



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

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KOYUN ETİNİN MİKROBİYOLOJİK VE KİMYASAL KALİTE
KRİTERLERİ ÜZERİNE FARKLI DOĞAL BİYOPOLİMERLER İLE
HAZIRLANMIŞ YENİLEBİLİR KAPLAMALARIN VE AMBALAJ
YÖNTEMLERİN ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve KOÇAK

DANIŞMAN

Doç.Dr. Ayhan DURAN

AKSARAY, 2023

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 202324008 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Merve KOÇAK tarafından hazırlanan **“KOYUN ETİNİN MİKROBİYOLOJİK VE KİMYASAL KALİTE KRİTERLERİ ÜZERİNE FARKLI DOĞAL BİYOPOLİMERLER İLE HAZIRLANMIŞ YENİLEBİLİR KAPLAMALARIN VE AMBALAJ YÖNTEMLERİN ETKİSİNİN BELİRLENMESİ”** adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Ayhan DURAN

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye: Prof. Dr. Mustafa ARDIÇ

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye: Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN

Selçuk Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Tez Savunma Tarihi 19/01/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Doç. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Merve KOÇAK



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince her konuda bilgi, deneyimlerini ve ilgisini hiçbir zaman eksik etmeyen, her zaman her an iletişim halinde olduğum, güler yüzü ve tatlı dili ile her zaman yanımda olan çok kıymetli saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Ayhan DURAN'a sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Her konuda bana destek olan akademik bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen çok kıymetli saygı değer hocam Prof. Dr. Halis Bilgil'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Desteklerini üzerimden hiç eksik etmeyen her zaman yanımda olan çok kıymetli ağabeyim Cuma BOZGÖZ'e ve gerek emekleriyle gerek bilgileriyle her konuda bana yön veren yoluma ışık tutan çok kıymetli Şahin KUMBAROĞLU'na teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bugünlere gelmemde çok büyük emeği olan her zaman beni destekleyen ve hep arkamda olan babam Mustafa KOÇAK'a, annem Nurcan KOÇAK'a ve ablam Güner KOÇAK'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Merve KOÇAK
AKSARAY, 2023

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE ET SEKTÖRÜ	7
3.1 Dünyada Et Sektörü.....	7
3.2 Türkiye'de Et Üretimi	11
3.3 Dünyada ve Türkiye'de Et İhracat ve İthalatı	13
3.4 Türkiye'de Hayvancılık Sektörü	13
3.5 Koyun Eti	16
4. YENİLEBİLİR FİLM VE KAPLAMALAR	18
4.1 Yenilebilir Film ve Kaplamaların Tarihçesi.....	19
4.2 Yenilebilir Film ve Kaplamaların Sınıflandırılması.....	20
4.2.1 Polisakkarit bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	20
4.2.1.1 Selüloz bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	21
4.2.1.2 Pullulan bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	23
4.2.1.3 Kitosan bazlı yenilebilir film ve kaplamalar.....	24
4.2.1.4 Nişasta bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	25
4.2.1.5 Pektin bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	27
4.2.1.6 Aljinat ve karregenat bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	28
4.2.1.7 Gam bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	30
4.2.2 Protein bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	30
4.2.2.1 Soya bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	32
4.2.2.2 Buğday gluteni bazlı yenilebilir film ve kaplamalar.....	33
4.2.2.3 Mısır zeini bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	34
4.2.2.4 Jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamalar.....	35
4.2.2.5 Peynir altı suyu proteini bazlı yenilebilir film ve kaplamalar.....	36
4.2.2.6 Süt proteini bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	36
4.2.3 Lipit bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	37
4.2.3.1 Asetoglisericit bazlı yenilebilir film ve kaplamalar.....	38
4.2.3.2 Şellak reçine bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	38
4.2.3.3 Vakslar ve parafin bazlı yenilebilir film ve kaplamalar.....	39
4.2.4 Kompozit bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	39
4.2.5 Çözücüler	40
4.2.6 Plastikleştiriciler	40
4.2.7 Diğer katkı maddeleri	41
4.3 Yenilebilir Film ve Kaplamaların Et Ürünlerinde Kullanılması	41
4.4 Yenilebilir Film ve Kaplamaların Avantajları.....	42
4.5 Yenilebilir Film ve Kaplamaların Dezavantajları	43
5. ETİL LAUROL ARJİNAT (LAE)	44
5.1 LAE'nin Metabolizması	45
5.2 LAE'nin Antimikrobiyal Etki Mekanizması	47
5.3 LAE'nin Kozmetik Sektöründe Kullanımı.....	48

