelliklerin elde

edilebilmesi için hava akış hızının 0,2 ile 0,5 m/s arasında olması gerektiği belirtilmektedir (Akıncı 2015; Galletly 2016; Kahraman and Gürbüz 2018).

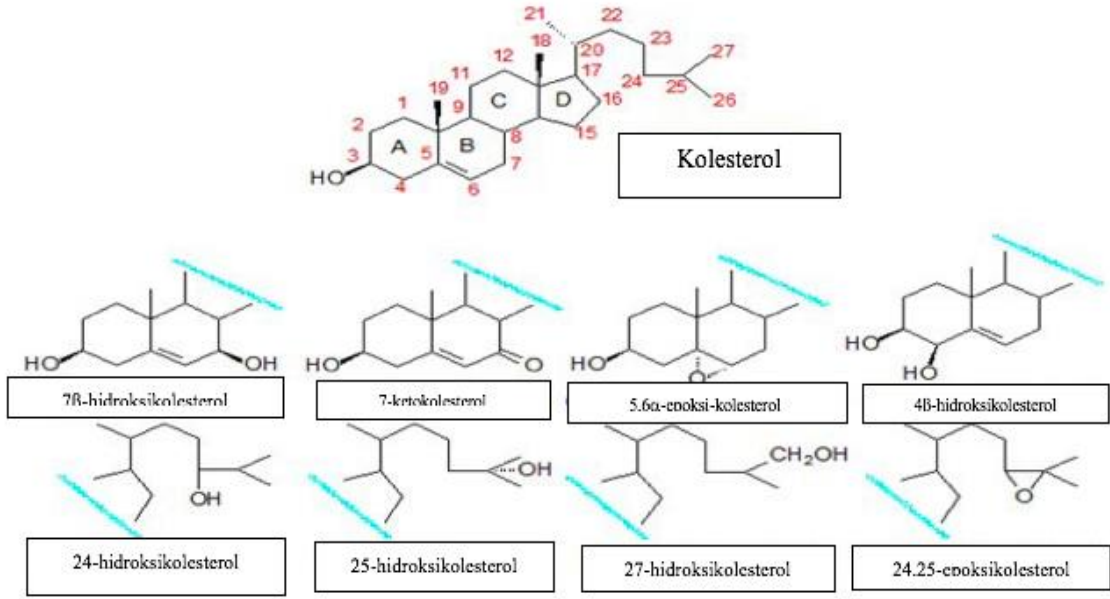
Kolesterol Oksidasyon Ürünleri

Sterol ailesinin esas bileşiği olan kolesterol ($C_{27}H_{46}O$), hücresel plazma zarlarında, belirli hücre içi organellerde ve plazma lipoproteinlerinde yüksek miktarda bulunan, ökaryotik hücrelerde lipid fraksiyonunu temsil eden temel biyokimyasal bileşiktir (Medina-Meza and Barnaba 2013; Maldonado-Pereira *et al.* 2018;). Sahip olduğu besin maddeleri içeriği ile beslenmede önemli bir yeri olan et, 65-80 mg/100 g arasında kolesterol içermektedir (Anonim 2021). Kolesterol, hücre zarının geçirgenliğinin kontrolünde, safra asitleri, D vitamini ve steroid hormonlarının sentezinde görev yapmaktadır. Ayrıca kolesterol, vücuttaki lipidlerin taşınması ve metabolizmasında rol oynayan lipoproteinlerin bileşiminde yer alan önemli bir bileşendir (Roux *et al.* 2000; Seçkin ve Metin 2003; Medina-Meza and Barnaba 2013; Olkkonen *et al.* 2015; Maldonado-Pereira *et al.* 2018). Organizmalar, biyosentez ve diyet yoluyla kolesterol elde etmektedir. Kolesterolün çoğu karaciğer ve diğer dokular tarafından sentezlenmekte, ancak bir kısmı da diyet yoluyla tüketilen kaynaklar vasıtasıyla vücuda alınmaktadır. Kolesterol, serbest formda uzun zincirli yağ asitleri ile birlikte veya kolesterol esterleri olarak bulunabilmektedir (de Oliveira *et al.* 2018). Kolesterol, dört halkalı (A, B, C ve D), C3'te bir hidroksil grubuna, C5 ve C6 pozisyonları arasında bir doymamışlığa ve bir alifatik yan zincire sahip polisiklik alkoldür (Şekil 3) (Hur *et al.* 2007; Mariutti and Bragagnolo 2017). Kolesterolün kimyasal yapısında, A halkasında C5 ve C6 arasında çift bağ bulunması nedeniyle oksidatif süreçlere karşı oldukça hassastır (Otaegui-Arrazola *et al.* 2010; Shazamawati *et al.* 2013; Mariutti and Bragagnolo 2017; de Oliveira *et al.* 2018). Kolesterol oksidasyonunun ürünleri ise kolesterol oksitler veya oksisteroller olarak adlandırılmaktadır (Mariutti and Bragagnolo 2017). Bu steroller yapı olarak kolesterole benzemekte, ancak steroid çekirdeğine eklenen bir hidroksil veya epoksit grubu veya moleküllerin yan zincirine eklenen bir hidroksil grubu gibi ek polar gruplar bulundurdıkları için kolesterolden farklılık göstermektedir (Savage *et al.* 2002; Hur *et al.* 2007; Kulig *et al.* 2016; Mariutti and Bragagnolo 2017). Kolesterolün vücutta birçok önemli işlevi bulunmakla birlikte, yapılan çalışmalar neticesinde biyosentez veya diyetle alınan kolesterolün sağlık üzerinde olumsuz etkiler yapan kolesterol oksidasyon ürünlerine dönüştüğü bilinmektedir.



Şekil 3. Kolesterolün yapısı (Mariutti and Bragagnolo 2017)

Kolesterol oksitler, enzimatik ve enzimatik olmayan olmak üzere iki farklı mekanizma ile oluşabilmektedir (Mariutti and Bragagnolo 2017). Kolesterolün enzimatik olmayan oksidasyonu, yağ asidi otoksidasyonuna benzer şekilde gerçekleşmekte, kolesterolün reaktif oksijen türleri ile etkileşimi, hidrojenin C7 konumundan çıkarılmasına ve C5, C6 ve C7 arasında yer değiştirmiş bir radikal karbon oluşumuna neden olmaktadır (Hur *et al.* 2007; Brown and Jessup 2009; Kulig *et al.* 2016; de Oliveira *et al.* 2018). Etkileşim sonucu oluşan uzun ömürlü radikal, oksijen ile reaksiyona girerek bir kolesterol peroksil radikali (COO) oluşturabilmektedir. Bu radikal, diğer lipid moleküllerinden hidrojeni daha fazla ayırabilmekte ve C7 pozisyonunda OOH kısmı ile nispeten stabil bir kolesterol hidroperoksit (7α - veya 7β -OHCh) oluşumuna yol açmaktadır. 7-OHCh, kolesterolün enzimatik olmayan oksidasyonunun erken aşamalarında oluşan ana oksisteroldür. 7-OHCh türleri başlıca enzimatik olmayan kolesterol oksidasyon ürünleri olmasına rağmen, çoğu dokuda en çok miktarda bulunan enzimatik olmayan oksisteroller olan hidroksi ve ketokolesterolere (sırasıyla 7α - ve 7β -hidroksikolesterol ve 7-ketokolesterol) dönüşmeleri nedeniyle miktarları nispeten düşüktür (Smith 1987; Brown and Jessup 2009; Mariutti and Bragagnolo 2017). Ayrıca 7α - ve 7β -hidroksikolesterol ve 7-ketokolesterol'e ilaveten enzimatik olmayan oksidasyon reaksiyonu ile kolesterol, 5α -, 6α -epoksikolesterol ve 5β -, 6β -epoksikolesterol gibi epoksitler oluşturmakta ve bu bileşikler de sulu ve asidik koşullar altında epoksit halkasının açılmasına bağlı olarak kolestanetriol üretmektedir (Smith 1987; de Oliveira *et al.* 2018). Şekil 4'te enzimatik olmayan kolesterol oksidasyon ürünlerinin yapıları verilmiştir.



Şekil 4. Enzimatik olmayan kolesterol oksidasyon ürünleri (Nadia 2019)

Ayrıca yan zincir oksidasyonu, 25-hidroksikolesterole (25-OHCh) termal olarak indirgenen 25-hidroperoksikolesterol (25-OHCh) oluşturan bir üçüncül karbon olan C25'te meydana gelmektedir (Medina-Meza *et al.* 2011). Ek olarak, yan zincir oksidasyon, C20, C22, C24 ve C27'de monohidroperoksitler ve bunların alkoller, ketonlar, aldehytler ve karboksilik asitler gibi ayrışma ürünlerini de üretebilmektedir (Smith 1987; Mariutti and Bragagnolo 2017; de Oliveira *et al.* 2018).

Hücrede oksidatif strese veya radikal türlere ve öncüllere maruz kalmaya bağlı olarak oluşan reaktif oksijen türlerinin (ROT) varlığı, kolesterolün oksidasyona duyarlılığını artırmaktadır. Bu enzimatik olmayan ROT ile meydana gelen oksidasyon, oksijen, ısı, radyasyon, serbest radikaller, metal iyonları ve diğer faktörlerin varlığı tarafından tetiklenmektedir (Paniangvait *et al.* 1995; Hur *et al.* 2007; Mariutti *et al.* 2008; Min *et al.* 2015).

Kolesterolün enzimatik oksidasyon mekanizması ise karaciğerdeki bir dizi reaksiyon ile sitokrom P-450 enzimi tarafından meydana gelmektedir (Linseisen and Wolfram 1988; Russell 2000; Olkkonen *et al.* 2012). Fizyolojik olarak en önemli oksisteroller, hücrelerde sitokrom P450 ailesine ait mitokondriyal veya endoplazmik retikulum kolesterol hidroksilazlar tarafından üretilmektedir. Bu türler arasında insan serumunda en bol bulunanlar 27-, 24(S)-, 7α- ve 4β-hidroksikolesteroldür (OHCh) (Olkkonen *et al.* 2012). Bunlardan 24(S)-OHCh, merkezi sinir sistemindeki nöronlardan kaynaklanmakta, bu oksisterollerin sentezine bağlı olan sterol homeostazı, kolesterol hidroksilaz CYP46A1 tarafından kataliz edilmektedir. Kolesterolün enzimatik oksidasyonu ile oluşan 7α- ve 27-OHCh tarafından sırasıyla klasik ve asidik safra asidi sentetik yollarının ilk ara maddesi olarak CYP7A1 ve CYP27A1 tarafından

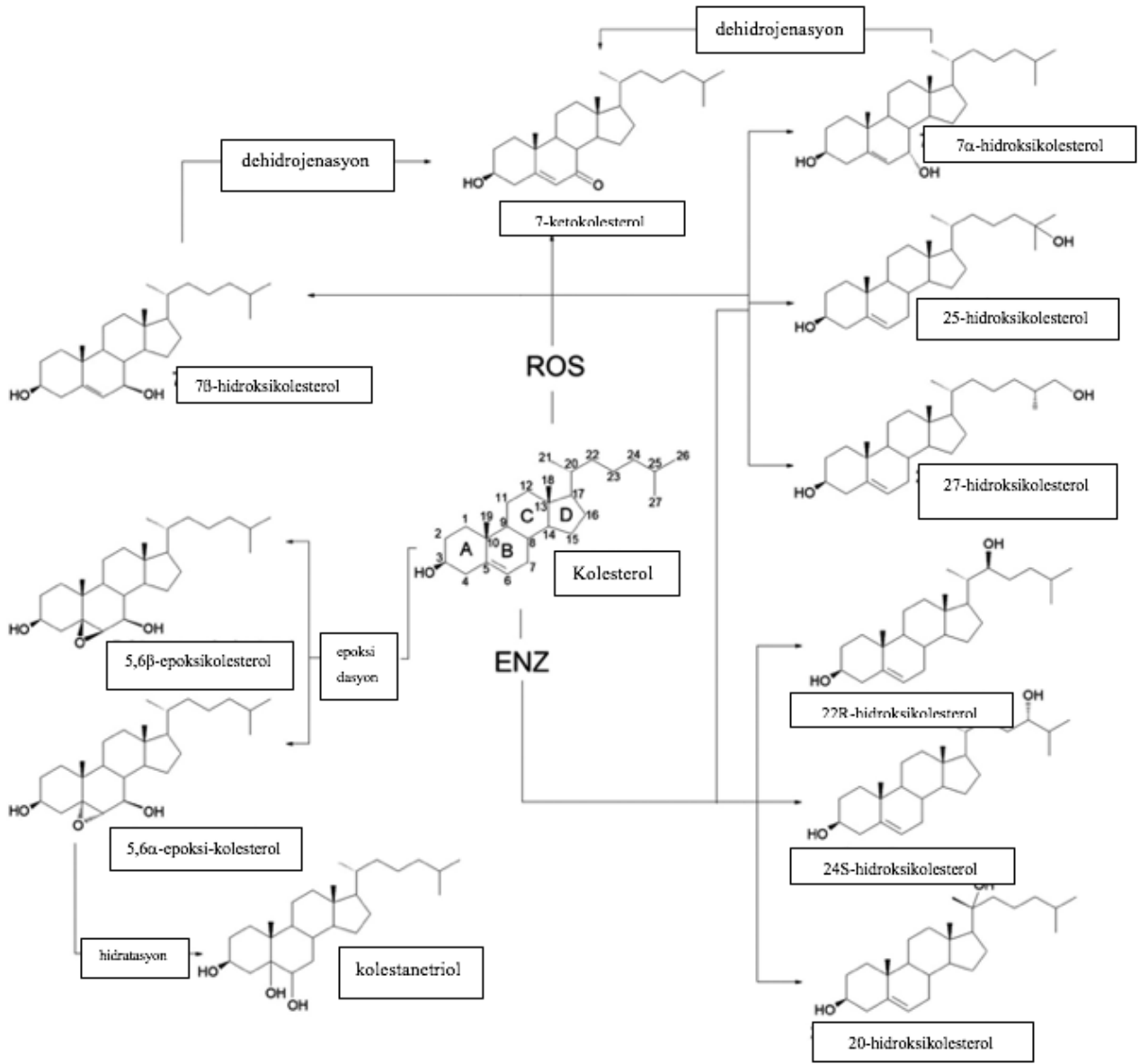
karaciğerde sentezlenmektedir ve CYP27A1 bununla birlikte hepatik olmayan hücrelerde de işlevseldir (Olkkonen *et al.* 2012; Olkkonen *et al.* 2015; Kulig *et al.* 2016). 4 β -OHCh, belirli anti-epileptik ilaçlarla belirgin şekilde indüklenen hepatik ilaç metabolize eden enzim CYP3A4 tarafından üretilmektedir (Olkkonen *et al.* 2012). Tablo 1’de enzimatik kolesterol oksidasyon ürünlerinin isimleri verilmiştir.

Tablo 1. Enzimatik Kolesterol Oksidasyon Ürünleri (Nadia 2019)

Enzim	Kısaltma	Ana Ürün
Sitokrom P450 3A4	CYP3A4	4 β -OHCh
Kolesterol 7 α -hidroksilaz	CYP7A1	7 α -OHCh
Sitokrom P450 scc	CYP11A1	20 α -OHCh
Kolesterol 24-hidroksilaz	CYP46	22-OHCh
Kolesterol 25-hidroksilaz		24(S)-OHCh
Sterol 27-hidroksilaz	CYP27A1	25-OHCh
		27-OHCh

Kolesterol öncüleri ve oksisteroller, kolesterolden daha hidrofilik bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, hücrelerdeki hareketlilikleri ve vücutta dokulara nüfuz etme kabiliyetleri, kolesterolden belirgin şekilde daha yüksek olup, yarı ömürleri ise çok daha kısadır (Olkkonen *et al.* 2015).

Kolesterol oksidasyon ürünleri, endojen ve eksojen kolesterol oksidasyon ürünleri olarak da sınıflandırılmaktadır. Endojen kolesterol oksidasyon ürünleri, safra asidi ve steroid hormon biyosentezinde anahtar ara maddeler olarak veya özellikle oksidatif stres koşulları altında dokularda otoksidasyon ürünleri olarak kabul edilmektedir (Smith 1996; Olkkonen *et al.* 2012). Öte yandan, eksojen kolesterol oksidasyon ürünleri, esas olarak yüksek kolesterol içeren gıdaların tüketilmesiyle vücuda alınmakta ve çeşitli organ ve dokularda kolesterol oksidasyon ürünlerinin birikmesine neden olmaktadır (Ros 2000; Ogino *et al.* 2007; Biasi *et al.* 2013; Maldonado-Pereira *et al.* 2018). Şekil 5’te kolesterolün farklı yollar ile kolesterol oksidasyon ürünlerine dönüşüm mekanizması verilmiştir.



Şekil 5. Enzimatik ve reaktif oksijen türleri tarafından oluşturulan ana kolesterol oksidasyon ürünleri (de Oliveira *et al.* 2018)

Günümüze kadar 80'den fazla kolesterol oksidasyon ürünü tanımlanmıştır. Bununla birlikte, 7-ketokolesterol (7-keto), 6-ketokolesterol (6-keto), 7 α -hidroksikolesterol (7 α -OHCh), 7 β -hidroksikolesterol (7 β -OHCh), 5,6 α -epoksikolesterol (5,6 α -EP), 5,6 β -epoksikolesterol (5,6 β -EP), 25-hidroksikolesterol (25-OHCh), 20-hidroksikolesterol (20-OHCh) ve kolestanetriol (triol) gıdalarda yaygın olarak bulunan kolesterol oksidasyon ürünleri olarak bilinmektedir (Mariutti *et al.* 2008; Min *et al.* 2015). Kolesterol oksitler arasında 7 α -OHCh, 7 β -OHCh, 7-keto ve triol ise en sitotoksik olanlar olarak kabul edilen kolesterol oksitlerdir (Otaegui-Arrazola *et al.* 2010). Öte yandan, gıdalardaki kolesterol oksidasyonunun belirteci olarak genellikle, 7-ketokolesterol (7-keto) kullanılmaktadır (Rodriguez-Estrada *et al.* 1997; Rodriguez-Estrada *et al.* 2014; Mariutti and Bragagnolo 2017). Yapılan çalışmalar,

gıdalardaki kolesterol oksidasyon ürünleri miktarının sıklıkla toplam kolesterolün %1'ine ve bazen %10 veya daha fazlasına ulaşabileceğini göstermiştir (Hur *et al.* 2007).

Gıdalar arasında, et ve et ürünleri (Britt *et al.* 1998; Novelli *et al.* 1998; Al-Ismael 2002; Conchillo *et al.* 2005; Bilska *et al.* 2009), balık (Zunin *et al.* 2001), yumurta ve yumurta ürünleri (Chen *et al.* 2010), süt ve süt ürünleri (Kumar and Singhal 1992; Dionisi *et al.* 1998; Gorassini *et al.* 2017) diyetdeki kolesterol oksidasyon ürünlerinin başlıca kaynakları olarak değerlendirilmektedir (Ogino *et al.* 2007; Mariutti and Bragagnolo 2017). Çeşitli araştırmalar, gıdalardaki kolesterol oksidasyonunun ısı işlem ve depolamanın sonucu olarak gerçekleştiğini göstermiştir (Lee *et al.* 2006; Saldanha *et al.* 2008; Broncano *et al.* 2009; Mazalli and Bragagnolo 2009; Biasi *et al.* 2013; Mariutti *et al.* 2011). Öte yandan, ısı işlem sıcaklığı, ısıtma süresinin uzunluğu, saklama koşulları, mevcut aktivatör seviyesi ve ambalajlama vb. gibi işlemler de oluşan kolesterol oksit seviyesi üzerine etki edebilmektedir (Hur *et al.* 2007).

Kolesterol otooksidasyonu üzerine yapılan çalışmalar oldukça eskiye dayansa da konu ile ilgili sistematik çalışmalar 1960'lardan sonra ivme kazanmış ve özellikle son yıllarda oldukça popüler hale gelmiştir. Kolesterol oksidasyonuna yönelik ilgide gözlenen bu artış, bu ürünlerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini gösteren çalışmalara bağlanmaktadır. Kolesterol oksidasyon ürünleri, kolesterolün biyosentezini (Lund and Bjorkhem 1994) ve diyetle alımını inhibe ederek kolesterolün biyoyararlılığını bozmakta ve neticede hücre zarlarının işleyişini olumsuz yönde etkileyerek hücre ölümlerine neden olmaktadır (Peng *et al.* 1985). Bu nedenle, kolesterol oksidasyon ürünlerinin aterojenik, sitotoksik, mutajenik ve karsinojenik olduğu düşünülmekte (Kumar and Singhal 1991; Ryan *et al.* 2005; Ogino *et al.* 2007; Shazamawati *et al.* 2013; Min *et al.* 2015; Kulig *et al.* 2016; de Oliveira *et al.* 2018;) ve ateroskleroza tetiklemekten sorumlu birincil faktör olarak kabul edilmektedir (Khan *et al.* 2015). Ayrıca Parkinson ve Alzheimer gibi hastalıkların oluşumu kolesterol sentezinde rol alan 3-hidroksi-3-metil-glutaril-CoA redüktazın inhibisyonu ile ilişkili olup (Valenzuela *et al.* 2004; Sottero *et al.* 2009; Kulig *et al.* 2016; Pérez-Andrés *et al.* 2020), Huntington, osteoporoz ve katarakt oluşumu gibi dejeneratif hastalıkların gelişiminde de etkili olmaktadır (Kulig *et al.* 2016; de Oliveira *et al.* 2018). Kolesterol oksidasyon moleküllerinin hücre zarı özelliklerini değiştirdiği ve kolesterol metabolizmasına müdahale ettiği de bilinmektedir (de Oliveira *et al.* 2018). Öte yandan, bu bileşiklerin varlığı Tip 2 diyabet gelişimi (Sottero *et al.* 2015), sensörinöral işitme kaybı, inflamasyon, böbrek sorunları, oküler hastalıklar, osteoporoz ve safra kesesinin kronik süreçleri ile ilişkilendirilmiştir (de Oliveira *et al.* 2018). Bu nedenlerle, kolesterol oksidasyon ürünlerinin gıdalarda bulunma olasılığı ve dolayısıyla insanlar üzerindeki etkileri endişe konusu haline gelmiştir.

Günümüzde çeşitli hayvansal kaynaklı gıda maddeleri, kolesterol içermeleri ve kolesterol oksidasyonunu teşvik ettiği bilinen çeşitli koşullara maruz kalmaları nedeniyle, bu bileşikler yönünden analiz edilmiştir (Hur *et al.* 2007). Bununla birlikte, gıda matrislerinde düşük seviyelerde bulunmaları nedeniyle, sterol oksidasyon ürünlerinin diğer karışan maddelerden ayrılması ve miktarının belirlenmesi oldukça zordur (Valenzuela *et al.* 2004). Bu ürünlerin gıdalardaki seviyesinin belirlenmesinde, kromatografik yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle yüksek kolesterol içeriğine sahip ısıtılmış veya depolanmış gıdalardaki kolesterol oksidasyonunun belirlenmesinde genellikle gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) kullanılmaktadır. Bununla birlikte, sterol oksitlerin ayrımında sıvı kromatografiye dayalı ayırma tekniklerinden de faydalanılabilmektedir (Valenzuela *et al.* 2004; Grün and Besseau 2016). Kullanılan yönteme bağlı olmakla birlikte, genel olarak analiz, kolesterol oksidasyon ürünlerinin gıda matrisinden ekstraksiyonu, numune özütünün saflaştırılması, uygun bileşiklere türevlendirme ve uygun bir kromatografik yöntemle miktarının elde edilmesi esasına dayanmaktadır (Shazamawati *et al.* 2013).

Sonuç olarak, lipid oksidasyonu ve kolesterol oksidasyon ürünleri, etin kalitesinde önemli değişiklikler ile sonuçlanan kimyasal ve yapısal değişiklikleri içeren, farklı moleküler değişimlere ve çeşitli sağlık problemlerine neden olabilmektedir. Mevcut araştırmada, kesimden sonra bir gün süreyle dinlendirilmiş sığır karkaslarından çıkarılan *M. Longissimus thoracis et lumbarum* kasının belirli olgunlaştırma koşulları altında ($2^{\circ}\text{C}\pm 0,05$, $\%75\pm 1$ nem, $0,2\pm 0,05$ m/s hava sirkülasyonu) farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmasının, çeşitli et kalite parametreleri (kurumadde, ağırlık kaybı, tıraşlama kaybı, pH, yağ, yağ asidi kompozisyonu, renk, lipid oksidasyonu) ile kolesterol miktarı ve kolesterol oksidasyon ürünlerinin oluşumu üzerine etkisi incelenmiştir.

KURAMSAL TEMELLER

Olgunlaştırma işlemi kısaca; etin doğal enzimatik aktivitesi sayesinde, belirli bir süre düşük sıcaklıklarda depolanarak daha lezzetli ve aromatik hale gelmesi olarak tanımlanabilmektedir (Lancaster *et al.* 2022). Kuru ve yaş olgunlaştırma olmak üzere iki farklı olgunlaştırma yöntemi bulunmaktadır ve her iki yöntem de depolama süresi ve sıcaklığından önemli ölçüde etkilenmektedir. Olgunlaştırma süresi arttıkça etin gevrekliği artmakta ve daha yumuşak bir ürün elde edilse de, süre attıkça oksidasyon seviyesinin artması nedeniyle lipid ve protein oksidasyonu da gerçekleşebilmektedir (Khan *et al.* 2016).

Hayvansal kaynaklı gıdalarda yaygın olarak bulunan ve biyolojik öneme sahip olan kolesterol, yağ asidi oksidasyonuna benzer şekilde okside olmakta ve oksidasyonu artıran oksijen, depolama, sıcaklık, ışık, pH gibi etkenler tarafından okside olarak kolesterol oksidasyon ürünlerinin oluşumuna neden olmaktadır (Maldonado-Pereira *et al.* 2018).

Literatürde kolesterol oksidasyon ürünlerinin oluşumu üzerine pişirme ve depolama işlemlerinin etkisinin incelendiği çeşitli araştırmalar yer almaktadır. Bu kapsamda, Broncano *et al.* (2009) farklı yöntemlerle (ızgara, kızartma, mikrodalga ve kavurma) pişirme işleminin kolesterol oksidasyon ürünleri üzerine etkisini inceledikleri araştırmalarında, hammaddede tespit ettikleri 172,5 µg KOÜ/100 g örnek seviyesindeki kolesterol oksidasyon ürünlerinin, pişirme işlemi neticesinde artış gösterdiğini (325,7-361 µg KOÜ/100 g örnek), bununla birlikte, uygulanan pişirme yönteminin bu ürünlerin miktarı üzerine önemli etkisinin olmadığını rapor etmişlerdir.

Öte yandan, pişirme işleminin kolesterol oksidasyon ürünlerini azalttığını gösteren çalışmalar da literatürde bulunmaktadır. Nitekim, hamburger etlerinin kolesterol oksidasyonu üzerine farklı pişirme yöntemlerinin (fırın, mikrodalga fırın, kaynatma, ızgara, mangalda pişirme, geleneksel fırında pişirme, mikrodalga-fırın kombinasyonu) etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada, çiğ örneklerin pişmiş hamburgerlerden önemli ölçüde yüksek miktarlarda 7-ketokolesterol (23,8 ppm) içerdiği ve bu durumun pişirme işlemi neticesinde gözlenen kolesterol kaybı ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir (Rodriguez-Estrada *et al.* 1997). Benzer şekilde, Lercker and Rodriguez-Estrada (2000), piyasadan temin ettikleri çiğ ve pişmiş et ürünlerinde önemli bir kolesterol oksidasyon ürünü olan 7-ketokolesterol içeriğini incelemişler ve çiğ ve pişmiş et örneklerinde sırasıyla 3,5 ve 1,7-2,5 mg/kg seviyesinde 7-ketokolesterol belirlemişlerdir. Araştırmacılar çiğ et kalitesinin, incelenen bileşiğin miktarı üzerine etki eden önemli bir parametre olabileceğini ve çiğ örneklerde gözlenen yüksek 7-ketokolesterol içeriğinin uzun süreli depolama ile ilişkili olabileceğini rapor etmişlerdir. Pişirme süresi ve

depolamanın sığır ve domuz etlerinin kolesterol oksidasyon ürünleri üzerine etkisinin belirlendiği bir araştırmada ise artan pişirme süresinin sığır etindeki KOÜ seviyesini %21 oranında, domuz etindeki KOÜ seviyesini ise %81 oranında arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca araştırmada -20 °C’de 3 ay boyunca saklanan tüm örneklerde KOÜ miktarının artış gösterdiği de tespit edilmiştir (Pie *et al.* 1991).

Depolama işleminin KOÜ seviyesi üzerine etkisinin irdelendiği diğer bir araştırmada, 4 °C’de depolanan taze ve pişmiş sığır etlerinin KOÜ içeriğinin 2 haftalık depolamadan sonra yaklaşık 6 kat arttığı, ayrıca KOÜ içeriğindeki artışın pişmiş ette taze örneklerle kıyasla daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Ferioli *et al.* 2008).

Conchillo *et al.* (2005), depolama koşullarının KOÜ üzerine etkisini belirledikleri araştırmalarında, -18 °C’de 3 ay süreyle aerobik koşulda depolama ile oluşan toplam kolesterol oksidasyon düzeyinin, vakumda depolanmış çiğ, ızgara edilmiş ve kavrulmuş örneklerle kıyasla sırasıyla 1,6, 5,9 ve 1,94 kat daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Farklı pişirme ve yeniden ısıtma yöntemleri (tavada kızartma, buharda pişirme, fırında ızgara ve mikrodalga) uygulanmış sığır etlerinin 4°C’de 3 ve 6 gün süreyle depolanması sırasında kolesterol oksidasyon ürünlerinin araştırıldığı bir çalışmada, yeniden ısıtma işlemi depolamanın 3. ve 6. günlerinde yapılmış ve tüm numuneler oksijen geçirgen ambalajlarda aerobik olarak paketlenmiştir. 6 günlük depolamadan sonra örneklerin neredeyse tamamının 0. ve 3. gün depolamaya göre daha yüksek toplam KOÜ içerdiği, 6 günlük depolamadan sonra ise tavada kızartma ve yeniden ısıtma işleminin en yüksek KOÜ oluşumuna sebep olduğu tespit edilmiştir (Lee *et al.* 2006).

Pasetti *et al.* (2020) kuru olgunlaştırılmış sığır etinin duyuşal, renk, lipid oksidasyonu ve görsel kabul edilebilirliği üzerine yaptıkları bir çalışmada, sığır *Longissimus thoracis et lumborum* kasına 0, 14 ve 28 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemi uygulamışlardır. Kuru olgunlaştırma işleminin tüketicinin genel kabul edilebilirliğini artırdığı ve olgunlaştırma süresi arttıkça renk olarak kırmızılık düzeyinin arttığını tespit etmişlerdir. Öte yandan, olgunlaştırma işleminin lipid oksidasyonunu artırdığı belirlenirken, 14 gün kuru olgunlaştırılmış sığır etinin en iyi görsele sahip olduğu belirtilmiştir.

Foraker *et al.* (2020) farklı sürelerde (3, 14, 21, 28, 35, 49, 63 gün) hem kuru hem yaş olgunlaştırma işlemine tabii tuttıkları *Longissimus* kasına pişirme işlemi uyguladıkları bir çalışmada, sığır etlerini lezzet, tekstür ve kimyasal değişiklikler bakımından incelemişlerdir. Araştırmacılar, 35 güne kadar lezzette bir değişiklik olmadığını, 35 ile 49 gün arasında yaş olgunlaştırma uygulanan örneklerde yoğun bir ekşi tadın oluştuğunu ve uçucu bileşikler ile aminoasit miktarının ise olgunlaştırma süresi arttıkça arttığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, 28

günden sonra tekstürde bir değişiklik olmadığını, 49 gün ve daha fazla süre ile uygulanan olgunlaştırma işleminde ise sığır etlerinde yumuşaklık artışı olmaksızın lezzetlerinin olumsuz yönde etkilendiği rapor edilmiştir.

Yeme antioksidan etkiye sahip Pinus taeda hidrolize lignin (PTHL) ilavesinin 35 gün kuru olgunlaştırılmış sığır etinin duyusal, kolorimetrik ve oksidatif özellikler üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, kontrol grubunun PTHL takviyesine sahip örneğe kıyasla daha yüksek TBARS değerlerine, duyusal açıdan ise hoş gitmeyen kokuya sahip olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, yeme PTHL eklenmiş ve olgunlaştırılmış sığır etinin oksidatif stabilitesi ile kolorimetrik ve duyusal profilinin iyileştiği bildirilmiştir (Maggiolino *et al.* 2021).

Zhang *et al.* (2021) kuru ve yaş olgunlaştırma kıyaslaması yaptıkları bir çalışmada, kuzu etinin tüketici kabul edilebilirliği, oksidatif stabilite ve *in vitro* sindirilebilirliğini incelemiştir. Kuru olgunlaştırılmış kuzu etinin yaş olgunlaştırılmış olana kıyasla daha yüksek pH, ağırlık kaybı ve daha düşük renk özellikleri (L^* , a^* ve b^*) ile pişirme kaybına sahip olduğu tespit edilirken, kuru olgunlaştırma işlemi neticesinde TBARS değerinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca olgunlaştırma işlemlerinin her ikisi de sindirilebilirlik üzerine etki etmezken, kuru olgunlaştırma işleminin yaş olgunlaştırma işlemine kıyasla daha tercih edilebilir olduğu bildirilmiştir.

Farklı sürelerde (1, 7, 14, 21 gün) kuru ve yaş olgunlaştırılmış domuz etlerinin fizikokimyasal özellikleri ve oksidatif stabilitelerinin incelendiği bir araştırmada, yaş olgunlaştırılmış domuz etlerinin kuru olgunlaştırılmış etlere kıyasla daha yüksek su salımı, L^* değeri ve kesme kuvvetine sahip olduğu bildirilirken, daha düşük TBARS değeri ve protein parçalanmasının meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, araştırmacılar, kuru olgunlaştırma işlemi neticesinde artan su tutma kapasitesi ve azalan kesme kuvveti değerleri ile proteinlerin parçalanmasında artış olduğunu da rapor etmişlerdir (Hwang *et al.* 2018).

Kim *et al.* (2021) kuru olgunlaştırma neticesinde oluşan acılığın mikrobiyal olarak değerlendirilmesi üzerine yaptıkları bir çalışmada, 17 hafta kuru olgunlaştırma işlemi uyguladıktan sonra olgunlaştırma sırasında mikrobiyal floranın sürekli değiştiğini ve acılaşma göstergesi olduğunu bildirmişlerdir. Bu nedenle, kuru olgunlaştırma sürecinde sığır etinde hem TBARS hem de TVBN değerlerinin artış gösterdiğini, özellikle de olgunlaştırmanın 11. haftasından itibaren mikrobiyal floranın önemli düzeyde artış gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Sıcaklık-zaman kombinasyonlarının (4, 6, 8, 10 ve 12 gün ve 3, 5 ve 7 °C) vakum ambalaj içerisinde olgunlaştırılmış *Longissimus lumborum* kaslarının uçucu profilleri ve duyusal özellikleri üzerine yapılan bir çalışmada, genel olarak sıcaklık-zaman kombinasyonlarının uçucu bileşikler üzerine ihmal edilebilir etkilerinin olduğunu, ayrıca bu

kombinasyonların lezzet ve genel beğeni üzerine olumlu etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir (Kilgannon *et al.* 2020).

Kuru ve yaş olgunlaştırılmış sığır etinin fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine pişirme koşullarının etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, 28 gün kuru ve yaş olgunlaştırılan sığır etlerine farklı pişirme yöntemleri (ızgara veya fırın) ve pişirme sıcaklıkları (150°C veya 230°C) uygulanmıştır. Kuru olgunlaştırılmış sığır etlerinin pH değerinin, pişirme yöntemi ve sıcaklığına bağlı olmaksızın, yaş olgunlaştırılmış sığır etlerinin pH değerinden daha yüksek olduğu belirlenirken, TBARS değerlerinin ise yaş olgunlaştırılmış sığır etlerinde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, kuru olgunlaştırılmış sığır etinin her iki sıcaklık derecesi için de fırında pişirme işlemi ile yaş olgunlaştırılmış sığır etinden daha yoğun lezzete sahip olduğu rapor edilmiştir (Lee *et al.* 2021).

Asya ülkelerinde popüler bir et ürünü olan kızarmış ördeğin geleneksel, fanlı ve buharlı fırında pişirilerek kolesterol oksidasyon ürünleri ve heterosiklik aromatik amin (HAA) oluşumu açısından incelendiği bir çalışmada, hem buharlı hem de geleneksel fırında pişirilmiş ördek etinin, fanlı fırından daha yüksek toplam kolesterol oksidasyon ürünleri seviyeleri ürettiği belirlenirken, toplam HAA içeriği açısından hem geleneksel hem de fanlı fırında pişirme işleminin, buharlı fırında pişirme işleminden daha riskli olduğu tespit edilmiştir. Kızarmış ördek eti derisi ile karşılaştırıldığında, kızarmış ördek etinde daha yüksek toplam kolesterol oksidasyon seviyesi tespit edilirken hem ördek derisi hem de eti dikkate alındığında ise, fanlı fırında pişirme işleminin en düşük toplam kolesterol oksidasyon seviyesine neden olduğu rapor edilmiştir (Hsu *et al.* 2020).

Marine erilmiş kemikli domuz etlerinin, marinasyon ve yeniden ısıtma sürelerinin kolesterol oksidasyon ürünleri ve heterosiklik aromatik amin (HAA) oluşumu üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, 1, 4, ve 12. döngülerle 90 g tuz, 70 g soya sosu, 30 g şeker ve 5 g baharat karışımından oluşan marinasyon ile 90 °C’de 30 dakika süreyle pişirilmişlerdir. 12. döngüden sonra, toplam kolesterol oksidasyon ürünleri içeriği deride, deri altı yağda ve yağsız ette 1. döngüden sonra sırasıyla 3.3, 2.0 ve 2.0 kat daha yüksek belirlenirken, toplam HAA içeriği ise deride, deri altı yağda ve yağsız ette 1. döngüden sonra sırasıyla 5.8, 6.0 ve 5.6 kat daha yüksek tespit edilmiştir. Yeniden ısıtma işleminde ise, 95 °C’de 30 dakika veya 121 °C’de 25 dakika yeniden ısıtıldıktan sonra tüm örneklerde hem toplam kolesterol oksidasyon ürünlerinin hem de toplam HAA içeriğinin arttığını ifade etmişlerdir (Guo *et al.* 2020).

Chiu *et al.* (2018) et (tavuk, domuz ve balık) ve hayvansal yağlarda (don yağı, domuz yağı ve tereyağı) kolesterol oksidasyon ürünlerinin belirlenmesi üzerine yaptıkları bir çalışmada, en yüksek kolesterol oksidasyon ürünleri içeriğini balıkta belirlerken, yenilebilir

yağlar içinde ise don yağında, tereyağı ve domuz yağından daha yüksek kolesterol oksidasyon ürünlerinin oluştuğunu rapor etmişlerdir.

Bernardo *et al.* (2020) kuru olgunlaştırma öncesi ve sonrası dondurma işleminin sığır etinin mikrobiyolojik ve fiziksel-kimyasal kalitesi üzerindeki etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, dondurma ve olgunlaştırma işlemlerinin pH ve TBARS değerlerini etkilemediğini, kuru olgunlaştırmadan önce veya sonra dondurmanın sığır eti renk stabilitesini azalttığını rapor etmişlerdir.