6. KİTOSAN	49
6.1 Kitin ve Kitosanın Kimyasal Yapısı.....	50
6.2 Kitosanın Gıda Sektöründe Kullanım Alanları	52
7. ET VE ET ÜRÜNLERİNDE PAKETLEME	53
7.1 Modifiye Atmosfer Paketleme	53
7.2 Vakum Paketleme.....	55
7.3 Kontrollü Atmosfer Paketleme.....	56
7.4 Aktif Paketleme	56
7.5 Akıllı Paketleme	58
8. MATERYAL VE METOT	59
8.1 Materyal.....	59
8.1.1 Koyun eti.....	59
8.1.2 Kitosan çözeltisinin hazırlanması	60
8.1.3 LAE çözeltisinin hazırlanması.....	61
8.1.4 MAP ve vakum paketlenen etlerin hazırlanması	62
8.2 Metot	64
8.2.1 Kimyasal analizler	64
8.2.1.1 TBA analizi.....	64
8.2.1.2 TVB-N analizi.....	64
8.2.1.3 pH tayini.....	65
8.2.2 Mikrobiyolojik analizler	65
8.2.2.1 Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı	65
8.2.2.2 Laktik asit bakterileri sayımı	66
8.2.2.3 Maya-küf sayımı.....	66
8.2.2.4 Koagülaz pozitif <i>Staphylococcus</i> sayımı	66
8.2.2.5 Koliform sayımı.....	67
8.2.2.6 <i>Enterococcus spp.</i> sayımı.....	67
8.3 İstatiksel Analizler.....	68
9. BULGULAR VE TARTIŞMA	69
9.1 pH Analiz Sonuçları	69
9.2 TBA Analiz Sonuçları	72
9.3 TVB-N Analiz Sonuçları.....	74
9.4 Toplam Mezofil Aerob Bakteri Analiz Sonuçları	76
9.5 Laktik Asit Bakteri Analiz Sonuçları	78
9.6 Maya-Küf Analiz Sonuçları	80
9.7 <i>Enterococcus spp.</i> Analiz Sonuçları.....	81
9.8 Koagülaz pozitif <i>Staphylococcus</i> Sonuçları	83
10. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	86
KAYNAKLAR	87
ÖZGEÇMİŞ.....	110

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KOYUN ETİNİN MİKROBİYOLOJİK VE KİMYASAL KALİTE KRİTERLERİ ÜZERİNE FARKLI DOĞAL BİYOPOLİMERLER İLE HAZIRLANMIŞ YENİLEBİLİR KAPLAMALARIN VE AMBALAJ YÖNTEMLERİN ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Merve KOÇAK

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ayhan DURAN

ÖZET

Yüksek su kapasitesine sahip ve taze olmalarından dolayı kırmızı et ürünleri mikrobiyolojik ve kimyasal açıdan bozulmalara karşı oldukça hassas gıdalar olup raf ömürleri kısadır. Günümüzde bu gıdaların depolanma süresi boyunca farklı koruma yöntemleri geliştirilerek raf ömürleri arttırılmaktadır. Bu çalışmada yenilebilir film kaplama olan kitosan ve antimikrobiyal etkinliği açısından son zamanlarda dikkat çekici bir ajan olan etil laurol arjinatın koyun eti üzerinde yapılan vakum ambalajlama ve modifiye atmosfer paketlemenin kimyasal ve mikrobiyolojik etkisi araştırıldı. Bütün gruplar soğukta muhafaza edilmiş olup 1 hafta boyunca kimyasal ve mikrobiyolojik analizlere tabii tutulmuştur. Vakum ambalajlama ve MAP uygulanan örnekler ise 45 gün boyunca muhafaza edilmiştir ve muhafaza süresi boyunca kimyasal ve mikrobiyolojik analizlere tabii tutulmuştur. Çalışmalar sonucunda kitosan, pH üzerinde düşürücü etki göstermiştir. TBA ve TVB-N analizlerinde en iyi sonuç CH+LAE kaplanan numunelerde görülmüştür. TMAB sayısı üzerinde LAE antimikrobiyal etki göstermiştir. *Enterococcus spp.* üzerinde CH+LAE kaplama bakteriyostatik etki, vakum ambalajlamada ise CH+LAE antimikrobiyal etki göstermiştir. Koagülaz pozitif *Staphylococcus*'ta MAP ve VA'da CH+LAE antimikrobiyal etki göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Koyun eti, Kitosan, Etil laurol arginat, Vakum paketleme, Modifiye atmosfer paketleme.

Ocak, 2023; 110 sayfa

M.Sc. THESIS

**DETERMINATION OF THE EFFECT OF RENEWABLE COATINGS AND
PACKAGING METHODS PREPARED WITH DIFFERENT NATURAL
BIOPOLYMERS ON THE MICROBIOLOGICAL AND CHEMICAL
QUALITY CRITERIA OF SHEEP MEAT**

Merve KOÇAK

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ayhan DURAN

ABSTRACT

Due to their high water capacity and freshness, red meat products are very sensitive to microbiological and chemical deterioration and have a short shelf life. Today, different protection methods are developed during the storage period of these foods and their shelf life is increased. In this study, the chemical and microbiological effects of vacuum packaging and modified atmosphere packaging on mutton of ethyl lauroyl arginate, which is an edible film coating chitosan and ethyl lauroyl arginate, which has recently been a remarkable agent in terms of its antimicrobial activity, were investigated. All groups were kept in the cold and subjected to chemical and microbiological analyzes for 1 week. Samples with vacuum packaging and MAP were kept for 45 days and subjected to chemical and microbiological analyzes during the storage period. As a result of studies, chitosan showed a lowering effect on pH. In TBA and TVB-N analyses, the best results were seen in CH+LAE coated samples. LAE showed antimicrobial effect on the number of TMABs. CH+LAE coating showed bacteriostatic effect on *enterococcus spp.* and CH+LAE antimicrobial effect on vacuum packaging. In coagulase positive *Staphylococcus* CH+LAE showed antimicrobial effects in MAP and VA.

Keywords: Sheep meat, Chitosan, Ethyl lauroyl arginate, Vacuum packaging, Modified atmosphere packaging.