Ribeiro *et al.* (2020) olgunlaştırılmış sığır etlerinin renk ve yağ stabilitelerini incelemiş ve yaş olgunlaştırılmış etlerin kuru olgunlaştırılmış etlere kıyasla daha yüksek L*, a*, b* değerlerine ve daha düşük TBARS değerlerine sahip olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı, bağıl nemin kuru olgunlaştırma üzerine etkisini de incelemiş ve nispi rutubet seviyesi düştükçe olgunlaştırmamanın ilk günlerinde daha hızlı nem kaybı olduğunu ve daha çok arzu edilen bir aromanın oluştuğunu rapor etmiştir. Ayrıca araştırmacı, üründeki son pH değerinin, kuru olgunlaştırma üzerine etkisini de incelemiş ve son pH değerinin kuru olgunlaştırma sırasında nem kaybı ve verim üzerine herhangi bir etkisinin olmadığını tespit etmiştir.

Shi *et al.* (2020) altı farklı olgunlaştırma yönteminin (4 çeşit nem geçirgen paketlenme, yaş olgunlaştırma ve kuru olgunlaştırma) ve olgunlaştırma süresinin (0, 7 ve 14 gün) sığır eti kalitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, ağırlık kaybının nem geçirgenliği ve olgunlaştırma süresinin artmasıyla arttığını, L* ve b* değerlerinin kuru olgunlaştırılmış örneklerde azaldığını, ayrıca 7 ve 14 gün boyunca kuru olgunlaştırılan örneklerin su içeriğinin ise önemli oranda azaldığını tespit etmişlerdir.

Bir başka çalışmada, *M. longissimus lumborum* kasının çeşitli koşullar altında 28 gün boyunca (kuru olgunlaştırma, su geçirgen torbada kuru olgunlaştırma, UV ışığı altında kuru olgunlaştırma, yaş olgunlaştırma ve olgunlaştırılmamış) farklı işlemlere tabi tutulmasının ardından sığır etinin dış kısımları kesilmiş ve liyofilize edilmiştir. Kuru olgunlaştırılmış örneklerin lipid ve protein oksidasyon derecelerinin yaş olgunlaştırılmış ve olgunlaştırma işlemi uygulanmamış örneklerle kıyasla daha yüksek olduğu ve eğitimli panelistler tarafından yapılan duyu analizlerde ise kuru olgunlaştırılmış örneklerin daha kahverengi/kavrulmuş tat ve aromaya sahip olduğu rapor edilmiştir (Xue *et al.* 2021).

Choe *et al.* (2018) depolanmış tavuk etinde kolesterol oksidasyon ürünlerinin (KOÜ) oluşumu üzerine yeniden ısıtma yöntemleri ile pişirme ve kombinasyonlarının etkisini araştırdıkları çalışmada, pişirme işlemi olarak tavada kızartma, buharda pişirme, fırında pişirme, kömür ızgarası ve mikrodalga fırın kullanılmış ve yeniden ısıtma işleminde ise 3 ve 6 günlük soğukta depolamadan sonra mikrodalga ile ısıtma işlemi uygulanmıştır. Pişirme ve yeniden

ısıtma işleminin, yeniden ısıtmadan önceki saklama süresine bağlı olarak tavuk etinin ham yağ ve kolesterol içeriğinde azalmaya neden olduğu, pişirme ve saklama süresinin ise toplam KOÜ miktarı üzerinde bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Ayrıca, en yüksek toplam KOÜ miktarı açısından, 6 günlük depolamadan sonra buharda pişirilen ve mikrodalgada tekrar ısıtılan örnekler ile 6 gün boyunca depolanan çiğ örneklerin benzer değerler gösterdiği ifade edilmiştir.

Hsu and Chen (2020) çiğ, haşlanmış ve fırında pişirilmiş (fanlı fırın ve kızgın buharlı fırın) tavukta, farklı (kırmızı biber, karabiber, biberiye ve soya sosu) tatlandırıcılar kullanılmasının heterosiklik aromatik amin (HAA) ve KOÜ oluşumuna etkisini araştırdıkları çalışmada, tavuk derisi ve eti için ayrı değerlendirme yapılmış ve deri kısmında karabiber hariç diğer uygulamalarda toplam kolesterol oksidasyon ürünlerinin daha düşük seviyelerde olduğu, hem deri hem de tavuk eti dikkate alındığında ise pişirme sırasında tavuğa biberiye eklenmesinin, toplam HAA ve KOÜ oluşumunu engellemede en etkili yöntem olduğu, buna karşın soya sosunun ise en az etkili yöntem olduğu bildirilmiştir.

Rather *et al.* (2020) kuzu eti ve yağdan yapılan Hindistan'a özgü bir yemek olan goshtabının yağ asitleri ve KOÜ içeriğini araştırdıkları çalışmada, kolesterol içeriğinin konserve sonrası tüm ürünlerde önemli ölçüde azaldığını, ürünün yağ içeriği azaldıkça kolesterol oksidasyon ürünleri miktarının da azaldığını tespit etmişlerdir.

Dantas *et al.* (2021) konserve ton balığı örneklerinin farklı sıvı ortamlarda (yağ ve tuzlu su) yağ asidi bileşimi ve KOÜ içeriği üzerine etkisini değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada, tuzlu suda, yağdan daha fazla KOÜ oluştuğunu ve bu durumun tuz gibi prooksidan elementlerin mevcudiyeti ile tuzlu suda yağa kıyasla daha fazla ısı transferi gerçekleşmesi nedeniyle meydana geldiğini bildirmişlerdir. Ayrıca konserve ton balığının potansiyel bir eksojen KOÜ kaynağı olduğunu ve sıvı ortamların oksidatif süreçlerdeki rolünün önemini rapor etmişlerdir.

Hung *et al.* (2021) farklı tatlandırıcılar ve pişirme sıcaklığının, ince kurutulmuş domuz eti dilimlerinde polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) ve KOÜ içeriği üzerine etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmada, örneklerdeki toplam PAH ve KOÜ seviyelerinin, pişirme sıcaklığına bağlı olarak artış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

MATERYAL VE METOT

Sığır Eti

Araştırmada, Erzurum Et ve Süt Kurumu'ndaki veteriner hekimler tarafından yapılan kontrol sonrası aynı kurumun kesimhanesinde kesimi yapılan ve bir gün süreyle (4 °C'de) dinlendirilmiş üç farklı erkek sığır (yaklaşık 24 aylık) karkaslarından çıkarılan *M. Longissimus thoracis et lumborum* kasları materyal olarak kullanılmıştır. Kasların aynı ırk, cins ve yaştaki hayvanlardan temin edilmesine dikkat edilmiştir.

Metot

Kuru olgunlaştırma işlemi

Soğuk zincir altında laboratuvara getirilen et parçalarının yüzeylerindeki fazla yağ, bağ doku ve sinir parçaları uzaklaştırıldıktan sonra eşit iki parçaya bölünmüştür. Böylece kuru olgunlaştırma prosesinde kullanılmak üzere her bir karkastan toplamda 4 farklı parça et elde edilmiştir. Bu parça etlerden şansa bağlı olarak seçilen bir grup et, olgunlaştırma işlemine tabii tutulmamış ve kontrol grubu olarak değerlendirmeye alınmıştır. Diğer etler ise $2 \pm 0,5$ °C'de, 75 ± 1 nem ve $0,2 \pm 0,05$ m/s hava sirkülasyonu koşullarında (POL-EKO-APARATURA, KKS115) 30 güne kadar herhangi bir ambalaj/kaplama materyali ile kaplanmadan olgunlaştırılmıştır (Galletly 2016). Olgunlaştırmanın ilk günü (0. gün, hammadde) ile 15. ve 30. günlerinde örneklerde belirtilen analizler yapılmıştır (Şekil 6).

Analizler

0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılmış çiğ et örneklerinden, bütünü temsil edecek şekilde örnekleme yapılmış ve örnekler su ve yağ içeriği, ağırlık kaybı, pH değeri, lipid oksidasyonu, yağ asidi kompozisyonu, renk, kolesterol miktarı ve kolesterol oksidasyon ürünleri bakımından analiz edilmiştir.

Ağırlık kaybı ve tıraşlama kayıplarının belirlenmesi

Örneklerin ağırlık kayıpları (%), olgunlaşma öncesi ve sonrası ağırlıkların tartılması ile belirlenmiştir. Olgunlaştırma işleminden sonra örneklerin koyu, kuru ve lekelenmiş kısımları uzaklaştırıldıktan sonra ağırlıkları belirlenerek tıraşlama kayıpları da (%) hesaplanmıştır (DeGeer *et al.* 2009).



0. gün

15. gün

30. gün

Şekil 6. Mevcut araştırmada kullanılan hammadde ve farklı sürelerde kuru olgunlaştırılmış etler

Nem içeriği, pH değeri ve ham yağ içeriklerinin belirlenmesi

Örneklerin nem içeriği (kurutma fırını), pH değeri ve ham yağ içerikleri (eter ekstraksiyon) Gökalp vd. (2010)'ne göre yapılmıştır.

Yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi

Yağ asidi kompozisyon analizi, Satchithanandam *et al.* (2001) tarafından verilen metil ester metoduna (AOAC 996.01) göre belirlenmiştir. Ham yağ analizinden arta kalan yağ, n-hekzan ve metanollü potasyum hidroksit çözeltisi (2 N) ile muamele edildikten sonra karanlıkta (1-2 saat) bekletilmiş ve üst fazdan alınarak (1 µL) gaz kromatografisi cihazında (QP2010 Plus, Shimadzu) analiz edilmiştir. Örneklerden elde edilen pikler, yağ asitleri metil ester (FAME mix 37, Supelco) standartları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Lipid oksidasyonunun belirlenmesi

Lipid oksidasyon analizi, tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (TBARS) metodu (Kılıc and Richards 2003) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, örnekler triklor asetik asit (TCA) çözeltisi ile muamele edilmiş ve süzme (Whatman 1) işlemine tabii tutulmuştur. Ardından tiyobarbitürik asit çözeltisi ile muamelenin ardından kaynayan su banyosunda bekletilmiş (40 dk) ve soğutulduktan sonra santrifüj edilmiştir (2000 g, 5 dk). Ardından 530 nm dalga boyunda köre karşı absorbans ölçümü gerçekleştirilmiştir (mg MDA/kg örnek).

Renk

Renk ölçümü, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIELAB (Commision Internationale de l'E Clairage) tarafından belirlenen kriterlere göre kolorimetre (CR-400, Minolta Co, Osaka, Japan) kullanılarak belirlenmiştir. Örneklerin renk analizleri kesit yüzeylerinde yapılmıştır.

Kolesterol miktarının belirlenmesi

Örneklerin kolesterol miktarının belirlenmesinde, Cetinkaya and Oz (2018) tarafından verilen metot referans alınmıştır. Metoda göre, 0,5 g yağa 1 mL internal standart (stigmasterol, 0,5 mg/mL) ve 0,5 mL 2 N alkollü potasyum hidroksit çözeltisi ilave edilmiş ve karışım 80°C'lik su banyosunda 15 dk tutulmuştur. Daha sonra oda sıcaklığına kadar soğutularak karışım üzerine 1 mL saf su ve 5 mL n-hekzan ilave edilmiş ve 1 dk çalkalanmıştır. Çalkalama işlemini takiben 2000 g'de 1 dk santrifüjlenmiş ve 1 mL süpernatant doğrudan gaz kromatografi (GC) cihazına enjekte edilmiş ve analiz yapılmıştır.

Kolesterol oksidasyon ürünlerinin belirlenmesi

Kolesterol oksidasyon ürünlerinin sabunlaştırılması, saflaştırılması ve türevlendirilmesi Guardiola *et al.* (1995) tarafından belirlenen yönteme göre yapılmıştır. Bu kapsamda, metanol içinde 10 mL 1M KOH ve 1 mL internal standart (19-hidroksikolesterol, 20 µg/mL

konsantrasyonda) içeren bir tüpe yaklaşık 1 g yağ ilave edilmiş ve soğuk sabunlaştırmanın tamamlanması için 20 saat boyunca oda sıcaklığında tutulmuştur. Sabunlaşmayan malzeme dietileter ile ekstrakte edilmiştir. Tüm organik öz, su ile yıkandıktan sonra susuz sodyum sülfattan süzölmüştür. Daha sonra balon joje içerisine geri kazanılmış ve çözücü, 30°C’de döner vakumlu bir buharlaştırıcı kullanılarak buharlaştırılmıştır. Farklı oranlarda hekzan/dietileter kullanılarak silika kartuşlarla bir saflaştırma yapılmış ve son olarak kolesterol oksidasyon ürünleri, aseton/metanol (60:20, v/v) ile geri kazanılmıştır. Kolesterol oksitler, gaz kromatografisi ile tanımlanmış ve miktarı belirlenmiştir. Bu amaçla, kolon olarak HP-5MS (30 m x 250 m x 0,25 m) GC kolonu ve taşıyıcı gaz olarak da yüksek saflıktaki helyum gazı kullanılmıştır (1 mL/dk). Araştırmada 5,6 α -epoksikolesterol, 20 α -hidroksikolesterol ve 25-hidroksikolesterol incelenmiş ve kalibrasyon eğrileri çizilmiştir. İnternal standart olarak 19-hidroksikolesterol kullanılmıştır. Örnekteki kolesterol oksidasyon ürünlerinin tanımlanması, tutma süreleri ve kütle spektrumları standart bileşikler ile kıyaslanarak tespit edilmiştir.

İstatistiksel analiz

Araştırmada analizler üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve kuru olgunlaştırma süresi faktör olarak seçilmiştir. Elde edilen ortalamaların karşılaştırılması için varyans analizi (One-Way ANOVA) uygulanmıştır. Muamele grupları arasındaki farklılıkların değerlendirilmesinde SPSS 25.0 paket programı kullanılmış ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak farklılıkların değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir (Yıldız ve Bircan 1991).

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Örneklerin Ağırlık ve Tıraşlama Kayıpları

Kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmuş etlerin yüzeylerinde kuruma ve neticede kabuk oluşumu gerçekleşmektedir. Bu tür etlerin, tüketimleri öncesinde yüzeydeki kabuk kısımlarının etten uzaklaştırılması gerekmektedir. Mevcut araştırmada, materyal olarak kullanılan *M. Longissimus thoracis et lumborum* kasından elde edilen etlerin de 15 ve 30 gün boyunca kuru olgunlaştırma ($2\text{ °C} \pm 1$, $\%75 \pm 1$ nem ve $0,2 \pm 0,05$ m/s hava sirkülasyon hızı) işlemine tabi tutulmaları neticesinde ağırlık kayıplarının olduğu ve etlerde görülen ağırlık kayıpları ile tıraşlama kayıplarının olgunlaştırma süresi ilerledikçe anlamlı düzeyde ($p<0,05$) arttığı belirlenmiştir. 15 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmuş etlerde $\%30,55 \pm 0,55$ olarak belirlenen ağırlık kaybı, 30 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmuş etlerde $\%47,07 \pm 0,07$ olarak belirlenmiştir. Öte yandan, 15 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmuş etlerde $\%15,52 \pm 0,45$ olarak belirlenen tıraşlama kaybı, 30 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmuş etlerde ise $\%23,16 \pm 0,16$ olarak belirlenmiştir. Olgunlaştırma işlemi neticesinde etlerde görülen ağırlık kayıplarının, kuru olgunlaştırma süresince etlerde görülen nem dehidrasyonu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Dashdorj *et al.* (2016), sığır etinin kuru olgunlaştırılması neticesinde $\%30$ ile 40 oranlarında bir ağırlık kaybının gerçekleştiğini ve bu durumun yüksek bir ekonomik kayba yol açtığını bildirmişlerdir. Aşçıoğlu (2021) tarafından yapılan bir çalışmada ise 28 güne kadar kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin ağırlık kayıplarının $\%29,93$ ile $47,35$ arasında, tıraşlama kayıplarının ise $\%10,85$ ile $25,06$ arasında değiştiği rapor edilmiştir.

Örneklerin Su İçerikleri

0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin su içerikleri Tablo 2’de verilmiştir. Mevcut araştırmada materyal olarak kullanılan ve 0. gün grubunu oluşturan et örneklerinin $\%69,36$ ile $70,34$ arasında değişen su içeriklerinin, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmuş örneklerde 0. gün örneklere kıyasla azaldığı ve $\%44,42$ ’ye kadar düştüğü belirlenmiştir.

Tablo 2. 0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin su içerikleri (%)

Örnek	Su İçeriği (%)		
	1	2	3
0. Gün	69,36	69,96	70,34
15. Gün	62,17	62,31	60,43
30. Gün	45,57	46,51	44,42

*0.Gün: Kuru olgunlaştırma işlemi uygulanmamış örnekler

0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin su içerikleri ile ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 3’de verilmiştir. Olgunlaştırma süresi etlerin su içeriğini çok önemli ($P<0,01$) düzeyde etkilemiştir.

Tablo 3. Örneklerin su içerikleri ile ilgili varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Muamele	2	461,582	568,272**
Hata	6	0,812	

VK: Varyasyon kaynakları, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, **: $p<0,01$

Olgunlaştırma süresinin etlerin su içeriklerine Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 4’te verilmiştir. 0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan örneklerin su içeriklerinin %45,50 ile %69,89 arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek su içeriği; olgunlaştırma işlemine tabi tutulmayan 0. gün örneklerde (hammadde) belirlenirken, en düşük su içeriği ise 30 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan örneklerde tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan istatistiksel değerlendirme neticesinde, olgunlaştırma süresi ilerledikçe örneklerin su içeriklerinin önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Kuru olgunlaştırma işlemi boyunca, etlerin su içeriklerindeki azalışın ya da diğer bir ifadeyle örneklerin kurumadde içeriklerindeki oransal artışın nedeni, kuru olgunlaştırma işlemi esnasında et yüzeyinden suyun evapore olmasına dayanmaktadır (Terjung *et al.* 2021). Bu sonuca, sarkoplazmik bölgede bulunan serbest suyun, kuru olgunlaştırma sırasında kolayca hareket edebilmesinin etki ettiği düşünülmektedir. Fick’in birinci difüzyon yasası gereğince su, konsantrasyon değişimi ile orantılı bir şekilde, yüksek konsantrasyonlu bölgelerden düşük konsantrasyonlu bölgelere doğru transfer olmaktadır. Böylelikle serbest su, iç kısımdan et yüzeyine transfer olmakta ve ardından evapore olarak ortama yayılmaktadır (Ribeiro *et al.* 2020). Benzer şekilde, Smith *et al.* (2008) kuru olgunlaştırılmış etlerde olgunlaşma süresine bağlı olarak su içeriğinde giderek azalma olduğunu bildirmişlerdir. Ahnström *et al.* (2006) sığır etinde başlangıçta %69,3 olarak belirledikleri su içeriğinin, 14 gün boyunca kuru olgunlaştırılmış etlerde %68,2’ye, 21 gün boyunca kuru olgunlaştırılmış etlerde ise %68’e düştüğünü belirtmişlerdir. Cho *et al.* (2018) farklı olgunlaştırma koşulları kullanarak 20, 40 ve

60 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tuttıkları *Longissimus dorsi* kasının su içeriğinin, artan olgunlaştırma süresine bağlı olarak kontrol grubuna nazaran azaldığını ifade etmişlerdir. Yapılan başka çalışmalarda da sığır etlerinin su içeriği; 21 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan örneklerde %67,67 (Dikeman *et al.* 2013) ve 28 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan örneklerde %63,81 (Kim *et al.* 2019) olarak belirlenmiştir. Mevcut araştırmada belirlenen kuru olgunlaştırılmış örneklerin su içerikleri ile literatürdeki sonuçların genel anlamda benzer olduğu, arada belirlenen farklılıkların ise hayvan cinsi, ırkı, besleme şekli, kas farklılığı ve kuru olgunlaştırma işlemi için uygulanan işlem parametrelerindeki farklılıklar nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4. Örneklerin su içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Örnek	N	Su İçeriği (%)
0. Gün	3	69,89±0,58a
15. Gün	3	61,64±1,16b
30. Gün	3	45,50±1,00c

*a-c: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak önemli düzeyde ($P<0,05$) farklıdır

Örneklerin pH Değerleri

0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin pH değerleri Tablo 5’de verilmiştir. Mevcut araştırmada materyal olarak kullanılan ve 0. gün et örneklerinin 5,69 ile 5,72 arasında değişen pH değerlerinin, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmuş örneklerde 0. gün örneklere kıyasla arttığı ve 6,02’ye kadar yükseldiği belirlenmiştir.

Tablo 5. 0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin pH değerleri

Örnek	pH Değeri		
	1	2	3
0. Gün	5,72	5,71	5,69
15. Gün	5,91	5,83	5,88
30. Gün	6,02	5,79	5,90

0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin pH değerleri ile ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 6’da verilmiştir. Olgunlaştırma süresi etlerin pH değerini önemli ($P<0,05$) düzeyde etkilemiştir.

Tablo 6. Örneklerin pH değerleri ile ilgili varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Muamele	2	0,034	6,691*
Hata	6	0,005	

VK: Varyasyon kaynakları, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, *: $p < 0,05$

Olgunlaştırma süresinin örneklerin pH değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 7’de verilmiştir. Hammadde ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan örneklerin pH değerlerinin 5,71 ile 5,90 arasında değiştiği ve en düşük pH değerinin olgunlaştırma işlemine tabi tutulmayan 0. gün örneklere (hammadde) ait olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme neticesinde, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin, hammaddeye kıyasla yüksek pH değerine ($p < 0,05$) sahip olduğu, ancak 15 ve 30 gün boyunca kuru olgunlaştırılan örneklerin pH değerleri arasında farklılık olmadığı ($p > 0,05$) belirlenmiştir. Kuru olgunlaştırma işleminin, olgunlaştırma esnasında gerçekleşen proteoliz sonucu açığa çıkan bazik karakterdeki bileşiklerin oluşması (Aksu *et al.* 2005; Obuz *et al.* 2014; Öz 2018) ve et proteinlerinin deaminasyonu ve bakteri metabolitlerinin akümüasyonu (Bekhit and Faustman 2005) nedeniyle etlerin pH değerinde artışa neden olduğu belirtilmektedir.

Tablo 7. Örneklerin pH değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Örnek	N	pH Değeri
0. Gün	3	5,71±0,02b
15. Gün	3	5,87±0,04a
30. Gün	3	5,90±0,12a

*a-b: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak önemli düzeyde ($P < 0,05$) farklıdır

Kuru olgunlaştırma işleminin etlerin pH değerinde artışa neden olduğu başka çalışmalar da tespit edilmiştir. Ahnström *et al.* (2006) yapmış oldukları çalışmada, başlangıç pH değeri 5,4 olan sığır etinin, 14 ve 21 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulması neticesinde pH değerlerini sırasıyla 5,5 ve 5,7 olarak belirlemişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada (Kim *et al.* 2019), olgunlaştırılmamış sığır but eti örneklerinde 5,53 olarak belirlenen pH değeri kuru olgunlaştırma işlemi neticesinde 5,63 olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada, olgunlaştırılmamış örneklerde 5,50 olarak belirlenen sığır kontrfile etinin pH değeri kuru olgunlaştırma işlemi neticesinde 5,57 olarak belirlenmiştir. Utama *et al.* (2020) yapmış oldukları araştırmada farklı yaşlara sahip (60 ve 80 aylık) sığırlardan elde ettikleri etleri 50 güne kadar kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutmuşlardır. Araştırmacılar, olgunlaştırma işlemine tabi tutulmamış etlerde 5,60 (60 aylık) ve 5,57 (80 aylık) olarak belirledikleri pH değerlerinin, 50 günlük kuru olgunlaştırma işlemi neticesinde tüm et gruplarında 5,69’a kadar

yükseldiğini rapor etmişlerdir. Lee *et al.* (2021) da *Longissimus lumborum* kasından elde ettikleri etin pH değerini, 28 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemi neticesinde 5,57 olarak belirlemişlerdir. Mevcut araştırmada belirlenen kuru olgunlaştırılmış et örneklerinin pH değerleri ile literatürdeki sonuçlar arasındaki farklılıkların; hayvan cinsi, ırkı, kas farklılığı ve kuru olgunlaştırma işlemi için uygulanan işlem parametrelerindeki farklılıklar nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

Örneklerin Ham Yağ İçeriği Sonuçları

0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin ham yağ içerikleri Tablo 8’de verilmiştir. Mevcut araştırmada materyal olarak kullanılan ve 0. gün et örneklerinin %5,39 ile 6,91 arasında değişen ham yağ içeriklerinin, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmuş örneklerde 0. gün örneklere kıyasla arttığı ve %13,70’e kadar yükseldiği belirlenmiştir.

Tablo 8. Kontrol grubu ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin ham yağ içerikleri (%)

Örnek	Ham Yağ İçeriği (%)		
	1	2	3
0. Gün	6,91	6,39	5,39
15. Gün	8,66	8,93	6,60
30. Gün	13,70	11,09	10,32

0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin ham yağ içerikleri ile ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 9’da verilmiştir. Olgunlaştırma süresi etlerin ham yağ içeriğini çok önemli ($P<0,01$) düzeyde etkilemiştir.

Tablo 9. Örneklerin ham yağ içerikleri ile ilgili varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Muamele	2	23,284	13,034**
Hata	6	1,786	

VK: Varyasyon kaynakları, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, **: $p<0,01$

Olgunlaştırma süresinin örneklerin ham yağ içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 10’da verilmiştir. Hammadde ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan örneklerin ham yağ içeriklerinin %6,23 ile 11,70 arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek ham yağ içeriğinin 30 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan örneklere ait olduğu ve 0. gün örnekler ile 15 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan örneklerin ham yağ içerikleri açısından bir farklılığın olmadığı ($p>0,05$)

görülmüştür. Kuru olgunlaştırma işlemi neticesinde, etlerin ham yağ içeriklerinde görülen artışın, olgunlaştırma işlemi esnasında örneklerin su içeriklerinde meydana gelen azalmanın neticesinde gerçekleşen oransal artış nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Nitekim, yapılan korelasyon analizinde, örneklerin ham yağ içeriklerinin, su içeriği ile önemli ($P<0,01$) düzeyde negatif korelasyona ($-0,886$) sahip olduğu belirlenmiştir.

Tablo 10. Örneklerin ham yağ içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Örnek	N	Ham Yağ İçeriği (%)
0. Gün	3	6,23±0,77b
15. Gün	3	8,06±1,28b
30. Gün	3	11,70±1,77a

*a-b: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak önemli düzeyde ($P<0,05$) farklıdır

Kuru olgunlaştırma işleminin etlerin ham yağ içeriklerinde artışa neden olduğu gösteren başka çalışmalar tespit edilmiştir. Ahnström *et al.* (2006) başlangıç ham yağ içeriği %6,9 olan sığır etini, 14 ve 21 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutmuşlar ve olgunlaştırma süresinin artışına bağlı olarak ham yağ içeriğinin arttığını rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, ham yağ içeriğini; 14 gün boyunca kuru olgunlaştırılan etlerde %7,6 olarak, 21 gün boyunca kuru olgunlaştırılan etlerde %7,8 olarak belirlemişlerdir. Benzer şekilde, Cho *et al.* (2018) *Longissimus dorsi* kasından elde ettikleri ve başlangıç ham yağ içeriği %10,06 olan et örneklerini, farklı olgunlaştırma koşulları altında 60 güne kadar kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutmuşlardır. Araştırmacılar, kuru olgunlaştırma işlemi neticesinde örneklerin ham yağ içeriklerinin kontrol grubu örneklerin ham yağ içeriklerine kıyasla yüksek olduğunu ve 60 gün boyunca kuru olgunlaştırılan örneklerde ham yağ içeriğinin %13,48 olarak belirlendiğini bildirmişlerdir. Dikeman *et al.* (2013) farklı olgunlaştırma teknikleri kullanarak 21 gün boyunca olgunlaştırılan *Longissimus lumborum* kasından elde ettikleri etin ham yağ içeriğini kuru olgunlaştırma neticesinde %5,53 olarak belirlemişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise, farklı olgunlaştırma işlemlerine tabi tutulan antrikotun, 28 gün boyunca kuru olgunlaştırılması neticesinde olgunlaştırma öncesine kıyasla ham yağ içeriğinin beklenildiği gibi arttığı ve %12,82 olarak belirlendiği rapor edilmiştir (Kim *et al.* 2019).

Örneklerin Yağ Asidi Kompozisyonu Sonuçları

0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin yağ asidi kompozisyonları Tablo 11’de verilmiştir. Hammadde ve kuru olgunlaştırılan etlerde palmitik ve stearik asidin doymuş yağ asitlerinin (SFA), oleik asit ve palmitoleik asidin tekli doymamış yağ asitlerinin (MUFA) ve linoleik asidin ise çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) ana bileşeni olduğu belirlenmiştir. Hammadde ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru

olgunlaştırılan örneklerin palmitik asit içeriklerinin; %28,58-31,87, stearik asit içeriklerinin; %16,63-19,07, Σ SFA içeriklerinin; %51,05-57,15, palmitoleik asit içeriklerinin; %2,58-4,20, oleik asit içeriklerinin; %35,04-43,66, Σ MUFA içeriklerinin; %40,83-47,43, linoleik asit içeriklerinin; %1,13-1,85 ve Σ PUFA içeriklerinin ise; %1,13-1,97 arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo 11. 0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin yağ asidi kompozisyonu (%)

Yağ Asitleri	0. Gün			15. Gün			30. Gün		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Palmitik Asit	31,86	31,49	31,67	28,81	28,64	28,58	31,45	31,53	31,87
Stearik Asit	18,47	18,92	18,60	18,65	18,71	19,07	17,45	16,63	17,62
Diğer SFA	6,51	6,75	6,54	3,93	3,70	3,93	4,77	4,73	4,59
Σ SFA	56,83	57,15	56,72	51,39	51,05	51,57	53,68	52,89	54,08
Palmitoleik Asit	4,16	4,12	4,20	2,58	2,63	2,68	3,62	3,93	3,58
Oleik Asit	35,79	35,04	35,68	43,11	43,66	42,85	39,34	40,13	39,58
Diğer MUFA	1,61	1,66	1,62	1,23	1,14	1,27	1,82	1,84	1,63
Σ MUFA	41,56	40,83	41,50	46,92	47,43	46,80	44,78	45,90	44,79
Linoleik Asit	1,61	1,85	1,75	1,46	1,42	1,41	1,54	1,21	1,13
Diğer PUFA	0	0,11	0,22	0,24	0,10	0,22	0	0	0
Σ PUFA	1,61	1,96	1,97	1,69	1,52	1,63	1,54	1,21	1,13

0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin yağ asidi kompozisyonları ile ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 12’de verilmiştir. Olgunlaştırma süresi etlerin palmitik asit, stearik asit, Σ SFA, palmitoleik asit, oleik asit ve Σ MUFA içeriklerini çok önemli ($p<0,01$) düzeyde, linoleik asit ve Σ PUFA içeriklerini ise önemli ($P<0,05$) düzeyde etkilemiştir.

Tablo 12. Örneklerin yağ asidi kompozisyonları ile ilgili varyans analiz sonuçları

Yağ Asitleri	VK	SD	KO	F
Palmitik Asit	Muamele	2	8,813	269,249**
	Hata	6	0,033	
Stearik Asit	Muamele	2	2,276	17,715**
	Hata	6	0,128	
Σ SFA	Muamele	2	23,536	145,184**
	Hata	6	0,162	
Palmitoleik Asit	Muamele	2	1,855	136,390**
	Hata	6	0,014	
Oleik Asit	Muamele	2	44,614	268,166**
	Hata	6	0,166	
Σ MUFA	Muamele	2	25,793	112,050**
	Hata	6	0,230	

Tablo 12. (Devamı)

Linoleik Asit	Muamele	2	0,155	7,426*
	Hata	6	0,021	
Σ PUFA	Muamele	2	0,232	7,182*
	Hata	6	0,032	

VK: Varyasyon kaynakları, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, **: $p<0,01$, *: $p<0,05$

Olgunlaştırma süresinin örneklerin yağ asidi kompozisyonlarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 13'te verilmiştir. Σ SFA içeriği açısından değerlendirme yapıldığında, kuru olgunlaştırma işleminin et örneklerinin Σ SFA içeriğini azalttığı belirlenmiştir. En yüksek Σ SFA içeriği; kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmamış 0. gün örneklerde tespit edilmiş, bu örnekleri sırasıyla 30 gün ve 15 gün boyunca kuru olgunlaştırılmış örnekler takip etmiştir. Σ MUFA içeriği açısından değerlendirme yapıldığında, kuru olgunlaştırma işleminin et örneklerinin Σ MUFA içeriğini artırdığı belirlenmiştir. En yüksek Σ MUFA içeriği; 15 gün boyunca kuru olgunlaştırılmış örneklerde tespit edilmiş, bu örnekleri sırasıyla 30 gün boyunca kuru olgunlaştırılmış örnekler ve kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmamış 0. gün örnekler takip etmiştir. Σ PUFA içeriği açısından değerlendirme yapıldığında, kuru olgunlaştırma işleminin et örneklerinin Σ PUFA içeriğini azalttığı belirlenmiş, ancak sadece kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmamış 0. gün örnekler ile 30 gün boyunca kuru olgunlaştırılmış örneklerin Σ PUFA içeriği arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Ayrıca, olgunlaştırma süresinin 15 günden 30 güne çıkarılması ile örneklerin Σ SFA içeriği önemli düzeyde ($p<0,05$) artarken, Σ MUFA içeriği ise önemli düzeyde ($p<0,05$) azalmıştır. Σ PUFA içerikleri ise olgunlaştırma süresinin ilerlemesiyle birlikte azalmış, ancak bu düşüş istatistiksel olarak anlamlı düzeyde gerçekleşmemiştir. Benzer sonuçlar, Di Paolo *et al.* (2023) tarafından da tespit edilmiştir. Araştırmacılar, farklı sürelerde kuru olgunlaştırma işlemine tabi tuttıkları *Longissimus dorsi* kasından elde ettikleri etlerin, olgunlaştırma süresi ilerledikçe Σ SFA içeriklerinin arttığını, buna karşın Σ MUFA ve Σ PUFA içeriklerinin ise azaldığını rapor etmişlerdir. Belirtilen çalışmada, 15 günlük kuru olgunlaştırma sonucu etlerde %45,22 olarak belirlenen Σ SFA içeriği, 30 günlük kuru olgunlaştırma sonucu %47,85 olarak; 15 günlük kuru olgunlaştırma sonucu etlerde %50,56 olarak belirlenen Σ MUFA içeriği, 30 günlük kuru olgunlaştırma sonucu %48,52 olarak ve 15 günlük kuru olgunlaştırma sonucu etlerde %4,23 olarak belirlenen Σ PUFA içeriği ise 30 günlük kuru olgunlaştırma sonucu %3,63 olarak belirlenmiştir. Kuru olgunlaştırma işlem süresinin uzatılması, tekli ve çoklu doymamış yağ asidi içeriğinde azalma, doymuş yağ asidi içeriğinde ise artış ile sonuçlanmaktadır (Di Paolo *et al.* 2023). Yağ asitlerindeki değişikliklerin oksidatif stabilitedeki farklılıklardan kaynaklandığı öne sürülmektedir (Gredel *et al.* 2018).

Tablo 13. Örneklerin yağ asidi kompozisyonlarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Yağ Asitleri	N	0. Gün	15. Gün	30. gün
Palmitik Asit	3	31,67±0,19a	28,68±0,12b	31,62±0,22a
Stearik Asit	3	18,66±0,23a	18,81±0,23a	17,23±0,53b
Diğer SFA	3	6,60±0,127	3,85±0,134	4,70±0,098
ΣSFA	3	56,90±0,22a	51,34±0,26c	53,55±0,61b
Palmitoleik Asit	3	4,16±0,04a	2,63±0,05c	3,71±0,19b
Oleik Asit	3	35,50±0,41c	43,21±0,41a	39,68±0,41b
Diğer MUFA	3	1,63±0,028	1,22±0,067	1,76±0,114
ΣMUFA	3	41,30±0,41c	47,05±0,34a	45,16±0,64b
Linoleik Asit	3	1,74±0,12a	1,43±0,03b	1,29±0,22b
Diğer PUFA	3	0,11±0,109	0,19±0,074	0±0,000
ΣPUFA	3	1,85±0,21a	1,61±0,09ab	1,29±0,22b

*a-c: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak önemli düzeyde ($P<0,05$) farklıdır

Literatürde yer alan çalışmalarda, kuru olgunlaştırma işleminin genellikle etlerin ΣSFA içeriğinde artışa, ΣMUFA ve ΣPUFA içeriklerinde ise azalmaya neden olduğu belirtilmiştir (Utama *et al.* 2020; Zuljalgar *et al.* 2023). Bu sonuca, kuru olgunlaştırma işlemi esnasında et örneklerinin oksijene maruz kalması nedeniyle oksidasyona karşı hassas olan MUFA ve PUFA bileşiklerinin okside olmasının etki ettiği belirtilmektedir (Gredel *et al.* 2018; Utama *et al.* 2020; Zuljalgar *et al.* 2023). Nitekim, Zuljalgar *et al.* (2023), sığır bel kasından elde ettikleri kontrol grubu örneklerde %42,21 olarak belirledikleri ΣSFA içeriğinin, 60 gün boyunca kuru olgunlaştırılan örneklerde %51,18'e yükseldiğini, kontrol grubu örneklerde %52,32 olarak belirledikleri ΣMUFA içeriğinin, 60 gün boyunca kuru olgunlaştırılan örneklerde %45,71'e düştüğünü ve kontrol grubu örneklerde %4,79 olarak belirledikleri ΣPUFA içeriğinin ise 60 gün boyunca kuru olgunlaştırılan örneklerde %2,67'ye düştüğünü bildirmişlerdir.

Mevcut araştırmada elde ettiğimiz sonuçlara paralel olarak, kuru olgunlaştırma işleminin sığır etlerinin ΣSFA içeriğinde azalışa ve ΣMUFA içeriğinde artışa neden olduğunu gösteren araştırmalar da literatürde bulunmaktadır (Ali and Chang, 2021). Nitekim, Ali and Chang (2021) Hanwoo cinsi sığırların karkaslarından çıkarılan iki farklı kas grubundan elde ettikleri etleri (bonfile ve kemikli T-bone biftek) materyal olarak kullandıkları araştırmalarında, bonfile ve bifteklere ait kontrol grubu örneklerde sırasıyla %45,43 ve %44,77 olarak belirledikleri ΣSFA içeriğinin, 28 gün boyunca kuru olgunlaştırılan örneklerde sırasıyla %40,20 ve %39,37'ye düştüğünü, kontrol grubu örneklerde sırasıyla %48,25 ve %46,11 olarak belirledikleri ΣMUFA içeriğinin ise 28 gün boyunca kuru olgunlaştırılan örneklerde sırasıyla %52,31 ve %52,76'ya yükseldiğini, ayrıca etlerin ΣPUFA içeriğinde anlamlı bir değişiklik belirlenmediğini bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra, Passetti *et al.* (2019) farklı vücut ağırlıklarına

(350, 400 ve 450 kg) sahip sığırlardan çıkarılan *Longissimus thoracis* kasından elde ettikleri eti, %75 nem ve 2 °C sıcaklıkta, 14 ve 28 gün boyunca olgunlaştırma işlemine tabi tutmuşlardır. Araştırmacılar, kuru olgunlaştırma işleminin etlerin Σ SFA ve Σ MUFA içeriklerinde artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Ancak kuru olgunlaştırma işleminin etlerin Σ MUFA içeriği üzerinde anlamlı bir etki göstermediği belirtilmiştir. Ek olarak, Orkusz *et al.* (2021) 2 ile 4 °C sıcaklıkta vakum veya modifiye atmosfer ambalajlama koşulları altında 11 gün boyunca muhafaza edilen kaz göğüs etlerinin Σ SFA ve Σ MUFA içeriklerinde önemli bir artış, Σ PUFA içeriğinde ise önemli bir azalma rapor etmişlerdir.

Setyabrata *et al.* (2021) *Longissimus lumborum* kasından elde ettikleri eti hammadde olarak kullandıkları çalışmalarında, farklı olgunlaştırma teknikleri ile hammaddelerini olgunlaştırma işlemine tabi tutmuşlardır. Araştırmacılar, hammaddede yağ asidi içeriğini vermedikleri çalışmalarında, 28 gün boyunca kuru olgunlaştırılan örneklerde Σ SFA içeriğini; %35,32, Σ MUFA içeriğini; %51,62 ve Σ PUFA içeriğini; %8,23 olarak belirlenmişlerdir.