January, 2023; 110 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Kırmızı et üretiminin türlere göre dağılımı	12
Şekil 4.1. Selülozun kimyasal yapısı	22
Şekil 4.2. Pullulan kimyasal yapısı	23
Şekil 4.3. Amilaz kimyasal yapısı	26
Şekil 4.4. Amilopektin kimyasal yapısı	27
Şekil 4.5. Pektin kimyasal yapısı	28
Şekil 4.6. Alginat kimyasal yapısı	28
Şekil 4.7. Protein kimyasal yapısı	31
Şekil 4.8. Jelatin kimyasal yapısı	36
Şekil 5.1. LAE kimyasal yapısı	45
Şekil 5.2. İn vitro ve in vivo çalışmalara dayalı olarak sıçanlarda LAE'nin biyotransformasyon yolu.	46
Şekil 5.3. LAE'nin aktivite mekanizması.	47
Şekil 6.1. Kitosanın kimyasal yapısı	51
Şekil 6.2. Kitinin kimyasal yapısı	50
Şekil 8.1. Analizde kullanılan koyun eti.	60
Şekil 8.2. 0, 3, 5 ve 7. gün analizleri için solüsyon ve paketlenme işlemine tabii tutulmadan buzdolabında depolanan koyun etleri.	60
Şekil 8.3. Kitosan çözeltisinin hazırlanması	61
Şekil 8.4. LAE çözeltisinin hazırlanması	62
Şekil 8.5. MAP uygulanan koyun etleri	63
Şekil 8.6. Vakum paketlenme uygulanan koyun etleri.	63
Şekil 8.7. TVB-N analizi için hazırlanan düzenek.	65
Şekil 8.8. Mikrobiyolojik analizler için hazırlanan besiyerleri	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.	Kişi başına kırmızı et tüketimi(kg/yıl)	8
Çizelge 3.2.	Dünya kırmızı et üretimi (ton).....	8
Çizelge 3.3.	Ülkelere göre sığır eti üretimi (bin ton).....	8
Çizelge 3.4.	Dünya kırmızı et üretimi ve tüketiminin dağılımı	11
Çizelge 3.5.	1927-2019 yılları arası hayvan sayıları.	14
Çizelge 3.6.	Türkiye'de koyun eti üretimi (ton).....	17
Çizelge 4.1.	Önemli işlemlere sahip farklı gıda ürünleri için bazı polisakkarit kaplı gıdalar	21
Çizelge 4.2.	Önemli işlemlere sahip farklı gıda ürünleri için bazı lipit bazlı kaplamalar.	38
Çizelge 9.1.	Kaplama materyali uygulanan koyun etlerinin 0-7 gün boyunca pH değerlerine ait analiz sonuçları.	69
Çizelge 9.2.	Koyun etlerine 15, 30 ve 45 gün boyunca kaplama materyalleri ve paketleme işlemleri uygulanması sonucu pH değerlerine ait analiz sonuçları.	70
Çizelge 9.3.	Kaplama materyali uygulanan koyun etlerinin 0-7 gün boyunca TBA değerlerine ait analiz sonuçları.	72
Çizelge 9.4.	Koyun etlerine 15, 30 ve 45 gün boyunca kaplama materyalleri ve paketleme işlemlerinin uygulanması sonucu TBA değerlerine ait analiz sonuçları.	73
Çizelge 9.5.	Kaplama materyali uygulanan koyun etlerinin 0-7 gün boyunca TVB-N değerlerine ait analiz sonuçları.....	74
Çizelge 9.6.	Koyun etlerine 15, 30 ve 45 gün boyunca kaplama materyalleri ve paketleme işlemleri uygulanması sonucu TVB-N değerlerine ait analiz sonuçları.....	75
Çizelge 9.7.	Kaplama materyali uygulanan koyun etlerinin 0-7 gün boyunca TMAB sayısına ait analiz sonuçları.	76
Çizelge 9.8.	Koyun etlerine 15, 30 ve 45 gün boyunca kaplama materyalleri ve paketleme işlemleri uygulanması sonucu TMAB sayısına ait analiz sonuçları.	77
Çizelge 9.9.	Kaplama materyali uygulanan koyun etlerinin 0-7 gün boyunca laktik asit bakteri sayısına ait analiz sonuçları.	78
Çizelge 9.10.	Koyun etlerine 15, 30 ve 45 gün boyunca kaplama materyalleri ve paketleme işlemleri uygulanması sonucu laktik asit bakteri sayısına ait analiz sonuçları.	79
Çizelge 9.11.	Kaplama materyali uygulanan koyun etlerinin 0-7 gün boyunca maya-küf sayısına ait analiz sonuçları.....	80
Çizelge 9.12.	Koyun etlerine 15, 30 ve 45 gün boyunca kaplama materyalleri ve paketleme işlemleri uygulanması sonucu maya-küf sayısına ait analiz sonuçları.....	81
Çizelge 9.13.	Kaplama materyali uygulanan koyun etlerinin 0-7 gün boyunca <i>Enterococcus spp.</i> sayısına ait analiz sonuçları.....	82
Çizelge 9.14.	Koyun etlerine 15, 30 ve 45 gün boyunca kaplama materyalleri ve paketleme işlemleri uygulanması sonucu <i>Enterococcus spp.</i> sayısına ait analiz sonuçları.	82
Çizelge 9.15.	Kaplama materyali uygulanan koyun etlerinin 0-7 gün boyunca Koagülaz pozitif <i>Staphylococcus</i> sayısına ait analiz sonuçları.	83

Çizelge 9.16. Koyun etlerine 15, 30 ve 45 gün boyunca kaplama materyalleri ve paketleme işlemleri uygulanması sonucu Koagülaz pozitif <i>Staphylococcus</i> sayısına ait analiz sonuçları.	84
--	----