Çalışmalar kısa zincirli yağ asitlerinin uzun zincirli yağ asitlerine kıyasla daha kolay okside olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, daha kısa zincirli doymuş yağ asitlerindeki farklılıklar, olgunlaştırma sırasında daha fazla oksijene maruz kalmayla birlikte oksidatif stabilitenin azalmasının bir sonucu olabilmektedir (Gredel *et al.* 2018).

Mevcut araştırmada, kuru olgunlaştırma sırasında Σ PUFA içeriğinde gözlenen azalmanın, çoklu doymamış yağ asitlerinin diğer yağ asitlerine kıyasla daha düşük oksidatif stabiliteye sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Olgunlaştırma süresi uzadıkça (30 güne kadar), örneklerin Σ PUFA içeriğinde 0. gün örneklere kıyasla anlamlı bir azalma gözlenmiştir; bu durum, oksidasyona yüksek hassasiyetleri nedeniyle çoklu doymamış yağ asitlerinin parçalanmaları ile açıklanabilir. Örneklerin Σ SFA içeriğindeki azalmaya kuru olgunlaştırma işlemi neticesinde etin yüzeyinde oluşan kabuk kısmının uzaklaştırılmasının etki etmiş olabileceği düşünülmektedir. Bu işlemler neticesinde, kuru olgunlaştırma işlemi neticesinde Σ MUFA içeriği oransal olarak artmış olabilir. Ayrıca, 15 gün boyunca kuru olgunlaştırılmış etlerin Σ MUFA içeriğinde gözlenen artış, enzimatik desatürasyon ve tekli doymamış yağ asitlerinin oluşumunu teşvik eden mikrobiyal dönüşümlerden de kaynaklanmış olabilir. Kuru olgunlaştırma sırasında, bakteri, küf ve mayalar dahil olmak üzere farklı mikroorganizmaların gelişebildiği bilinmektedir (Coton *et al.* 2024; Capouya *et al.* 2020). Olgunlaştırma sırasında gelişen bu mikroorganizmaların, lipidlerin dönüşümünde rol oynayabileceği ve yağ asitlerini doymamış hale getirerek olgunlaştırma sürecinde Σ MUFA konsantrasyonunu artıran enzimler üreterek etlerin yağ asidi profilini değiştirebileceği belirtilmektedir (Shi *et al.* 2024). Olgunlaştırma sırasında Σ PUFA ve Σ MUFA içeriklerinde

meydana gelen değişiklikler de Σ SFA içeriğinin değişmesine de etki edebilir. Ayrıca, kuru olgunlaştırma işlemi sırasında yağlar ve yağ benzeri membran molekülleri etteki mikrobiyal flora tarafından salgılanan lipolitik enzimlerin etkisi ile de et yağının hidrolizasyonu şekillenmesi sonucunda aromatik yağ asitlerine parçalanmaktadır. Bütün bu parçalanma ürünleri, kuru olgunlaştırılan sığır etlerinin yoğun lezzet ve aromasına katkı sağlamaktadır (Perry 2012). Literatürdeki kuru olgunlaştırılmış etlerin yağ asidi profilinde gözlemlenen farklılıkların, hayvan türü, cinsi, yaşı, cinsiyeti, besleme tarzı, kas türü, başlangıç yağ içeriği, olgunlaştırma işlemi çeşitliliği, olgunlaştırma işlemi esnasında uygulanan parametreler vb. gibi faktörlerden kaynaklandığı düşünölmektedir.

Örneklerin Lipid Oksidasyon Sonuçları

0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin TBARS değerleri Tablo 14’de verilmiştir. Mevcut araştırmada materyal olarak kullanılan ve 0. gün et örneklerinin 0,23 ile 0,26 mg MDA/kg arasında değişen TBARS değerlerinin, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmuş örneklerde 0. gün örneklere kıyasla arttığı ve 1,28 mg MDA/kg’a kadar yükseldiğı belirlenmiştir.

Tablo 14. 0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin TBARS değerleri (mg MDA/kg)

Örnek	TBARS değeri (mg MDA/kg)		
	1	2	3
0. Gün	0,26	0,23	0,23
15. Gün	1,16	1,05	0,94
30. Gün	1,28	1,21	1,22

0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin TBARS değerleri ile ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 15’de verilmiştir. Olgunlaştırma süresi etlerin TBARS değerini çok önemli ($P<0,01$) düzeyde etkilemiştir.

Tablo 15. Örneklerin TBARS değerleri ile ilgili varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Muamele	2	0,842	182,634**
Hata	6	0,005	

VK: Varyasyon kaynakları, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, **: $p<0,01$

Olgunlaştırma süresinin örneklerin TBARS değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 16’da verilmiştir. Hammadde ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan örneklerin TBARS değerlerinin 0,24 ile 1,24 mg MDA/kg arasında değiştığı ve en düşük TBARS değerinin olgunlaştırma işlemine tabi tutulmayan 0. gün örneklere

(hammadde) ait olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme neticesinde, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin, hammaddeye kıyasla önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek TBARS değerine sahip olduğu ve olgunlaştırma süresi uzadıkça örneklerin TBARS değerlerinde anlamlı yükselmeler ($P<0,05$) olduğu gözlenmiştir. Öte yandan, 30 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan et örneklerinde belirlenen en yüksek TBARS değerinin (1,24 mg MDA/kg) bile okside sığır etinin genel kabul edilebilirliği için sınırlayıcı eşik değerden (yaklaşık 2 mg MDA/kg) daha düşük olduğu belirlenmiştir. Kuru olgunlaştırma işleminin, et ve et ürünlerinde lipid oksidasyonunun bir göstergesi olan TBARS değerinin yükselmesine; kuru olgunlaştırma işlemi esnasında etlerin yüzeyinin doğrudan kabin içerisindeki hava ile temas etmesi, bu temas sonucu serbest radikaller ve diğer reaktif bileşiklerin oluşması, olgunlaştırma işlemi esnasında gerçekleşen mikrobiyal aktivite neticesinde yağlar ve yağ asitlerinde görülen değişiklikler ve etin su kaybetmesi neticesinde lipid oksidasyon ürünlerinin konsantrasyonlarının artmasının etki edebileceği düşünülmektedir. Nitekim yapılan korelasyon analizi neticesinde, TBARS değerinin; su içeriği ile çok önemli ($P<0,01$) negatif korelasyona (-0,849), ham yağ içeriği ile çok önemli ($P<0,01$) pozitif korelasyona (0,807), Σ SFA içeriği ile çok önemli ($P<0,01$) negatif korelasyona (-0,820), Σ MUFA içeriği ile çok önemli ($P<0,01$) pozitif korelasyona (0,855) ve Σ PUFA içeriği ile önemli ($P<0,05$) negatif korelasyona (-0,741) sahip olduğu belirlenmiştir.

Tablo 16. Örneklerin TBARS değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Örnek	N	TBARS Değeri (mg MDA/kg)
0. Gün	3	0,24±0,02c
15. Gün	3	1,05±0,11b
30. Gün	3	1,24±0,04a

*a-c: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak önemli düzeyde ($P<0,05$) farklıdır

Kuru olgunlaştırma işleminin etlerin TBARS değerlerinde artışa neden olduğu gösteren başka çalışmalar da tespit edilmiştir. Berger *et al.* (2017) *Longissimus lumborum* kasından elde ettikleri eti 28 gün boyunca farklı olgunlaştırma teknikleri kullanarak olgunlaştırmışlardır. Araştırmacılar, kuru olgunlaştırma işleminin örneklerin TBARS değerini artırdığını ve 28 gün sonunda TBARS değerinin 0,61 mg MDA/kg olduğunu rapor etmişlerdir. Farklı kuru olgunlaştırma sürelerine tabi tutulan *Longissimus lumborum* kasından elde edilen etlerin TBARS değerlerinin olgunlaştırma süresi ilerledikçe artış gösterdiği ve olgunlaştırma süresi ilerledikçe malondialdehit miktarı ile lipid oksidasyonunun da o derece arttığı rapor edilmiştir (Utama *et al.* 2020). Pasetti *et al.* (2020) *Longissimus lumborum* kasından elde ettikleri ete 14 ve 28 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemi uyguladıkları çalışmalarında, TBARS değerinin olgunlaştırma süresi arttıkça artış gösterdiğini belirtmişler ve en yüksek TBARS değerini 28

gün boyunca olgunlaştırılan örneklerde 3,18 mg MDA/kg olarak belirlemişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada, *Longissimus* kasından elde edilen etlere 4 ve 7 gün boyunca farklı olgunlaştırma teknikleri uygulanmış, kuru olgunlaştırma işlemi neticesinde TBARS değerinin olgunlaştırma süresi arttıkça arttığı ve 7 gün boyunca yapılan olgunlaştırma sonucu 11,22 mg MDA/kg düzeyine kadar çıktığı rapor edilmiştir (Ribeiro *et al.* 2020).

Örneklerin Renk Değeri Sonuçları

0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin L^* , a^* ve b^* değerleri Tablo 17’de verilmiştir. Mevcut araştırmada materyal olarak kullanılan ve 0. gün et örneklerinin 41,48 ile 45,32 arasında değişen L^* değerinin, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmuş örneklerde 0. gün örneklere kıyasla azaldığı ve 28,43’e kadar düştüğü belirlenmiştir. Mevcut araştırmada materyal olarak kullanılan ve 0. gün et örneklerinin 19,65 ile 29,32 arasında değişen a^* değerinin, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmuş örneklerde 0. gün örneklere kıyasla azaldığı ve 11,69’a kadar düştüğü belirlenmiştir. 0. gün et örneklerinde 4,41 ile 9,88 arasında değişen b^* değerinin, olgunlaştırılmış örneklerde 4,09 ile 6,31 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Tablo 17. 0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin L^* , a^* ve b^* değerleri

Renk Değerleri	0. Gün			15. Gün			30. Gün		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
L^*	41,48	43,16	45,32	39,27	37,42	40,54	28,43	30,68	29,44
a^*	19,65	21,66	29,32	12,78	12,43	14,49	13,87	13,24	11,69
b^*	7,54	9,88	4,41	5,86	5,07	6,31	5,63	4,09	5,39

0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin renk değerleri ile ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 18’de verilmiştir. Olgunlaştırma süresi etlerin L^* ve a^* değerlerini çok önemli ($P<0,01$) düzeyde etkilemiş, b^* değerini ise etkilememiştir ($P>0,05$).

Tablo 18. Örneklerin renk değerleri ile ilgili varyans analiz sonuçları

Renk Değerleri	VK	SD	KO	F
L^*	Muamele	2	149,966	60,492**
	Hata	6	2,479	
a^*	Muamele	2	109,479	11,520**
	Hata	6	9,504	
b^*	Muamele	2	3,931	1,369
	Hata	6	2,871	

VK: Varyasyon kaynakları, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, **: $p<0,01$

Olgunlaştırma süresinin örneklerin renk değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 19’da verilmiştir. Hammadde ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan örneklerin L^* değerlerinin 29,52 ile 43,32 arasında değiştiği ve en yüksek L^* değerinin olgunlaştırma işlemine tabi tutulmayan 0. gün örneklerine (hammadde) ait olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme neticesinde, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin, hammaddeye kıyasla düşük L^* değerine ($p<0,05$) sahip olduğu ve olgunlaştırma süresi uzadıkça örneklerin L^* değerlerinde anlamlı düzeyde ($p<0,05$) düşüş gerçekleştiği belirlenmiştir. Hammadde ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan örneklerin a^* değerlerinin 12,93 ile 23,54 arasında değiştiği ve en yüksek a^* değerinin olgunlaştırma işlemine tabi tutulmayan 0. gün örneklerine (hammadde) ait olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme neticesinde, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin, hammaddeye kıyasla düşük a^* değerine ($p<0,05$) sahip olduğu, ancak 15 ve 30 gün boyunca kuru olgunlaştırılan örneklerin a^* değerleri arasında bir farklılık olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir. Öte yandan, hammadde ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan örneklerin b^* değerlerinin 5,04 ile 7,28 arasında değiştiği ve aralarında bir farklılık olmadığı ($p>0,05$) görülmüştür. Olgunlaştırma işlemi neticesinde L^* ve a^* değerlerindeki azalışın örneklerin daha koyu renkli olması ve bu durumun da kuru olgunlaştırılmış etlerin daha düşük su içeriğine sahip olması nedeniyle ilgili olduğu belirtilmektedir (Pasetti *et al.* 2020). Nitekim mevcut araştırmada yapılan korelasyon analizinde, örneklerin L^* değerinin su içeriği ile çok önemli ($P<0,01$) pozitif korelasyona (0,973) ve a^* değerinin ise su içeriği ile önemli ($P<0,05$) pozitif korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, Cho *et al.* (2018) farklı olgunlaştırma koşulları altında 20, 40 ve 60 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tuttıkları *Longissimus dorsi* kasından elde ettikleri etlerin L^* , a^* ve b^* değerlerinin, kontrol grubu örneklerine kıyasla azaldığını rapor etmişlerdir. Pasetti *et al.* (2020) *Longissimus lumborum* kasından elde ettikleri eti 14 ve 28 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tuttıkları çalışmalarında, olgunlaştırma süresi ilerledikçe örneklerin L^* , a^* ve b^* değerlerinin azaldığını bildirmişlerdir. Kuru olgunlaştırma işlemi neticesinde etlerin L^* , a^* ve b^* değerlerinin azaldığını gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır (Ribeiro *et al.* 2020; Shi *et al.* 2020; Utama *et al.* 2020).

Tablo 19. Örneklerin renk değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Renk Değerleri	N	0. Gün	15. Gün	30. gün
L^*	3	43,32±1,93a	39,08±1,57b	29,52±1,13c
a^*	3	23,54±5,10a	13,23±1,10b	12,93±1,12b
b^*	3	7,28±2,75a	5,75±0,63a	5,04±0,83a

*a-c: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak önemli düzeyde ($P<0,05$) farklıdır

Örneklerin Kolesterol İçerikleri

0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin kolesterol içerikleri Tablo 20’de verilmiştir. Mevcut araştırmada materyal olarak kullanılan ve 0. gün et örneklerinin 4,62 ile 8,96 mg/g yağ (31,92 ile 48,29 mg/100 g et) arasında değişen kolesterol içeriklerinin, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmuş örneklerde 2,54 ile 5,22 mg/g yağ (19,67 ile 63,84 mg/100 g et) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Tablo 20. 0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin kolesterol içerikleri (mg/g yağ)

Örnek	Kolesterol (mg/g yağ)		
	1	2	3
0. Gün	4,62	5,96	8,96
15. Gün	4,04	2,98	5,22
30. Gün	4,66	4,48	2,54

0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin kolesterol içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 21’de verilmiştir. Olgunlaştırma süresi etlerin kolesterol içeriği üzerine bir etkiye sahip değildir ($P>0,05$).

Tablo 21. Örneklerin kolesterol içerikleri ile ilgili varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Muamele	2	6,410	2,538
Hata	6	2,525	

VK: Varyasyon kaynakları, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması

Olgunlaştırma süresinin örneklerin kolesterol içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 22’de verilmiştir. Hammadde ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan örneklerin kolesterol içeriklerinin 3,89 ile 6,51 mg/g yağ (32,89 ile 45,51 mg/100 g et) arasında değiştiği ve kolesterol içeriği bakımından örnekler arasında bir farklılığın olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Benzer şekilde, yapılan başka bir araştırmada da (Oh *et al.* 1996), kuzu etlerinin buzdolabı (4°C’de 6 güne kadar) ve donmuş muhafaza (-10°C’de 90 güne kadar) koşulları altında muhafaza edilmesi durumunda, örneklerin kolesterol içeriklerinin değişiklik göstermediği tespit edilmiştir. Lee *et al.* (2006) tarafından yapılan çalışmada ise bel kasından elde edilen sığır etinin kolesterol içeriğinin 65,14 mg/100 g et olduğu ve depolama süresince azaldığı belirlenmiştir. Öte yandan, mevcut araştırmada analiz edilen örneklerin ham yağ içerikleri ile kolesterol içerikleri arasında anlamlı bir korelasyon olmadığı da tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Piironen *et al.* (2002) da yaptıkları çalışmada, %1,9 ile 14.0

arasında yağ içeren sığır etlerinin kolesterol içeriklerinin 49,8 ile 55,2 mg/100 g et arasında değiştiğini ve örneklerin yağ içerikleri ile kolesterol içerikleri arasında bir korelasyon olmadığını belirtmişlerdir.

Tablo 22. Örneklerin kolesterol içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Örnek	N	Kolesterol (mg/g yağ)
0. Gün	3	6,51±2,22a
15. Gün	3	4,08±1,12a
30. Gün	3	3,89±1,18a

*a: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak önemli düzeyde ($P<0,05$) farklıdır

Araştırmamızda materyal olarak kullanılan ve 0. gün et örneklerinin ham yağ içeriklerinin %6,23 olduğu belirlenmiştir. Buna benzer oranlarda yağ içeren (%6,3) *Longissimus dorsi* kasından elde edilen sığır etinin 48,5 mg/100 g et düzeyinde kolesterol içerdiği tespit edilmiştir (Chizzolini *et al.* 1999). Aynı çalışmada, yağ içeriği %2,2 ile 29,2 arasında değişen ve farklı kaslardan elde edilen sığır etlerinin kolesterol içeriklerinin ise 46,7 ile 68,3 mg/100 g et arasında değiştiği rapor edilmiştir (Chizzolini *et al.* 1999). Baggio and Bragagnolo (2006) işlenmiş et ürünleri ile ilgili yaptıkları çalışmada, kolesterol içeriğini; ısıtılmış işlem görmemiş 100 g sığır et köftesinde 70,4 mg ve hamburgerinde ise 89,7 mg olarak belirlemişlerdir. Vicente and Torres (2007) ise sığır eti hamburgerinin kolesterol içeriğini 68,8 mg/100 g et olarak tespit etmişlerdir.

Mevcut araştırmada elde edilen sonuçlar, kuru olgunlaştırma işleminin, materyal olarak kullanılan etlerin kolesterol içeriğini rakamsal olarak azalttığını, ancak bu azalmanın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığını göstermektedir. Etlerde doğal olarak bulunan kolesterolün, olgunlaştırma işlemi esnasında, okside olarak farklı kolesterol oksidasyon ürünlerinin oluşumuna neden olduğu bilinmektedir. Bu durumun, etlerin kolesterol içeriğinde önemli azalmalara neden olabileceği düşünülmektedir. Öte yandan, kontrollü şartlarda (sıcaklık, nispi rutubet, hava cereyanı vb.) gerçekleştirilen kuru olgunlaştırma koşulları neticesinde kolesterolden yalnızca çok düşük miktarlarda ($\mu\text{g/g}$ düzeyinde) kolesterol oksidasyon ürünlerinin oluşabileceği ve bu durumun, toplam kolesterol (mg/g düzeyinde) ölçümünü önemli düzeyde etkileyemeyeceği değerlendirilmektedir. Öte yandan, etin elde edildiği hayvanın ırkı, yaşı, cinsiyeti, besleme şekli, kas tipi, depolama/olgunlaştırma koşulları, analiz teknikleri vb. gibi farklılıkların etin kolesterol içeriğini etkileyebileceği bilinmektedir.

Örneklerin Kolesterol Oksidasyon Ürünleri Sonuçları

0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin kolesterol oksidasyon ürün içerikleri Tablo 23’de verilmiştir. Mevcut araştırmada materyal

olarak kullanılan ve 0. gün et örneklerinin 0,763 ile 1,262 µg/g yağ arasında değişen 5,6α-epoksikolesterol içeriklerinin, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmuş örneklerde 0. gün örneklerine kıyasla arttığı ve 3,272 µg/g yağ düzeyine kadar yükseldiği belirlenmiştir. Mevcut araştırmada materyal olarak kullanılan ve 0. gün et örneklerinin 0,103 ile 0,184 µg/g yağ arasında değişen 20α-hidroksikolesterol içeriklerinin, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmuş örneklerde 0. gün örneklerine kıyasla arttığı ve 1,318 µg/g yağ düzeyine kadar yükseldiği belirlenmiştir. Mevcut araştırmada materyal olarak kullanılan ve 0. gün et örneklerinin 2,529 ile 2,895 µg/g yağ arasında değişen 25-hidroksikolesterol içeriklerinin, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmuş örneklerde 0. gün örneklerine kıyasla arttığı ve 16,944 µg/g yağ düzeyine kadar yükseldiği belirlenmiştir.