SİMGELER VE KISALTMALAR

g	Gram
kg	Kilogram
l	Litre
°C	Santigrat derece
mL	Mililitre
pH	Hidrojen iyon konsantrasyonu
mm	Milimetre
Mg	Miligram
Mn	Manganez
Ca	Kalsiyum
Cm	Santimetre
Fe	Demir
kcal	Kilokalori
kg	Kilogram
µg	Mikrogram
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ADI	Kabul Edilebilir Günlük Alım
ATP	Adenozin Trifosfat
AB	Avrupa Birliği
CH	Kitosan
DMSO	Dimetil sülfoksit
EUCHIS	Avrupa Kitin Derneği
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
FDA	Amerika Gıda ve İlaç Dairesi
GRAS	Genel olarak güvenli olarak kabul edilen
HCl	Hidroklorik Asit
IMP	İnozin monofosfat
ISO	International Organization for Standardization
KOB	Koloni Oluşturan Birim
KEA	Kanamycin Esculin Azide Agar
LAE	Etil Lauroil Arginat
LAB	Laktik Asit Bakterisi
MtMb	Metmyoglobin
MIC	Minimum İnhibitör Konsantrasyonu
MAP	Modifiye Atmosfer Paketleme
MRS	de Man, Rogosa and Sharpe
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
PCA	Plate Count Agar
SCCP	Tüketici Ürünleri Bilim Kurulu
SCCS	Tüketici Güvenliği Bilim Kurulu
SED	Sistemik Maruz Kalma Dozu
TAGEM	Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü
TEPGE	Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü
TBARS	Tiyobarbitürat Reaktif Maddeler
TMAB	Toplam Mezofil Aerob Bakteri
TVB-N	Toplam Uçucu Bazik Nitrojen
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TCA	Trikloroasetik Asit

TBA	Tiyobarbitürük Asit
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
VRBA	Violet Red Bile Agar
VA	Vakum Ambalajlama
YGC	Yeast Extract Glucose



1. GİRİŞ

Beslenme, tüm canlıların ortak özelliklerinden birisidir. İnsanoğlunun varoluşundan başlayarak yaşamsal fonksiyonlarının ve yaşam kalitesinin devam ettirilmesinde, sağlıklı, üretken bir şekilde yaşayabilmek için vücudun gereksinim duyduğu gıdaların dengeli ve yeterli olacak şekilde vücuda alınması olarak tanımlanmaktadır (Cabirolu, 2022; Özüak, 2021; Seyfioğlu, 2021).

Dengeli ve yeterli beslenme, vücudun kendisini yeteri kadar büyütmesi, kendisini yenilemesi, doku işlevlerini yerine getirmesi için ihtiyaç duyduğu gerekli tüm gıda maddelerinin yeterince alınması ve vücutta uygun bir şekilde kullanılabilme durumu olarak tanımlanmaktadır. Yetersiz beslenme ise vücudun gereksinim duyduğu besin maddelerinin gerekli ve yeterli düzeyde vücuda alınamaması ve aynı zamanda enerjinin yetersiz düzeyde üretilerek vücut dokularının oluşamaması durumu olarak ifade edilmektedir (Yapıcı, 2022).

İnsanların temel ihtiyaçlarından olan beslenme sadece açlık durumunun giderilmesi olmayıp sağlıklı olarak hayatların sürdürülmesinde, gelişme ve büyümesi için gerekli olan gıdaların tüketilmesidir. Temel ihtiyaç kaynağını oluşturan besinler vücuttaki işlevlerine ve kimyasal yapılarına göre yağlar, proteinler, karbonhidratlar, mineraller, vitaminler ve su olmak üzere altı gruba ayrılmaktadır (Özüak, 2021).

Hayvansal gıdaların protein ve biyolojik değerlerinin yüksek olmasından dolayı; yani protein bakımından zengin gıdalar oldukları için insan sağlığı açısından oldukça önemlidir (Özüak, 2021; Salman, 2019).

Proteinler, hücrelerimizde en çok bulunan makro besinlerdir. Hücrelerin bütün fonksiyonlarında proteinler görev almaktadır. Katalize etme, oksijen taşıma, oksijen depolama, bağışıklığı koruma, büyüme ve gelişmeyi destekleyerek kontrolü sağlama görevleri proteinler tarafından sağlanmaktadır. Beslenmemizde ihtiyaç duyulan protein miktarı yaklaşık olarak canlı ağırlık başına 1 gram değerinde olup vücudu onarmakla görevlidirler ve yeterli düzeyde alınmaması durumunda çocuklarda büyüme ve gelişmeyi yavaşlatıcı etkiye sahip olup, yetişkinlerde ise yetersiz alınması sonucunda dokuların onarılma ve yaraların iyileşmesi sürecinde aksaklıklar meydana getirmektedir (Cabirolu, 2022; Özüak, 2021).

Et; eski zamanlardan günümüze hayvansal kaynaklı proteinlerin en önemli grubunu oluşturmaktadır. Et önemli bir konuma sahip olup beslenme bozukluklarında, hastalıkların önlenmesinde önemlidir. Günlük protein alımının %50'sinin hayvansal kaynaklı besinlerden alınması önerilmektedir (Akkaya, 2019; Özüak, 2021).

Et, insan sağlığı ve gelişimi için oldukça önemli bir protein kaynağı olduğundan günümüzde dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte dünyada et kaynaklarına olan talep günden güne artmaya başlamıştır (Ching vd., 2022).

Kırmızı etler, iyi bir enerji kaynağı olup protein, demir, çinko, selenyum, potasyum, çoklu doymamış yağ asitleri içermekle birlikte aynı zamanda niasin, riboflavin, tiamin ve B₁₂ vitamini gibi önemli B grubu vitaminleri de içermektedir. Bu besinler yaşam döngüsü boyunca sağlık için oldukça elzemdir (Binnie vd., 2014; Novi ve Marenzi, 2022; Xu vd., 2022).