Tablo 23. 0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin kolesterol oksidasyon ürünlerine ait içerikleri (µg/g yağ)

Kolesterol Oksidasyon Ürünleri	0. Gün			15. Gün			30. Gün		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
5,6α-epoksikolesterol	0,763	1,262	0,945	2,344	3,272	3,483	0,879	1,525	0,964
20α-hidroksikolesterol	0,113	0,184	0,103	0,300	1,318	0,776	0,461	0,202	0,556
25-hidroksikolesterol	2,529	2,895	2,647	16,893	8,312	16,944	7,708	6,137	5,718

0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin kolesterol oksidasyon ürün içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 24’de verilmiştir. Olgunlaştırma süresi etlerin 5,6α-epoksikolesterol ve 25-hidroksikolesterol içeriklerini çok önemli ($P<0,01$) ve 20α-hidroksikolesterol içeriğini ise önemli ($P<0,05$) düzeyde etkilemiştir.

Tablo 24. Kontrol grubu ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin kolesterol oksidasyon ürün içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

Kolesterol Oksidasyon Ürünleri	Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
5,6α-epoksikolesterol	Muamele	2	3,920	21,224**
	Hata	6	0,185	
20α-hidroksikolesterol	Muamele	2	0,335	3,406*
	Hata	6	0,098	
25-hidroksikolesterol	Muamele	2	100,195	11,638**
	Hata	6	8,609	

VK: Varyasyon kaynakları, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, **: $p<0,01$, *: $p<0,05$

Olgunlaştırma süresinin örneklerin kolesterol oksidasyon ürünleri içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 25’te verilmiştir. 5,6 α -epoksikolesterol içeriği açısından değerlendirme yapıldığında, 15 gün boyunca gerçekleştirilen kuru olgunlaştırma işleminin, 0. gün örneklerle kıyasla 5,6 α -epoksikolesterol içeriğini artırdığı ($P<0,05$) tespit edilmiştir. Öte yandan, kuru olgunlaştırma sürecinin 30 güne çıkarılması durumunda ise 5,6 α -epoksikolesterol içeriğinin, 15 gün boyunca kuru olgunlaştırılan örneklerle kıyasla önemli düzeyde ($P<0,05$) azaldığı ve kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmamış 0. gün örnekler ile aralarında bir farklılık olmadığı ($P>0,05$) belirlenmiştir. 20 α -hidroksikolesterol içeriği açısından değerlendirme yapıldığında, 15 gün boyunca gerçekleştirilen kuru olgunlaştırma işleminin, hammaddeye kıyasla 20 α -hidroksikolesterol içeriğini artırdığı ($P<0,05$) belirlenmiştir. Öte yandan, kuru olgunlaştırma sürecinin 30 güne çıkarılması durumunda ise belirlenen 20 α -hidroksikolesterol içeriğinin, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmamış 0. gün örnekler ile 15 gün boyunca kuru olgunlaştırılmış örneklerin 20 α -hidroksikolesterol içeriklerinden farklı olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). 25-hidroksikolesterol içeriği açısından değerlendirme yapıldığında, 5,6 α -epoksikolesterol içeriğinde olduğu gibi, 15 gün boyunca gerçekleştirilen kuru olgunlaştırma işleminin, 0. gün örneklerle kıyasla 25-hidroksikolesterol içeriğini artırdığı ($P<0,05$) belirlenmiştir. Öte yandan, kuru olgunlaştırma sürecinin 30 güne çıkarılması durumunda ise 25-hidroksikolesterol içeriğinin, 15 gün boyunca kuru olgunlaştırılan örneklerle kıyasla azaldığı ($P<0,05$) ve kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmamış 0. gün örnekler ile aralarında bir farklılık olmadığı ($P>0,05$) belirlenmiştir.

Tablo 25. 0. gün ve farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan etlerin kolesterol oksidasyon ürünlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kolesterol Oksidasyon Ürünleri	N	0. Gün	15. Gün	30. gün
5,6 α -epoksikolesterol	3	0,990 $\pm$ 0,253b	3,033 $\pm$ 0,606a	1,123 $\pm$ 0,351b
20 α -hidroksikolesterol	3	0,133 $\pm$ 0,044b	0,798 $\pm$ 0,509a	0,406 $\pm$ 0,183ab
25-hidroksikolesterol	3	2,690 $\pm$ 0,187b	14,050 $\pm$ 4,969a	6,521 $\pm$ 1,049b

*a-b: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak önemli düzeyde ($P<0,05$) farklıdır

Araştırmamızda materyal olarak kullanılan etlerin 15 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmasının, 0. gün örneklerle kıyasla, 5,6 α -epoksikolesterol, 20 α -hidroksikolesterol ve 25-hidroksikolesterol içeriklerinde anlamlı düzeyde ($P<0,05$) artışa neden olduğu belirlenmiştir. Bu artışta, kuru olgunlaştırma işleminin ilk 15 gününe kadarki süreçte, etlerin yağ asidi içeriklerinde görülen değişikliklerin etki edebileceği düşünülmektedir. Zira yapılan korelasyon analizinde, 5,6 α -epoksikolesterol bileşiğinin; Σ SFA ile önemli ($P<0,05$; -0,752) negatif korelasyona ve Σ MUFA ile önemli ($P<0,05$; 0,711) pozitif korelasyona sahip

olduğu belirlenmiştir. 20 α -hidroksikolesterol bileşiğinin; Σ SFA ile önemli ($P<0,05$; -0,697) negatif korelasyona ve Σ MUFA ile önemli ($P<0,05$; 0,689) pozitif korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir. 25-hidroksikolesterol bileşiğinin ise; Σ SFA ile çok önemli ($P<0,01$; -0,819) negatif korelasyona ve Σ MUFA ile önemli ($P<0,05$; 0,784) pozitif korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir. Özetlemek gerekirse, mevcut araştırmada analiz edilen kolesterol oksidasyon ürünlerinin, örneklerin Σ SFA içeriği ile negatif, Σ MUFA içeriği ile pozitif korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Σ SFA içeriği ile negatif korelasyona; çift bağ içermeyen doymuş yağ asitlerinin oksidasyona karşı daha dirençli olması nedeniyle kolesterol oksidasyonunu hızlandıran serbest radikal oluşumunu azaltması ile doymuş yağ asitlerinin oksidasyona karşı kolesterolü dolaylı olarak korumasının etki edebileceği düşünülmektedir. Σ MUFA içeriği ile pozitif korelasyona ise; özellikle oleik asidin içermiş olduğu çift bağ nedeniyle oksijenle kolayca reaksiyona girerek serbest radikal oluşumunu teşvik etmesi neticesinde kolesterol oksidasyonunun hızlandırmasının etki edebileceği düşünülmektedir. Yapılan korelasyon analizi neticesinde, örneklerin kolesterol oksidasyon ürünlerinin; örneklerin su içeriği, pH değeri, ham yağ içeriği, TBARS değeri, kolesterol içeriği ve renk değerleri ile bir korelasyon göstermediği ($P>0,05$) de belirlenmiştir.

Mevcut araştırmada, kuru olgunlaştırma süresinin 15 günden 30 güne uzatılması durumunda 5,6 α -epoksikolesterol ve 25-hidroksikolesterol içeriklerinin anlamlı düzeyde azaldığı ve içeriklerinin, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmayan 0. gün örneklerin içerikleri ile istatistiksel olarak aynı düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bu duruma; kolesterol oksidasyon ürünlerinin zamanla diğer sekonder oksidasyon ürünlerine dönüşmesinin etki edebileceği düşünülmektedir. Nitekim, Vicente *et al.* (2012) 5,6 α -epoksikolesterol veya 5,6 β -epoksikolesterolün, hidrasyon yoluyla cholestane-3 β ,5 α ,6 β -triol'e dönüşebileceğini belirtmişlerdir. Lee *et al.* (2006), sığır bel kasından elde ettikleri ete farklı pişirme metotları ve depolama süreleri uyguladıkları çalışmalarında, 0. gün çiğ sığır etinde 179,66 μ g/100 g olarak belirledikleri 5 α -epoksikolesterol bileşiğini, 3. ve 6. günde tespit edemediklerini rapor etmişlerdir.

Osada *et al.* (2000) 4°C'de 15 gün süreyle depoladıkları sosislerde farklı kolesterol oksidasyon ürünlerini (7 β -hidroksikolesterol, 5 β -epoksikolesterol, 5 α -epoksikolesterol, kolestantriol ve 7-ketokolesterol) inceledikleri çalışmalarında, kolesterol oksidasyon ürünlerinin 15 günün sonunda en yüksek düzeye ulaştığını, ancak kolesterol oksidasyon ürünlerindeki artışın, depolama süresi boyunca tutarlı bir şekilde artan bir trend göstermediğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, kolesterol oksidasyonunun, doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu ile önemli ölçüde hızlandığını, özellikle doymamış yağ asidi oksidasyonundan

türeyen hidroperoksi veya hidroksi radikallerin, kolesterole saldırarak kolesterol oksidasyon zincir reaksiyonunu başlattığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde, kuzu etinin buzdolabı (4°C’de 6 güne kadar) ve donmuş muhafaza (-10°C’de 90 güne kadar) koşulları altında depolanması durumunda, kolesterol oksidasyon ürünlerinde artış gözlemlendiği rapor edilmiştir (Oh *et al.* 1996). Araştırmacılar ayrıca, daha düşük sıcaklıklarda muhafaza sırasında kolesterol oksidasyon ürünlerindeki artışın, çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sonucu oluşan hidroperoksitler gibi serbest radikal zincir reaksiyonu başlatıcılarının varlığına bağlanabileceğini de öne sürmüşlerdir (Oh *et al.* 1996).

Depolama boyunca pişmiş sığır etinin kolesterol oksidasyon ürünleri üzerine ambalajlamanın etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (Ahn *et al.* 2001), çalışmanın 0. günündeki α -epoksid bileşik miktarının farklı ambalajlanmış örneklerde 3,0 ile 5,5 $\mu\text{g/g}$ yağ arasında değiştiği ve 7 günlük ambalajlama neticesinde içeriğin 1,7 ile 17,1 $\mu\text{g/g}$ yağ arasında değiştiği belirlenmiştir. Araştırmada, 0. günde 25,2 ile 49,8 $\mu\text{g/g}$ yağ arasında değişen toplam kolesterol oksidasyon ürün içeriklerinin ise 7. gün sonunda 14,0 ile 373,6 $\mu\text{g/g}$ yağ arasında değiştiği rapor edilmiştir (Ahn *et al.* 2001).

5 α -epoksikolesterol bileşiği; vakum ambalajlanmış pişmiş sığır etinde 0. günde 6,5 $\mu\text{g/g}$ yağ, oksijen geçirgen ambalajlanmış pişmiş sığır etinde 0. günde 5,6 $\mu\text{g/g}$ yağ, vakum ambalajlanmış pişmiş sığır etinde 7. günde 9,5 $\mu\text{g/g}$ yağ ve oksijen geçirgen ambalajlanmış pişmiş sığır etinde 11,4 $\mu\text{g/g}$ yağ olarak (Du *et al.* 2001); ısıtılmış işlem görmemiş sığır eti hamburgerinde 0,8 $\mu\text{g/g}$ yağ olarak (Larkeson *et al.* 2000); vakum ambalajlanmış çiğ sığır etinde 0. günde 5,6 $\mu\text{g/g}$ yağ, oksijen geçirgen ambalajlanmış çiğ sığır etinde 0. günde 7,0 $\mu\text{g/g}$ yağ, vakum ambalajlanmış çiğ sığır etinde 7. günde 9,0 $\mu\text{g/g}$ yağ ve oksijen geçirgen ambalajlanmış çiğ sığır etinde 16,1 $\mu\text{g/g}$ yağ olarak (Nam *et al.* 2001) belirlenmiştir.

20 α -hidroksikolesterol bileşiği; vakum ambalajlanmış pişmiş sığır etinde 0. günde 2,7 $\mu\text{g/g}$ yağ, oksijen geçirgen ambalajlanmış pişmiş sığır etinde 0. günde 2,2 $\mu\text{g/g}$ yağ, vakum ambalajlanmış pişmiş sığır etinde 7. günde 3,1 $\mu\text{g/g}$ yağ ve oksijen geçirgen ambalajlanmış pişmiş sığır etinde 1,1 $\mu\text{g/g}$ yağ olarak (Du *et al.* 2001); vakum ambalajlanmış çiğ sığır etinde 0. günde 0,6 $\mu\text{g/g}$ yağ, vakum ambalajlanmış çiğ sığır etinde 7. günde 3,6 $\mu\text{g/g}$ yağ ve oksijen geçirgen ambalajlanmış çiğ sığır etinde 5,3 $\mu\text{g/g}$ yağ olarak (Nam *et al.* 2001) belirlenmiştir. Öte yandan, Nam *et al.* (2001) oksijen geçirgen ambalajlanmış çiğ sığır etinde 0. günde 20 α -hidroksikolesterol bileşiğini tespit edemediklerini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Broncano *et al.* (2009) da *Latissimus dorsi* kasından elde ettikleri çiğ domuz etinde 20 α -hidroksikolesterol bileşiğini belirleyememişlerdir. Lee *et al.* (2006) ise sığır bel kasından elde ettikleri çiğ ette

depolamanın 0. ve 6. gününde 20 α -hidroksikolesterol bileşimini belirleyemezken, depolamanın 3. gününde 41,28 μ g/100 g düzeyinde belirlemişlerdir.

25-hidroksikolesterol bileşiği; *Latissimus dorsi* kasından elde edilen çiğ domuz etinde 22,1 μ g/100g et olarak belirlenmiştir (Broncano *et al.* 2009). Lee *et al.* (2006) ise sığır bel kasından elde ettikleri çiğ ette depolamanın 0. ve 3. gününde 25-hidroksikolesterol bileşimini belirleyemezken, depolamanın 6. gününde 837,09 μ g/100 g düzeyinde belirlemişlerdir. Öte yandan, Vicente and Torres (2007), çiğ sığır eti hamburgerlerinde 25-hidroksikolesterol bileşimini tespit edemediklerini bildirmişlerdir.

Literatürde yer alan çalışmalardaki kolesterol oksidasyon ürünlerinin içerikleri arasındaki farklılıkların; hayvan ırkı, yaşı, cinsiyeti, besleme şekli, yağ içeriği, kolesterol içeriği, olgunlaştırma/depolama koşulları, analiz metotları vb. farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Farklı sürelerde (15 ve 30 gün) uygulanan kuru olgunlaştırma işleminin, sığır etinin (*M. Longissimus thoracis et lumborum*) çeşitli kalite parametreleri ile kolesterol ve kolesterol oksidasyon ürünlerinin (5,6 α -epoksikolesterol, 20 α -hidroksikolesterol ve 25-hidroksikolesterol) oluşumu üzerine etkisini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen araştırmamızdaki sonuçlar, aşağıda maddeler halinde verilmiştir;

1. Olgunlaştırma süresi et örneklerinin ağırlık ve tıraşlama kayıplarına çok önemli ($p<0,01$) düzeyde etki etmiştir. Olgunlaştırma süresi ilerledikçe örneklerin ağırlık ve tıraşlama kayıplarının arttığı belirlenmiştir. Farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmuş etlerin ağırlık kayıplarının %30,55 ile 47,07 arasında, tıraşlama kayıplarının ise %15,52 ile 23,16 arasında değiştiği belirlenmiştir.
2. Olgunlaştırma süresi etlerin su içeriğine çok önemli ($P<0,01$) düzeyde etki etmiştir. Olgunlaştırma süresi ilerledikçe örneklerin su içeriklerinin oransal olarak önemli düzeyde azaldığı ve hammadde ile farklı sürelerde (15 ve 30. gün) kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmuş etlerin su içeriklerinin %45,50 ile 69,89 arasında değiştiği belirlenmiştir.
3. Olgunlaştırma süresi etlerin pH değerine önemli ($P<0,05$) düzeyde etki etmiştir. Kuru olgunlaştırma işleminin, kontrol grubu etlere kıyasla pH değerini artırdığı, 15 ve 30 gün boyunca kuru olgunlaştırılan örneklerin pH değerleri arasında bir farklılık olmadığı ($p>0,05$) ve hammadde ile farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan örneklerin pH değerlerinin 5,71 ile 5,90 arasında değiştiği belirlenmiştir.
4. Olgunlaştırma süresi etlerin ham yağ içeriğine çok önemli ($P<0,01$) düzeyde etki etmiştir. 0. gün örnekler ile 15 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan örneklerin ham yağ içerikleri açısından bir farklılığın olmadığı ($p>0,05$), ancak olgunlaştırma süresinin 30 güne çıkarılması durumunda ham yağ içeriğinin anlamlı düzeyde arttığı ve hammadde ile farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan örneklerin ham yağ içeriklerinin %6,23 ile 11,70 arasında değiştiği belirlenmiştir.
5. Olgunlaştırma süresi etlerin Σ SFA ve Σ MUFA içerikleri üzerine çok önemli ($P<0,01$), Σ PUFA içeriği üzerine ise önemli ($P<0,05$) düzeyde etki etmiştir. Kuru olgunlaştırma işleminin et örneklerinin Σ SFA içeriğini azalttığı ve Σ MUFA

içeriğini artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca olgunlaştırma süresinin 15 günden 30 güne çıkarılması durumunda etlerin Σ SFA içeriğinin önemli düzeyde ($P<0,05$) arttığı, buna karşın Σ MUFA içeriğinin ise önemli düzeyde ($p<0,05$) azaldığı belirlenmiştir. Σ PUFA içeriği açısından, sadece 0. gün örnekler ile 30 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan örnekler arasında anlamlı bir farklılık ($P<0,05$) tespit edilmiştir.

6. Olgunlaştırma süresi örneklerin TBARS değerine çok önemli ($P<0,01$) düzeyde etki etmiştir. Kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin, 0. gün etlere kıyasla önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek TBARS değerine sahip olduğu ve olgunlaştırma süresi uzadıkça örneklerin TBARS değerlerinde anlamlı yükselmeler ($P<0,05$) olduğu ve hammadde ile farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan örneklerin TBARS değerlerinin 0,24 ile 1,24 mg MDA/kg arasında değiştiği belirlenmiştir.
7. Olgunlaştırma süresi etlerin L^* ve a^* değerleri üzerine çok önemli ($P<0,01$) düzeyde etki ederken, b^* değeri üzerine ise anlamlı bir etkisinin olmadığı ($P>0,05$) tespit edilmiştir. Kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin, 0. gün etlere kıyasla önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük L^* değerine sahip olduğu ve olgunlaştırma süresi uzadıkça örneklerin L^* değerlerinde anlamlı düzeyde ($p<0,05$) düşüş gerçekleştiği belirlenmiştir. Ayrıca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan etlerin, 0. gün etlere kıyasla önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük a^* değerine sahip olduğu, ancak 15 ve 30 gün boyunca kuru olgunlaştırılan örneklerin a^* değerleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir.
8. Olgunlaştırma süresinin etlerin kolesterol içeriği üzerine bir etkisinin olmadığı ($P>0,05$) ve hammadde ile farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan örneklerin kolesterol içeriklerinin 3,89 ile 6,51 mg/g yağ (32,89 ile 45,51 mg/100 g et) arasında değiştiği belirlenmiştir.
9. Olgunlaştırma süresi etlerin 5,6 α -epoksikolesterol ve 25-hidroksikolesterol içeriklerine çok önemli ($P<0,01$) düzeyde, 20 α -hidroksikolesterol içeriğine ise önemli ($P<0,05$) düzeyde etki etmiştir.
10. 15 gün boyunca gerçekleştirilen kuru olgunlaştırma işleminin, 0. gün örneklere kıyasla 5,6 α -epoksikolesterol içeriğini önemli düzeyde ($P<0,05$) artırdığı, kuru olgunlaştırma sürecinin 30 güne çıkarılması durumunda ise 5,6 α -epoksikolesterol içeriğinin, 15 gün boyunca kuru olgunlaştırılan örneklere kıyasla önemli düzeyde

($P<0,05$) azaldığı ve kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmamış 0. gün örnekler ile aralarında bir farklılık olmadığı ($P>0,05$) belirlenmiştir.