Aynı zamanda et proteinleri yüksek biyolojik değere sahiptir ve esansiyel amino asitler açısından zengindir. Ayrıca et, tüm mineraller (kalsiyum hariç), özellikle hemoglobin, miyoglobin ve bazı enzimlerin sentezi için gerekli olan kolayca emilebilen demir için iyi bir kaynaktır. Et iyi bir esansiyel yağ asitleri kaynağıdır (linoleik, linolenik ve oleik asitler gibi). Kırmızı etin kimyasal bileşimi: %75 su, %20 protein, %3 yağ, %1 karbonhidrat, %1 mineral madde ve vitaminden oluşmaktadır. 100 gram kırmızı etin tüketilmesi ile yaklaşık 119 kcal enerji sağlamaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda sığır etinin 100 gramında yaklaşık 47-50 mg çinko, 17 mg magnezyum, 25 mg kalsiyum, 40-91 mg klor, 422 mg potasyum, 2.5 mg demir, 78 mg sodyum, 0.8-1.2 mg bakır, 1.3 mg fosfor bulunmaktadır. Kişi başına tüketilmesi gereken günlük protein miktarının et tüketimi ile birlikte %40-50'si hayvansal kaynaklı proteinlerden karşılanmaktadır (Akkaya, 2019; Tezcan, 2020; Umaraw vd., 2020).

Et içeriğinde bol miktarda protein içermesinin yanı sıra glutamik asit gibi serbest amino asitleri de bulundurmaktadır. Canlı hücrelerde enerji taşıyan ve özellikle kas kasılmaları için gerekli olan Adenozin-5'-trifosfatın ölüm sonrası ayrışmasıyla üretilen İnozin-5'-monofosfat (IMP) içerir. Bu nedenle et, glutamik asit ve IMP'yi dengeli bir şekilde içerdiği için sinerjistik etki sayesinde yeterli umami tadı sergiler (Matsuishi, 2022).

Tez çalışması kapsamında, iki farklı doğal biyopolimer olan kitosan ve LAE'nin, vakum ve modifiye atmosferde paketlenmiş koyun etlerinin raf ömürlerine, mikrobiyolojik ve kimyasal kalite kriterlerine üzerine etkisinin araştırılması gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, etler %1 kitosan, %1.5 LAE, %50 kitosan+%50 LAE solüsyonlarına daldırılarak vakum ve modifiye atmosferde paketlenmiş, mikrobiyolojik ve kimyasal analizlere tabii tutulmuştur. Yapılan literatür araştırmasında kırmızı etlerde kitosan ve LAE'nin birlikte kullanıldığı, farklı ambalaj yöntemleriyle etkileşiminin belirlendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Sonuç olarak elde edilen verilerle, hiçbir toksik etkisi bulunmayan, yenilebilir, biyoyoumluluk ve biyobozunurluk özellikleri bulunan doğal biyopolimerle koyun etinin raf ömrünün uzatılması, kalite kriterlerinin geliştirilmesi sağlanarak etlerin taşınması, depolanması ve satışındaki mevcut sıkıntıların ve ekonomik kayıpların önüne geçilmesi hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Roberts vd. (2003), yaptıkları çalışmada, asetik asit ya da laktik asit içerisinde çözündürülen kitosanı biftek etindeki *Listeria monocytogenes*'e karşı antimikrobiyal etkisini araştırmışlardır. Kitosan düşük moleküler ağırlıklı (4.7×10^5 g/mol) ve yüksek moleküler ağırlıklı (1.1×10^6 g/mol) olarak analizde kullanılmıştır. Sonuç olarak asetik asit içerisinde çözünen kitosan kaplamanın *Listeria monocytogenes* sayısının azaltılmasında, laktik asit içeren kitosan kaplamaya kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği ve kitosan kaplamanın biftek yüzeyinde bulunan *Listeria monocytogenes*'i kontrol etmek için kullanılabileceği bildirilmiştir.

Pranoto vd. (2005), antibakteriyel aljinat bazlı yenilebilir filmi sarımsak yağı ile birleştirerek *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus cereus*'un varlığını azalttığını ve aljinatın yenilebilir film kaplamalarda birçok gıdanın kullanımında uygulaması için iyi bir potansiyele sahip olduğunu bildirmiştir.

Sayanjali (2011), taze kesilmiş Fuji elmalarının raf ömrünü uzatmak için aljinat ve gellan bazlı yenilebilir filmler hazırlanmıştır. Kaplanan elmaların raf ömrü, depolamanın ilk günlerinden itibaren önemli bir kalite kaybı gösteren ve raf ömürlerini 4 günden daha kısa bir süre ile sınırlayan kontrol grubuna kıyasla yaklaşık üç kat uzamıştır.

Vargas vd. (2011), yenilebilir filmler ile yaptıkları çalışmada yüksek moleküler ağırlıklı kitosan ile ayçiçek yağını birleştirilerek domuz eti hamburgerlerinin yüzeyine uygulanmıştır. Kitosan bazlı filmler, 5 °C'de soğuk depolamada 2, 4, 6 ve 8 gün boyunca depolanmıştır. Depolama sırasında özellikle çözücü olarak laktik asit kullanıldığında, kaplanmış hamburgerlerin metmyoglobin (MtMb) içeriğini arttırdığı görülmüştür. Ayçiçek yağının kitosan matrisine dahil edilmesi, saf kitosan filmleriyle kaplanmış örneklerle karşılaştırıldığında hamburgerlerin MtMb içeriğinde bir azalmaya yol açmıştır. Çalışma sonucunda kitosan kaplı filmlerin, depolama sırası boyunca domuz etinin mikrobiyal sayımlarında bir azalmaya yol açtığı sonucuna ulaşılmıştır.