11. 15 gün boyunca gerçekleştirilen kuru olgunlaştırma işleminin, hammaddeye kıyasla 20α -hidroksikolesterol içeriğini artırdığı ($P<0,05$), kuru olgunlaştırma sürecinin 30 güne çıkarılması durumunda ise 20α -hidroksikolesterol içeriğinin, kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmamış 0. gün örnekler ile 15 gün boyunca kuru olgunlaştırılmış örneklerin 20α -hidroksikolesterol içeriklerinden farklı olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$).

12. 15 gün boyunca gerçekleştirilen kuru olgunlaştırma işleminin, 0. gün örneklere kıyasla 25-hidroksikolesterol içeriğini artırdığı ($P<0,05$), kuru olgunlaştırma sürecinin 30 güne çıkarılması durumunda ise 25-hidroksikolesterol içeriğinin, 15 gün boyunca kuru olgunlaştırılan örneklere kıyasla önemli düzeyde ($P<0,05$) azaldığı ve kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulmamış 0. gün örnekler ile aralarında bir farklılık olmadığı ($P>0,05$) belirlenmiştir.

Mevcut araştırma bulguları neticesinde, farklı sürelerde (15 ve 30 gün) uygulanan kuru olgunlaştırma işleminin, etlerin çeşitli kalite kriterleri üzerine farklı etkiler gösterdiği tespit edilmiştir. Ağırlık ve tıraşlama kaybındaki artma ve su içeriklerindeki azalma nedeniyle kuru olgunlaştırma işleminin önemli bir ekonomik kayba neden olduğu belirlenmiştir. Ham yağ içeriği açısından genel değerlendirme yapıldığında; 30 gün boyunca yapılan kuru olgunlaştırma işleminin, ham yağ içeriklerini, 0. gün ve 15 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan örneklere kıyasla önemli düzeyde oransal olarak artırdığı ($P<0,05$) belirlenmiştir. Yağ asitleri açısından genel değerlendirme yapıldığında; kuru olgunlaştırma işleminin Σ SFA içeriğini önemli düzeyde ($P<0,05$) azalttığı ve Σ MUFA içeriğini önemli düzeyde ($P<0,05$) artırdığı belirlenmiştir. Lipid oksidasyonu açısından genel değerlendirme yapıldığında; kuru olgunlaştırma işleminin TBARS değerini önemli düzeyde ($P<0,05$) artırdığı, ancak belirlenen en yüksek TBARS değerinin bile okside sığır etinin genel kabul edilebilirliği için sınırlayıcı eşik değerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Kolesterol içeriği açısından genel değerlendirme yapıldığında; kuru olgunlaştırma işleminin örneklerin kolesterol içeriği üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığı ve örneklerin kolesterol içeriğinin, ham yağ içeriği ve kolesterol oksidasyon ürünleri de dahil olmak üzere, araştırmada yapılan analizlerin hiçbirisi ile bir korelasyon göstermediği ($P>0,05$) belirlenmiştir. Dolayısıyla, hammadde ile farklı sürelerde (15 ve 30 gün) kuru olgunlaştırılan örneklerin kolesterol içerikleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Kolesterol oksidasyon ürünleri içeriği açısından genel değerlendirme yapıldığında; 15 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan örneklerin, 0. gün

örneklere kıyasla yüksek ($P<0,05$) kolesterol oksidasyon ürünleri içerdiği belirlenmiştir. Öte yandan, 30 gün boyunca kuru olgunlaştırma işlemine tabi tutulan örneklerin kolesterol oksidasyon ürünleri içeriklerinin, olgunlaştırma işlemine tabi tutulmayan 0. gün örneklerinin kolesterol oksidasyon ürünlerinden anlamlı bir farklılığının olmadığı ($P>0,05$) belirlenmiştir. Sonuç olarak, hem renk ve tat aroma açısından albenisi yüksek hem de kolesterol ve kolesterol oksidasyon ürünleri açısından daha güvenilir bir et ürünü elde etmek amacıyla 30 gün boyunca kuru olgunlaştırma işleminin etlere uygulanabileceği düşünülmektedir. Ancak kuru olgunlaştırma işlemi esnasındaki ekonomik kayıplar, mikrobiyal yükteki değişiklikler ve protein oksidasyonlarının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir.



KAYNAKÇA

- Ahn, D. U., Nam, K. C., Du, M. and Jo, C., 2001. Effect of irradiation and packaging conditions after cooking on the formation of cholesterol and lipid oxidation products in meats during storage. *Meat Science*, 57(4), 413–418.
- Ahnström, M. L., Seyfert, M., Hunt, M. C. and Johnson, D. E., 2006. Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. *Meat Science*, 73, 674-679.
- Akıncı, İ., 2015. Dry Aging Application in Home Type Refrigerators. MS Thesis, The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University, Ankara.
- Akkaya, E., 2019. Farklı Enzim Uygulamalarının ve Olgunlaştırma Yöntemlerinin Sığır Etlerinin Kalite Parametreleri ve Raf Ömrü Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aksu, M. İ., Kaya, M. and Ockerman, H. W., 2005. Effect of modified atmosphere packaging, storage period, and storage temperature on the residual nitrate of sliced-pastırma, dry meat product, produced from fresh meat and frozen/thawed meat. *Food Chemistry*, 93(2), 237–242.
- Al-Ismail, K., 2002. Effect of two methods of grilling on the oxidative rancidity and cholesterol oxidation in beef and chicken shawerma. *Grasas Y Aceites*, 53, 335-339.
- Ali, M and Chang, N., 2021. Physicochemical attributes, oxidative stability, and microbial profile of boneless sirloin and bone-in T-bone steaks from Hanwoo steer with reference to dry-aging. *Journal of Animal Science and Technology*, 63(5), 1169-1181.
- Anonim, 2021. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı, <http://www.turkomp.gov.tr/>.
- Ardıçlı, S., 2018. Genetik ve Postmortem Mekanizmaların Sığır Eti Renk Özellikleri Üzerine Etkisi. *Uludag University Journal of the Faculty of Veterinary Medicine*, 37(1), 49-59.
- Baggio, S. R. and Bragagnolo, N., 2006. The effect of heat treatment on the cholesterol oxides, cholesterol, total lipid and fatty acid contents of processed meat products. *Food Chemistry*, 95(4), 611–619.
- Bekhit, A. E. D. A., Carne, A., Ha, M. and Franks, P., 2013. Physical Interventions to Manipulate Texture and Tenderness of Fresh Meat: A Review. *International Journal of Food Properties*, 17(2), 433-453.
- Bekhit, A. E. D. and Faustman, C., 2005. Metmyoglobin reducing activity. *Meat Science*, 71, 407-439.
- Bender, A., 1992. Meat and meat products in human nutrition in developing countries (FAO Food and Nutrition Paper). Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Berger, J., 2017. Effects of Dry-Aging on Eating Quality, Physicochemical and Microbiological Attributes of Grass-Fed Beef Loins. Purdue University, Master of Science.
- Bernardo, A. P. S., Silva, A. C. M., V.C. Francisco, V.C., Ribeiro, F. A., Nassu, r. T., Calkins, C. R., Nascimento, M. S. and Pflanzner, S. B., 2020. Effects of freezing and thawing on microbiological and physical-chemical properties of dry-aged beef. *Meat Science*, 161, 108003.
- Biasi, F., Chiarpotto, E., Sottero, B., Maina, M., Mascia, C., Guina, T., Gamba, P., Gargiulo, S., Testa, G., Leonarduzzi, G. and Poli, G., 2013. Evidence of cell damage induced by

- major components of a diet- compatible mixture of oxysterols in human colon cancer CaCo-2 cell line. *Biochimie*, 95, 632-640.
- Bilska, A., Rudzińska, M., Kowalski, R. and Krysztofiak, K., 2009. The effect of soy hydrolysates on changes in cholesterol content and its oxidation products in fine-ground model sausages. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 8, 15-22.
- Boland, M., Kaur, L., Chian, F. M. and Astruc, T., 2018. Muscle Proteins. Reference Module in Food Science, hal-02000883, 1-17.
- Britt, C., Gomaa, E. A., Gray, J. I. and Booren, A. M., 1998. Influence of Cherry Tissue on Lipid Oxidation and Heterocyclic Aromatic Amine Formation in Ground Beef Patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 4891-4897.
- Broncano, J. M., Petron, M. J., Parra, V., Timon, M. L., 2009. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in *Latissimus dorsi* muscle of Iberian pigs. *Meat Science*, 83, 431-437.
- Brown, A. J. and Jessup, W., 2009. Oxysterols: Sources, cellular storage and metabolism, and new insights into their roles in cholesterol homeostasis. *Molecular Aspects of Medicine*, 30(3), 111-122.
- Campbell, R. E., Hunt M. C., Levis P. and Chambers, E., 2001. Dry-aging effects on palatability of beef longissimus muscle. *Journal of Food Science*, 66(2), 196-199.
- Capouya, R., Mitchell, T., Clark, D. I., Clark, D. L. and Bass, P., 2020. A Survey of Microbial Communities on Dry-Aged Beef in Commercial Meat Processing Facilities. *Meat and Muscle Biology*, 4(1).
- Cetinkaya, A. and Oz, F. 2018. Changes in cholesterol and free fatty acid content of Kars Gravyer Cheese (A Turkish dairy product produced by the traditional method). *Ukrainian Food Journal*, 7, 409-420.
- Chen, L. J., Lu, Y. F., Chien, J. T. and Chen, B. H., 2010. Formation and inhibition of cholesterol oxidation products in tea-leaf eggs during marinating. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 10467-10474.
- Chiu, C. W., Kao, T. H. and Chen, B. H., 2018. An improved analytical method for determination of cholesterol oxidation products in meat and animal fat by QuEChERS coupled with gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(13), 3561-3571.
- Chizzolini, R., Zanardi, E., Dorigoni, V. and Ghidini, S., 1999. Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. *Trends in Food Science and Technology*, 10(4-5), 119-128.
- Cho, S., Kang, S. M., Kim, Y. S., Kim, Y. C., Ba, H. V., Seo, H. W., Lee, E. M., Seong, P. N. and Kim, J. H., 2018. Comparison of Drying Yield, Meat Quality, Oxidation Stability and Sensory Properties of Bone-in Shell Loin Cut by Different Dry-aging Conditions. *Korean Journal for Food Science Animal Resources*, 38(6), 1131-1143.
- Choe, J., Kim, K. T., Lee, H. J., Oh, J. M., Kim, H. C., Park, B. J., Choi, Y. I. and Jo, C., 2018. Storage stability of dry-aged beef: the effects of the packaging method and storage temperature. *Korean Journal of Agricultural Science*, 45(2), 211-218.
- Conchillo, A., Ansoreno, D. and Astiasaran, I., 2005. Intensity of lipid oxidation and formation of cholesterol oxidation products during frozen storage of raw and cooked chicken. *Journal of Science Food and Agriculture*, 85, 141-146.

- Coton, E., Dubée, M., Pawtowski, A., Denoyelle, C. and Mounier, J., 2024. Microbiota associated with commercial dry-aged beef in France. *Food Research International*, 181, 114118.
- Dantas, N. M., de Oliveira, V. S., Sampaio, G. R., Chrysostomo, Y. S. K., Chávez, D. W. H., Gamallo, O. D., Sawaya, A.C. H. F., Torres, E. A. F. S. and Saldanha, T., 2021. Lipid profile and high contents of cholesterol oxidation products (COPs) in different commercial brands of canned tuna. *Food Chemistry*, 352, 129334.
- Dashdorj, D., Tripathi, V. K., Cho, S., Kim, Y. and Hwang, I. H., 2016. Dry aging of beef: Review. *Journal of Animal Science Technology*, 58, 20.
- Davis, K. A., Huffman, D. L. and Cordray, J. C., 1975. Effect of mechanical tenderization, aging and pressing on beef quality. *Journl of Food Science*, 40(6), 1222-1224.
- de Oliveira, V. S., Ferreira, F. S., Cople, M. C. R., Labre, T. da S., Augusta, I. M., Gamallo, O. D. and Saldanha, T., 2018. Use of Natural Antioxidants in the Inhibition of Cholesterol Oxidation: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17, 1465-1483.
- DeGeer, S. L., Hunt, M. C., Bratcher, C. L., Crozier-Dodson, B. A., Johnson, D. E. and Stika, J. F., 2009. Effects of dry aging of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times. *Meat Science*, 83(4), 768-774.
- Di Paolo, M., Ambrosio, R. L., Lambiase, C., Vuoso, V., Salzano, A., Bifulco, G., Barone, C. M. A. and Marrone, R., 2023. Effects of the Aging Period and Method on the Physicochemical, Microbiological and Rheological Characteristics of Two Cuts of Charolais Beef. *Foods*, 12, 531.
- Dikeman, M. E., Obuz, E., Gök, V., Akkaya, L. and Stroda, S., 2013. Effects of dry, vacuum, and special bag aging; USDA quality grade; and end-point temperature on yields and eating quality of beef *Longissimus lumborum* steaks. *Meat Science*, 94(2), 228–233.
- Diles, J. J. B., Miller, M. F. and Owen, B. L., 1994. Calcium chloride concentration injection time, and aging period effects on tenderness, sensory, and retail color attributes of loin steaks from mature cows. *Journal of Animal Science*, 72(9), 2017-2021.
- Dionisi, F., Golay, P., Aeschlimann, J. and Fay, L., 1998. Determination of cholesterol oxidation products in milk powders: methods comparison and validation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 2227- 2233.
- Du, M., Nam, K. C. and Ahn, D. U., 2001. Cholesterol and Lipid Oxidation Products in Cooked Meat as Affected by Raw-Meat Packaging and Irradiation and by Cooked-Meat Packaging and Storage Time. *Journal of Food Science*, 66(9), 1396–1401.
- Ekmekcioglu, C., Wallner, P., Kundi, M., Weisz, U., Haas, W. and Hutter, H. P., 2017. Red meat, diseases, and healthy alternatives: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(2), 247-261.
- 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.
- Foraker, B.A. Gredell, D. A., Legako, J. F., Stevens, R. D., Tatum, J. D., Belk, K. E. and Woerner D. R., 2020. Flavor, Tenderness, and Related Chemical Changes of Aged Beef Strip Loins. *Meat and MuscleBiology*, 4(1), 1-18.
- Galletly, J., 2016. Dry Aged Beef -Design and Good Manufacturing Practices Review. Meat and Livestock Australia Limited Locked Bag, P.PSH.0679, 14.01.2016.

- Georgiou, C. A., Constantinou, M. S. and Kapnissi-Christodoulou, C. P., 2014. Sample preparation: A critical step in the analysis of cholesterol oxidation products. *Food Chemistry*, 145, 918-926.
- Gorassini, A., Verardo, G., Fregolent, S. C. and Bortolomeazzi, R., 2017. Rapid determination of cholesterol oxidation products in milk powder based products by reversed phase SPE and HPLC-APCI-MS/MS. *Food Chemistry*, 230, 604-610.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y., Zorba, Ö. 2010. Et ve Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Klavuzu. (V. Baskı), Atatürk Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 751, Ziraat Fak. Yayın No: 318.Ders kitapları seri no:69 Atatürk Üniv. Ofset Tesisi, Erzurum.
- Gredell, D. A., McHenry, J. H., Woerner, D. R., Legako, J. F., Engle, T. E., Brooks, J. C., Tatum, J. D. and Belk, K. E., 2018. Palatability Characterization of Fresh and Dry-Aged Ground Beef Patties. *Meat and Muscle Biology*, 2(1), 265.
- Grün, C. H. and Besseau, S., 2016. Normal-phase liquid chromatography-atmospheric-pressure photoionization-mass spectrometry analysis of cholesterol and phytosterol oxidation products. *Journal of Chromatography A*, 1439, 74-81.
- Guardiola, F., Codony, R., Rafecas, M. and Boatella, J., 1995. Comparison of three methods for the determination of oxysterols in spray-dried egg. *Journal of Chromatography A*, 705(2), 289-304.
- Guo, X., Zhang, Y., Qian, Y. and Peng, Z., 2020. Effects of cooking cycle times of marinating juice and reheating on the formation of cholesterol oxidation products and heterocyclic amines in marinated pig hock. *Foods*, 9(8), 1104.
- Ha, Y., Hwang, I., Ba, H. V., Ryu, S., Kim, Y., Kang, S. M., Kim, J., Kim, Y. and Cho, S., 2019. Effects of dry- and wet-ageing on flavor compounds and eating quality of low fat Hanwoo beef muscles. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 39(4), 655-667.
- Hedrick H. B., Stringer W. C. and Clarke, A., 1993. "Recommendations for aging beef". University of Missouri Extension. Available: <https://extension2.Missouri.edu/G2209>. (Accessed: 25.01.2021).
- Hodges, J. H., Cahill, V. R. and Ockerman, H. W., 1974. Effect of vacuum packaging on weight loss, microbial growth and palatability of fresh beef wholesale cuts. *Journal of Food Science*, 39(1), 143-146.
- Hsu, K. Y. and Chen, B. H., 2020. Analysis and reduction of heterocyclic amines and cholesterol oxidation products in chicken by controlling flavorings and roasting condition. *Food Research International*, 131, 109004.
- Hsu, K. Y., Inbaraj, B. S. and Chen, B. H., 2020. Evaluation of analysis of cholesterol oxidation products and heterocyclic amines in duck and their formation as affected by roasting methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 28, 128-142.
- Huff-Lonergan, E., Zhang, W. and Lonergan, S. M., 2010. Biochemistry of postmortem muscle-Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, 86(1), 184-195.
- Hulánková, R., Kameník, J., Saláková, A., Závodský, D. and Borilova, G., 2018. The effect of dry aging on instrumental, chemical and microbiological parameters of organic beef loin muscle. *LWT-Food Science and Technology*, 89, 559-565.
- Hung, Y.-T., Lee, Y.-T., Inbaraj, B. S., Sridhar, K. and Chen, B.-H., 2021. Analysis and formation of polycyclic aromatic hydrocarbons and cholesterol oxidation products in thin slices of dried pork during processing. *Food Chemistry*, 353, 129474.

- Hur, S. J., Park, G. B. and Joo, S. T., 2007. Formation of cholesterol oxidation products (COPs) in animal products. *Food Control*, 18, 939-947.
- Hwang, Y. H., Sabikun, N., Ismail, I. and Joo, S. T., 2018. Comparison of meat quality characteristics of wet- and dry-aging pork belly and shoulder blade. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(5), 950-958.
- Jeremiah, L. and Gibson, L., 2003. The effects of postmortem product handling and aging time on beef palatability. *Food Research International*, 36(9-10), 929-941.
- Kahraman, H. A. and Gürbüz, Ü., 2018. Aging Applications on Beef Meat. *MANAS Journal of Engineering*, 6(1), 7-13.
- Karaca-Demircioğlu, S., 2011. Kuru ve Yaş Olgunlaştırma Yöntemlerinin Sığır Eti Kalite Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Kemp, C. M. and Parr, T., 2012. Advances in apoptotic mediated proteolysis in meat tenderisation. *Meat Science*, 92(3), 252-259.
- Kemp, C. M., Sensky, P. L., Bardsley, R. G., Buttery, P. J. and Parr, T., 2010. Tenderness-an enzymatic view. *Meat Science*, 84, 248-256.
- Khan, M. I., Jung, S., Nam, K. C. and Jo, C., 2016. Postmortem Aging of Beef with a Special Reference to the Dry Aging. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(2), 159-169.
- Khan, M. I., Min, J. S., Lee, S. O., Yim, D. G., Seol, K. H., Lee, M. and Jo, C., 2015. Cooking, storage, and reheating effect on the formation of cholesterol oxidation products in processed meat products. *Lipids in Health and Disease*, 14(1), 89.
- Kılıç, B. and Richards, M.P., 2003. Lipid oxidation in poultry döner kebab: prooxidative and antioxidative factors. *Journal of Food Science*, 68(2), 686-689.
- Kilgannon, A. K., Holman, B. W. B., Frank, D. C., Mawson, A. J., Collins, D. and Hopkins, D. L., 2020. Temperature-time combination effects on aged beef volatile profiles and their relationship to sensory attributes. *Meat Science*, 108, 193.
- Kim, M., Choe, J., Lee, H. J., Yoon, Y., Yoon, S. and Jo, C., 2019. Effects of Aging and Aging Method on Physicochemical and Sensory Traits of Different Beef Cuts. *Food Science of Animal Resources*, 39(1), 54-64.
- Kim, S., Kim, J. C., Park, S., Kim, J., Yoon, Y. and Lee, H., 2021. Identification of microbial flora in dry aged beef to evaluate the rancidity during dry aging. *Processes*, 9, 2049.
- Kim, Y. H. B., Kemp, R. and Samuelsson, L. M., 2016. Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat Science*, 111, 168-176.
- Koohmaraie, M., 1988. The role of endogenous proteases in meat tenderness. *American Meat Science Association*, 41, 89-100.
- Koohmaraie, M., 1994. Muscle Proteinases and meat aging. *Meat Science*, 36, 93-104.
- Kulig, W., Cwiklik, L., Jurkiewicz, P., Rog, T. and Vattulainen, I., 2016. Cholesterol oxidation products and their biological importance. *Chemistry and Physics of Lipids*, 199, 144-160.
- Kumar, N. and Singhal, O. P., 1991. Cholesterol Oxides and Atherosclerosis: A Review. *Journal of Science Food and Agriculture*, 55, 497-510.
- Kumar, N. and Singhal, O. P., 1992. Effect of processing conditions on the oxidation of cholesterol in ghee. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 58, 267-273.

- Lancaster, J. M., Smart, J. H., Van Buren, J., Buseman, B. J., Weber, T. M., Insausti, K., Nasados, J. A., Glaze, B., Price, W. J. Colle, M. J. and Bass, P. D., 2022. Assessment of dry-aged beef from commercial aging locations across the United States. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 27, 100466.
- Larkeson, B., Dutta, P.C. and Hansson, I., 2000. Effects of Frying and Storage on Cholesterol Oxidation in Minced Meat Products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77, 675-680.
- Laster, M. A., Smith, R. D., Nicholson, K. L., Nicholson, J. D. W., Miller, R. K., Griffin, D. B., Harris, K. B. and Savell, J. W., 2008. Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer sensory attribute evaluations of steaks from ribeyes, strip loins, and top sirloins from two quality grade groups. *Meat Science*, 80, 795-804.
- Lawrie, R.A. and Ledward, D. A., 2006. Meat and human nutrition. *Lawrie's meat science*, Seventh Edition, Woodhead Publishing in Food Science, Technology and Nutrition, England, 343-346.
- Lee, D., Lee, H.J., Yoon, J. W., Ryu, M. and Jo, C., 2021. Effects of cooking conditions on the physicochemical and sensory characteristics of dry- and wet-aged beef. *Animal Bioscience*, 34(10), 1705-1716.
- Lee, S. O., Lim, D. G., Seol, K. H., Erwanto, Y. and Lee, M., 2006. Effects of various cooking and re-heating methods on cholesterol oxidation products of beef loin. *Asian-Australas Journal of Animal Science*, 19, 756-762.
- Lercker, G. and Rodriguez-Estrada, M. T., 2000. Cholesterol oxidation: presence of 7-ketocholesterol in different food products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 13(4), 625-631.
- Li, X., Babol, J., Bredie, W. L. P., Nielsen, B., Tománková, J. and Lundström, K., 2014. A comparative study of beef quality after ageing longissimus muscle using a dry ageing bag, traditional dry ageing or vacuum package ageing. *Meat Science*, 97(4), 433-442.
- Linseisen, J. and Wolfram, G., 1998. Origin, metabolism, and adverse health effects of cholesterol oxidation products. *Lipid-Fett*, 100(6), 211-218.
- Lund, E. and Bjorkhem, I., 1994. Down-regulation of hepatic HMG-CoA reductase in mice by dietary cholesterol: importance of the Δ^5 double bond and evidence that oxidation at C-3, C-5, C-6 or C-7 is not involved. *Biochemistry*, 33, 291-297.
- Maggiolino, A., Sgarro, M. F., Natrella, G., Lorenzo, J. M., Colucci, A., Faccia, M. and De Palo, P., 2021. Dry-aged beef steaks: effect of dietary supplementation with pinus taeda hydrolyzed lignin on sensory profile, colorimetric and oxidative stability. *Foods* 2021, 10, 1080.
- Maldonado-Pereira, L., Schweiss, M., Barnaba, C. and Medina-Meza, I. G., 2018. The role of cholesterol oxidation products in food toxicity. *Food and Chemical Toxicology*, 118, 908-939.
- Mariutti, L. R. and Bragagnolo, N., 2017. Influence of salt on lipid oxidation in meat and seafood products: A review. *Food Research International*, 94, 90-100.
- Mariutti, L. R. B., Nogueira, G. and Bragagnolo, N., 2011. Lipid and cholesterol oxidation in chicken meat are inhibited by sage but not by garlic. *Journal of Food Science*, 76, 909-915.
- Mariutti, L. R. B., Nogueira, G. C. and Bragagnolo, N., 2008. Optimization and Validation of Analytical Conditions for Cholesterol and Cholesterol Oxides Extraction in Chicken

- Meat Using Response Surface Methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(9), 2913-2918.
- Matarnah, S. K., England, E. M., Scheffler, T. L. and Gerrard, D. E., 2017. The Conversion of Muscle to Meat. *Lawrie's meat science*, 159-185.
- Mazalli, M. R. and Bragagnolo, N., 2009. Increase of cholesterol oxidation and decrease of PUFA as a result of thermal processing and storage in eggs enriched with n-3 fatty acids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 5028–5034.
- Medina-Meza, I. G. and Barnaba, C., 2013. Kinetics of Cholesterol Oxidation in Model Systems and Foods: Current Status. *Food Engineering Reviews*, 5, 171-184
- Medina-Meza, I. G., Rodriguez-Estrada, M.T., Lercker, G., Soto-Rodríguez, I. and García, H. S., 2011. Unusual oxidative pattern in thermo-oxidation of dry films of cholesterol. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 10(1), 47-57.
- Miller, M. F., Davis, G. W. and Ramsey, C. B., 1985. Effect of Subprimal Fabrication and Packaging Methods on Palatability and Retail Caselife of Loin Steaks from Lean Beef. *Journal of Food Science*, 50, 1544-1546.
- Min, J. S., Lee, S. O., Khan, M. I., Yim, D. G., Seol, K. H., Lee, M. and Jo, C., 2015. Monitoring the formation of cholesterol oxidation products in model systems using response surface methodology. *Lipids in Health and Diseases*, 14, 77.
- Minks, D. and Stringer, W. C., 1972. The influence of aging beef in vacuum. *Journal of Food Science*, 37(5), 736-738.
- Muştu, Ç., 2019. Etlerde Kuru Yaşlandırma. *Aydın Gastronomy*, 3(1), 23-35.
- Nadia, H., 2019. Cholesterol Oxidation Products (COPs) in Ruminant Meat: A Biological and Pathological Approach: A Review. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 38(3), 191-202.
- Nam, K., Du, M., Jo, C. and Ahn, D., 2001. Cholesterol oxidation products in irradiated raw meat with different packaging and storage time. *Meat Science*, 58(4), 431–435.
- Novelli, E., Zanardi, E., Ghiretti, G.P., Campanini, G., Dazzi, G., Madarena, G. and Chizzolini, R., 1998. Lipid and cholesterol oxidation in frozen stored pork, salame Milano and mortadella. *Meat Science*, 48, 29-40.
- Obuz, E., Akkaya, L., Gök, V. and Dikeman, M. E., 2014. Effects of blade tenderization, aging method and aging time on meat quality characteristics of Longissimus lumborum steaks from cull Holstein cows. *Meat Science*, 96(3), 1227–1232.
- Ogino, Y., Osada, K., Nakamura, S., Ohta, Y., Kanda, T. and Sugano, M., 2007. Absorption of dietary cholesterol oxidation products and their downstream metabolic effects are reduced by dietary apple polyphenols. *Lipids*, 42, 151-161.
- Oh, S. H., Ha, T. I and Jang, M. H., 1996. Changes in Cholesterol Contents of Kwamaegi Flesh by Drying Methods of Pacific saury, *Cololabis saira*. *The Korean Journal of Food and Nutrition*, 9(3), 271-274.
- Olkkonen, V. M., Béaslas, O. and Nissilä, E., 2012. Oxysterols and their cellular effectors. *Biomolecules*, 2(1), 76-103.
- Olkkonen, V. M., Gylling, H. and Ikonen, E., 2015. Plant sterols, cholesterol precursors and oxysterols: Minute concentrations-Major physiological effects. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 169, 4-9.

- Orkus, A., Wolanska, W. and Krajinska, U., 2021. The Assessment of Changes in the Fatty Acid Profile and Dietary Indicators Depending on the Storage Conditions of Goose Meat. *Molecules*, 26(17), 5122.
- Osada, K., Hoshina, S., Nakamura, S. and Sugano, M., 2000. Cholesterol Oxidation in Meat Products and Its Regulation by Supplementation of Sodium Nitrite and Apple Polyphenol before Processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(9).
- Otaegui-Arrazola, A., Menéndez-Carreño, M., Ansorena, D. and Astiasarán, I., 2010. Oxysterols: A world to explore. *Food and Chemical Toxicology*, 48(12), 3289-3303.
- Oz, E., 2018. Kas tipinin pastırmanın proteolitik değişimleri ve bazı kalitatif özelliklerine etkisi. Doktora Tezi (PhD thesis), Atatürk Üniversitesi.
- Oz, F. and Kızıl, M., 2013. Determination of heterocyclic amines in cooked commercial frozen meat products by ultra fast liquid chromatography. *Food Analytical Methods*, 6, 1370-1378.
- Paniangvait, P., King, A. J., Jones, A. D. and German, B. G., 1995. Cholesterol oxides in foods of animal origin. *Journal of Food Science*, 60(6), 1159-1174.
- Parrish, F. C., Jr., Boles, J. A., Rust, R. E. and Olson, D. G., 1991. Dry and wet aging effects on palatability attributes of beef loin and rib steaks from three quality grades. *Journal of Food Science*, 56(3), 601-603.
- Pasetti, R. A. C., Prado, I. N., Macedo, F. A. F., Teixeira, A. J. C., Cardoso, C. A. L., Santos, G. R. A. and Santos, C. A., 2019. Physicochemical characteristics of dry aged beef from younger Nellore bulls slaughtered at different body weights. *Tropical Animal Health and Production*, 51, 2635-2540.
- Pasetti, R. A. C., Macedo, F. de A. F. de, Santos, G. R. de A., Bonin, E., Vital, A. C. P., Ramos, T. R., Pasetti, L.C.G., Ornaghi, M.G., Costa, I.C.A. and Prado, I. N. do., 2020. Sensorial, color, lipid oxidation, and visual acceptability of dry-aged beef from young bulls with different fat thickness. *Animal Science Journal*, 91(1).
- Pearce, K. L., Rosenvold, K., Andersen, H. J. and Hopkins, D. L., 2011. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes-a review. *Meat Science*, 89(2), 111-124.
- Peng, S. K., Taylor, C. B., Hill, J. C. and Morin, R. J., 1985. Cholesterol oxidation derivatives and arterial endothelial damage. *Atherosclerosis*, 54, 121-133.
- Pereira, P. M. and Vicente, A. F., 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science*, 93, 586-592.
- Pérez-Andrés, J. M., Cropotova, J., Harrison, S. M., Brunton, N. P., Cullen, P. J., Rustad, T. and Tiwari, B. K., 2020. Effect of Cold Plasma on Meat Cholesterol and Lipid Oxidation. *Foods*, 9(12), 1786.
- Perry, N., 2012. Dry aging beef. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1, 78-80.
- Pie, J. E., Spahis, K. and Seillan, C., 1991. Cholesterol oxidation in meat products during cooking and frozen storage. *Journal of agricultural and food chemistry*, 39, 250-254.
- Piironen, V., Toivo, J. and Lampi, A.-M., 2002. New Data for Cholesterol Contents in Meat, Fish, Milk, Eggs and Their Products Consumed in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15(6), 705–713.

- Rather, S.A., Masoodi, F.A., Rather, J.A., Akhter, R., Gani, A. and Ganaie, T.A., 2020. Effects of xanthan gum, canning and storage period on fatty acid profile and cholesterol oxidation of emulsified low-fat meat product of India, *Food Chemistry*, 359, 128450.
- Ribeiro, F. A., 2020a. Advancing the science of dry-aged beef. *Theses and Dissertations in Animal Science*. 206.
- Rodriguez-Estrada, M. T., Garcia-Llatas, G. and Lagarda, M. J., 2014. 7-Ketocholesterol as marker of cholesterol oxidation in model and food systems: when and how. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 446, 792-797.
- 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.
- Ros, E., 2000. Intestinal absorption of triglyceride and cholesterol. Dietary and pharmacological inhibition to reduce cardiovascular risk. *Atherosclerosis*, 151, 357-379.
- Roux, C., Wolf, C., Mulliez, N., Gaoua, W., Cormier, V., Chevy, F. and Citadelle, D., 2000. Role of cholesterol in embryonic development. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(5), 1270-1279.
- Russell, D. W., 2000. Oxysterol biosynthetic enzymes. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1529, 126-135.
- Ryan, E., Chopra, J., McCarthy, F., Maguire, A. R. and O'brien, N. M., 2005. Qualitative and quantitative comparison of the cytotoxic and apoptotic potential of phytosterol oxidation products with their corresponding cholesterol oxidation products. *British Journal of Nutrition*, 94(3), 443-451.
- Saldanha, T., Benassi, M. T. and Bragagnolo, N., 2008. Fatty acid contents evolution and cholesterol oxides formation in Brazilian sardines (*Sardinella brasiliensis*) as a result of frozen storage followed by grilling. *LWT-Food Science and Technology*, 4, 1301-1309.
- Satchithanandam, S., Fritsche, J. and I. Rader, J., 2001. Extension of AOAC Official Method 996.01 to the analysis of Standard Reference Material (SRM) 1846 and infant formulas. *Journal of AOAC International*, 84, 3, 805-814.
- Savage, G. P., Dutta, P. C. and Rodriguez-Estrada, M. T., 2002. Cholesterol oxides: their occurrence and methods to prevent their generation in foods. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 11, 72-78.
- Seçkin, A. K. ve Metin, M., 2013. Kimyasal yolla süttten kolesterölün uzaklaştırılması. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 36-40.
- Setyabrata, D., Cooper, B. R., Sobreira, T. J. P., Legako, J. F., Martini, S. and Kim, Y. H. B., 2021. Elucidating mechanisms involved in flavor generation of dry-aged beef loins using metabolomics approach. *Food Research International*, 139, 109969.
- Shazamawati, Z. H., Alina, A. R., Mashitoh, A. S. and Thema-Juhan, M. J., 2013. Cholesterol Oxidation Products Analysis in Meat and Poultry. *Middle-East J. Sci. Res.*, 16(Approaches of Halal and Thoyyib for Society, Wellness and Health), 67-78.
- Shi, H., Zhang, Y., Lin, H., Yan, Y., Wang, R., Wu, R. and Wu, J., 2024. Production of polyunsaturated fatty acids in pork backfat fermented by *Mucor circinelloides*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 108, 223.
- Shi, Y., Zhang, W. and Zhou, G., 2020. Effects of Different Moisture-Permeable Packaging on the Quality of Aging Beef Compared with Wet Aging and Dry Aging. *Foods*, 9(5), 649.

- Smith, L. L., 1987. Cholesterol autoxidation 1981-1986. *Chemistry and Physics of Lipids*, 44(2-4), 87-125.
- Smith, L. L., 1996. Review of progress in sterol oxidations: 1987-1995. *Lipids*, 31, 453-487.
- Smith, R. D., 2007. Dry Aging Beef for the Retail Channel. MS Thesis, Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas, Texas.
- Smith, R. D., Nicholson, K. L., Nicholson, J. D. W., Harris, K. B., Miller, R. K., Griffin, D. B. and Savell, J. W., 2008. Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US choice and US select short loins. *Meat Science*, 79, 631-639.
- Sottero, B., Gamba, P., Gargiulo, S., Leonarduzzi, G. and Poli, G., 2009. Cholesterol oxidation products and disease: an emerging topic of interest in medicinal chemistry. *Current Medicinal Chemistry*, 16(6), 685-705.
- Sottero, B., Gargiulo, S., Russo, I., Barale, C., Poli, G. and Cavalot, F., 2015. Postprandial dysmetabolism and oxidative stress in type 2 diabetes: pathogenetic mechanisms and therapeutic strategies. *Medical Research Reviews*, 35, 968-1031.
- Stenström, H., Li, X., Hunt, M. C. and Lundström, K., 2014. Consumer preference and effect of correct or misleading information after ageing beef longissimus muscle using vacuum, dry ageing, or a dry ageing bag. *Meat Science*, 96(2), 661-666.
- Terjung, N., Witte, F. and Heinz, V., 2021. The dry aged beef paradox: Why dry aging is sometimes not better than wet aging. *Meat Science*, 172, 108355.
- Utama, D.T., Kim, Y.J., Jeong, H.S., Kim, J., Barido, F.H. and Lee, S.K., 2020. Comparison of meat quality, fatty acid composition and aroma volatiles of dry-aged beef from Hanwoo cows slaughtered at 60 or 80 months old. *Asian-Australas Journal of Animal Science*, 33(1), 157-165.
- Valenzuela, A., Sanhueza, J. and Nieto, S., 2003. Cholesterol oxidation: Health hazard and the role of antioxidants in prevention. *Biological Research*, 36(3-4).
- Velletto, S., Pagano, F., Barone, C. M. A., Esposito, M., Civale, G. and Crasto, A., 2015. Effect of aging technologies on some qualitative characteristics of Longissimus dorsi muscle of Marchigiana beef. *Agronomy Research*, 13(4), 1143-1151.
- Vicente, S. J. V., Sampaio, G. R., Ferrari, C. K. B. and Torres, E. A. F. S., 2012. Oxidation of Cholesterol in Foods and Its Importance for Human Health. *Food Reviews International*, 28(1), 47-70.
- Vicente, S.J.V. and Torres, E.A.F.S., 2007. Formation of four cholesterol oxidation products and loss of free lipids, cholesterol and water in beef hamburgers as a function of thermal processing. *Food Control*, 18(1), 63-68.
- Warren, K. E. and Kastner, C. L., 1992. A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins. *Journal of Muscle Foods*, 3, 151-157.
- Williams, P., 2007. Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics*, 64, 113-119.
- Xue, S., Setyabrata, D., Bonham, C. C. and Kim, Y. H. B., 2021. Evaluation of functional and chemical properties of crust from dry-aged beef loins as a novel food ingredient. *Meat Science*, 173, 108403.
- Zhang, R., Yoo, M. J. Y., Realini, C. E., Staincliffe, M. and Farouk, M. M., 2021. In-Bag Dry-vs. Wet-Aged Lamb: Quality, Consumer Acceptability, Oxidative Stability and In Vitro Digestibility. *Foods*, 10, 41.

- Zuljargal, G., Chimegee, N. and Dashmaa, D., 2023. Fatty acid profile and lipid oxidation of dry-aged beef. *Mongolian Journal of Agricultural Sciences*, 16(38).
- Zunin, P., Boggia, R. and Evangelisti, F., 2001. Identification and quantification of cholesterol oxidation products in canned tuna. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 78, 1037-1040.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Zeynep ELBİR
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Hacı Sami Boydak Lisesi
Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2015-2018)
Doktora:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2019-2025)
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	Orta
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
-	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	
-	