Martiñon vd. (2014), çalışmalarında, 4 °C'de saklanan taze kesilmiş kavunun raf ömrünü uzatmak için farklı kitosan (0.5, 1, 2 g/100 g), pektin (0.5, 1, 2 g/100 g) ve *trans*-sinnamaldehit (1, 2, 3 g/100 g) kullanılarak kavunun 4 °C'de saklanması

üzerine yapılan çalışmada 2 g/100 g kitosan ve 1 g/100 g pektinden oluşan çok katmanlı yenilebilir bir kaplamanın uygulanması ile taze kesilmiş kavunun raf ömrünü 9 güne kadar uzatmaya yardımcı olduğu bildirilmiştir.

Suseno vd. (2014), çalışmalarında, Cavendish muzuna kitosan uygulamışlardır. Kitosanın (%70, %80) çeşitli kitosan konsantrasyonlarında (1, 1.5, %2 w/w) farklı deasetilasyon derecelerinin ağırlık kaybı ve C vitamini kaybı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak kaplanmış muz meyvesinin kaplanmamış muza kıyasla gecikmiş olgunlaşma süreçleri gösterdiğini saptamışlardır.

Mastromatteo vd. (2014), yaptıkları çalışmada LM Mozzarella peynirinin raf ömrünü uzatmak için modifiye atmosferde paketlenme kullanarak 4, 8 ve 14 °C’de depolama sırasında kalite kaybını belirlemek için mikrobiyal ve duysal özelliklerini incelemişlerdir. Sonuç olarak modifiye atmosfer paketlenmenin bozulmaya neden olan mikroorganizmaları ve küfleri önleyerek ürünün raf ömrünü etkili bir şekilde uzatabildiğini vurgulamışlardır.

Jovanović, vd. (2016), çalışmalarında, asetik veya laktik asitle hazırlanan kitosan kaplamaların ve uçucu yağlarla hazırlanan kompozit kitosan-jelatin filmlerin antibakteriyel aktivitesini yedi gün boyunca *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 ve *L. monocytogenes* ATCC 19112 ile aşılınmış 4 °C’de depolanan taze kıyılmış karaturp örneklerinde incelemişlerdir. Asetik asit ile hazırlanan kitosan kaplama en etkili antibakteriyel aktiviteyi göstermiştir. Test edilen tüm kitosan film formülasyonları, *L. monocytogenes*’in büyümesi üzerinde güçlü antimikrobiyal aktivite sergilemiştir.

Wagle vd. (2019), kanatlı ürünlerinde yaptıkları çalışmada öjenol ile güçlendirilmiş pektin ve kitosan kaplamanın etkinliğini araştırmışlardır. Kaplamanın ardından numuneler kurutularak vakumla kapatılmıştır. *Campylobacter jejuni* ve aerobik sayımları için 0, 1, 3, 5 ve 7 günlük buzdolabında saklanmıştır. Öjenol veya kitosan dozunun tümü, *C. jejuni* ve aerobik bakterileri 0 ila 7 gün arasında önemli ölçüde azaltmıştır. %2 öjenol ile kitosan kaplama ayrıca, öjenol ve kitosanın ayrı ayrı muamelelerine kıyasla toplam aerobik sayımlarda daha büyük düşüşler göstermiştir.

Zhuang vd. (2020), %0.1 etil lauroil arjinat hidroklorürün 4 °C’de 12 gün boyunca depolanan çipura levrek filetolarının mikrobiyotası, kalitesi ve fizyokimyasal değişiklikleri üzerindeki koruyucu etkilerini araştırdığı çalışmada etil lauroil arjinat hidroklorürün işleminin bakteri üremesini azaltmada ve levrek filetolarının fizyokimyasal değişikliklerini (et rengi, trikloroasetik asit (TCA)-çözünür peptitler, toplam uçucu bazik nitrojen (TVB-N), amonyak konsantrasyonu ve biyojenik aminler) hafifletmede etkili olduğunu bildirmiştir. LAE, çipura levrek filetolarının raf ömrünü 4 gün uzatarak duyuşal özelliklerin bozulmasını geciktirmiştir. Bunun yanı sıra LAE ile muamele edilen levrek filetolarındaki *Pseudomonas* üzerinde etkili bir inhibitör etkiye sahip olduğu belirtilmiştir.

Abdel-Naeem vd. (2021), yaptıkları çalışmada 25 °C’de ve 50 °C’de kitosan ile etil lauroil arginat kullanımının tavuk butları üzerinde kalite üzerine etkisini incelemiştir. Analiz sonucunda tavuk butları tüm bakteri sayımlarında, pH ve tiyobarbitürik asit değerlerinde önemli bir azalmaya neden olmuştur. Kitosan ve LAE’nin birlikte kullanılmasının değerleri önemli ölçüde azaltmasında önemli bir rolü olduğunu belirtmişlerdir.

3. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE ET SEKTÖRÜ

Et ve et ürünleri gıda ve tarım içinde en hızlı gelişen sektörlerdendir. Kırmızı et sektöründeki kararlar ve gelişmeler hayvancılığı etkilediği gibi tarım sektörünü de etkilemekte olup ülke ekonomisi de bu durumdan etkilenmektedir. Hayvancılık sektöründe en çok üretimi yapılan alt sektörler büyükbaş ve küçükbaş hayvancılıktır. Bu alt sektörler kırmızı et sektörünün temel yapıtaşlarıdır. Sığır, manda, koyun, keçi, deve ve domuz kırmızı et sektörü içerisinde üretimi yapılan, canlı ve kesilmiş hayvan ticaretinin yanı sıra gıda sanayinde kullanılmasından dolayı işlenmiş gıda olarak ekonomiye katkısı bulunmaktadır (Şahin, 2021).

3.1 Dünyada Et Sektörü

Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM), dünyada en önemli sığır yetiştiriciliğinin Çin, Arjantin, Hindistan, Brezilya ve Amerika olduğunu bildirmiştir. Güney ve Orta Amerika sığır bakımından yaklaşık %25 civarında en fazla popülasyona sahip kıtadır. Kırmızı et üretimi 2000 yılında 70 milyon ton olup, 2018 yılında %24 oranında artış göstererek 87 milyon tona ulaşmıştır. 2018 yılı itibariyle dünyada toplam kırmızı et miktarı 87 milyon ton olup bunun %4.9'unu manda eti, %6.8'ini keçi eti, %11.2'sini koyun eti ve %77.1'ini sığır eti oluşturmaktadır. 2000 yılından 2018 yılına kadar geçen süre içerisinde en fazla üretim %53.1 ile keçi üretiminde olup manda etinde %40.9 artış ve en fazla üretimin gerçekleştiği sığır etindeki değişim %23.9 olarak belirlenmiştir (TAGEM, 2021).

Japonya, ABD, İsrail, Brezilya, Arjantin, Rusya, Avustralya ve Dünya'daki kişi başına koyun ve sığır eti tüketimleri ve toplam tüketim miktarları Çizelge 3.1.'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Kişi başına kırmızı et tüketimi(kg/yıl) (TAGEM, 2021).

	Koyun Eti	Sığır Eti	Toplam
Japonya	0.2	7.4	7.6
ABD	0.4	26.7	27.1
İsrail	1.6	20.3	21.9
Brezilya	0.5	24.6	25.1
Arjantin	1.2	39.7	40.9
Rusya	1.4	10.3	11.7
Avustralya	0.4	26.7	27.1
Dünya	1.7	6.4	8.1

Dünya'daki manda, sığır, keçi, koyun üretim miktarları ve toplam miktarlarının 2000-2018 yılları arasında ki rakamları Çizelge 3.2.'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. Dünya kırmızı et üretimi (ton) (TAGEM, 2021).

	Manda	Sığır	Keçi	Koyun	Toplam
2000	3.014.412	55.835.848	3.902.627	7.717.572	70.470.459
2005	3.311.512	59.109.274	4.703.734	8.124.287	75.248.807
2010	3.899.147	62.654.388	5.206.939	8.484.009	80.244.483
2011	3.918.117	62.374.058	5.178.467	8.575.130	80.045.772
2012	3.949.320	62.938.922	5.272.170	8.680.443	80.840.855
2013	3.983.724	63.968.833	5.396.561	8.923.286	82.272.404
2014	4.002.020	64.471.317	5.543.929	9.173.477	83.190.743
2015	4.055.510	63.923.615	5.669.013	9.437.101	83.085.239
2016	4.078.593	64.568.004	5.794.581	9.567.978	84.009.156
2017	4.137.317	65.415.554	5.882.486	9.532.953	84.968.310
2018	4.247.413	67.353.900	5.977.020	9.788.315	87.366.648

Çizelge 3.3.'de 14 farklı ülkenin 2018 yılına ait dünya kırmızı et üretimi gösterilmektedir. Verilen çizelge incelendiğinde yıllar arasında bir miktar azalış olduğu gözlemlenmiştir. Bu azalışa rağmen üretimin en çok gerçekleştiği ülke %18'lik pay ile ABD'dir. Yine aynı dönemde dünyanın en büyük sığır eti ihracatçısı olan Brezilya'nın üretim miktarındaki artışı %50'dir. Çin'de ise bu artış %25 olmuştur. Türkiye 2018 yılında 1 milyon ton ile üretimde dünyada 9. sırada yer almaktadır. 2018 yılında, Fransa %2.2 ve Almanya %1.8'lik pay ile dünya sığır eti üretiminde ilk 10 ülke arasındadır.

Çizelge 3.3. Ülkelere göre sığır eti üretimi (bin ton) (TAGEM, 2021).

	2000	2005	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Pakistan	420	464	761	789	822	850	882	922	948	985
Almanya	1.304	1.167	1.170	1.146	1.117	1.143	1.132	1.155	1.137	1.231
Fransa	1.528	1.547	1.567	1.494	1.400	1.411	1.448	1.458	1.423	1.436
Arjantin	2.718	3.131	2.499	2.596	2.822	2.674	2.727	2.644	2.049	3.066
Kanada	1.263	1.470	1.141	1.060	1.056	1.100	1.092	1.133	880	1.231
Meksika	1.409	1.558	1.804	1.821	1.807	1.827	1.845	1.879	1.927	1.981
Rusya	1.898	1.809	1.625	1.642	1.633	1.654	1.649	1.619	1.614	1.608
ABD	12.017	11.181	11.970	11.916	11.789	11.698	10.777	11.470	11.907	12.219
Türkiye	355	322	645	799	869	882	1.015	1.059	987	1.004
Avustralya	1.988	2.090	2.129	2.152	2.359	2.595	2.662	2.361	2.049	2.219
Çin	4.642	5.134	5.512	5.547	5.533	5.557	5.566	5.566	5.726	5.811
Brezilya	6.579	8.592	9.030	9.307	9.675	9.723	9.425	9.284	9.550	9.900
G.Afrika	582	746	878	875	953	1.001	1.072	1.109	1.014	1.003
İngiltere	705	762	936	885	847	877	885	912	902	922
Diğer	18.397	19.014	20.487	20.681	21.053	21.155	21.541	21.842	22.000	22.732
Toplam	55.813	59.296	62.956	63.585	64.738	65.283	64.958	65.974	66.250	67.354

Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) raporlarına göre ülkeler arasında yıllık et tüketiminde en önemli ülke ABD'dir. Bunu 2017 ile 2022 arasında İsrail ve Avustralya izlemektedir. Gelir ve dünya nüfusunun artışına bağlı olarak, kişi başı küresel et tüketim miktarının yıllık %1.2'lik artış göstereceği tahmin edilmektedir. 2030 yılına kadar küresel et tüketiminde %14'lük bir artış sağlanması da beklenmektedir (Ching vd., 2022).

2020 yılında Meksika’da 3.6 milyon ton tavuk eti, 2 milyon ton sığır eti ve 1.6 milyon ton domuz eti ve 112 bin ton diğer et türlerinden 7.4 milyon ton et üretimi gerçekleşmiştir. Bu değerler Meksika’yı dünyanın en büyük yedinci et üreticisi, yedinci en büyük tavuk eti üreticisi ve sekizinci en büyük sığır eti ve domuz eti üreticisi konumuna getirmektedir. Yılda 8.8 milyon tondan fazla sığır eti, domuz eti ve tavuk eti tüketiminin gerçekleştiği Meksika, dünya et tüketiminin de %3.3’ünü temsil etmektedir. Aynı zamanda dünyada en büyük altınca et tüketimini gerçekleştiren ülkedir. Tüketim açısından Meksika dünyanın en büyük dördüncü tavuk eti tüketicisi olup domuz etinde ise sekizinci sıradadır. Meksika’da yıllık kişi başı et tüketimi 72.8 kg’dır. Bu değer 34.9 kg’ı tavuk, 20.3 kg’ı domuz eti, 14.8 kg’ı sığır eti, 1.3 kg’ı hindi eti, 0.8 g’ı koyun ve keçi eti ve 0.6 g’ı at eti oluşturmaktadır (Estévez-Moreno ve Lama, 2022).

Hollanda’da domuz eti tüketim açısından en büyük kategoriyi oluşturmaktadır. Ülkede tüketilen etlerin yarısından fazlası domuz etinden oluşmaktadır. Ardından tavuk eti ve sığır eti gelmektedir. Koyun, keçi ve at eti Hollanda’da neredeyse hiç tüketilmemektedir (Dagevos ve Verbeke, 2022).

2014 yılı Belçika Ulusal Gıda Tüketim Anketi’nin bulgularına göre Belçikalı tüketiciler arasında ortalama toplam et tüketiminin günde 111 g olduğunu tespit edilmiştir. Daha spesifik olarak yetişkinler (18-64 yaş arası) ile ilgili olarak günlük ortalama et tüketimi 115 g’dır, bu da kişi başına yıllık bazda yaklaşık 42 kg’a eşdeğerdir (Dagevos ve Verbeke, 2022).

Kanada’da yaklaşık 1980 yılından bu yana domuz eti ve sığır eti tüketiminde istikrarlı bir düşüş görülürken, tavuk tüketimi 1960 yılından beri artış göstermiştir. Kanada’da tavuk tüketimi 1960 yılında 9.5 kg olup, 1980 yılında kişi başına 32.2 kg sığır eti tüketimi ve 38.8 kg domuz eti tüketimi gerçekleşmiştir. 2020 yılında ise sığır eti tüketimi 34.4 kg değerine ulaşmıştır. Yine aynı yıl içerisinde sığır eti tüketimi 25.6 kg ve domuz eti tüketimi ise 18.4 kg olarak belirlenmiştir (Ngapo, 2022).

2019 yılında dünya kırmızı et üretimi ve tüketiminin dağılımı Çizelge 3.4.’de gösterilmektedir. Manda-sığır eti üretiminde ABD ilk sırada, Brezilya ikinci sırada gelmektedir. Koyun-keçi üretiminde Çin ilk sırada, Hindistan ise ikinci sırada yer almaktadır. Yine aynı yılda dana-sığır eti tüketiminde Arjantin ilk sırada, ABD ise

ikinci sırada yer almaktadır. Koyun eti tüketiminde ise Avustralya ve Kazakistan yer almaktadır. 2019 yılında dünya büyükbaş eti üretimi 72.2 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. ABD, Çin ve Brezilya büyükbaş eti üretiminin yaklaşık yarısını oluşturmaktadır. Küçükbaş et üretimi ise yaklaşık olarak 15.4 milyon ton olup bu üretimin yaklaşık yarısı Hindistan, AB, Çin, Yeni Zelanda ve Avustralya tarafından gerçekleştirilmiştir (Öztürk ve Baysan, 2022).

Çizelge 3.4. Dünya kırmızı et üretimi ve tüketiminin dağılımı.

Üretim (Ton)-2019 yılı				Tüketim (Kg/Kişi)-2019 yılı			
Ülkeler	Manda-Sığır Eti	Ülkeler	Keçi-Koyun Eti	Ülkeler	Sığır-Dana Eti	Ülkeler	Koyun Eti
ABD	12348749	Çin	4826854	Arjantin	38.0	Kazakistan	8.2
Brezilya	10200000	Hindistan	829687	ABD	26.3	Avustralya	6.2
Çin	6601298	Avustralya	752201	Brezilya	25.2	Norveç	4.5

3.2 Türkiye’de Et Üretimi

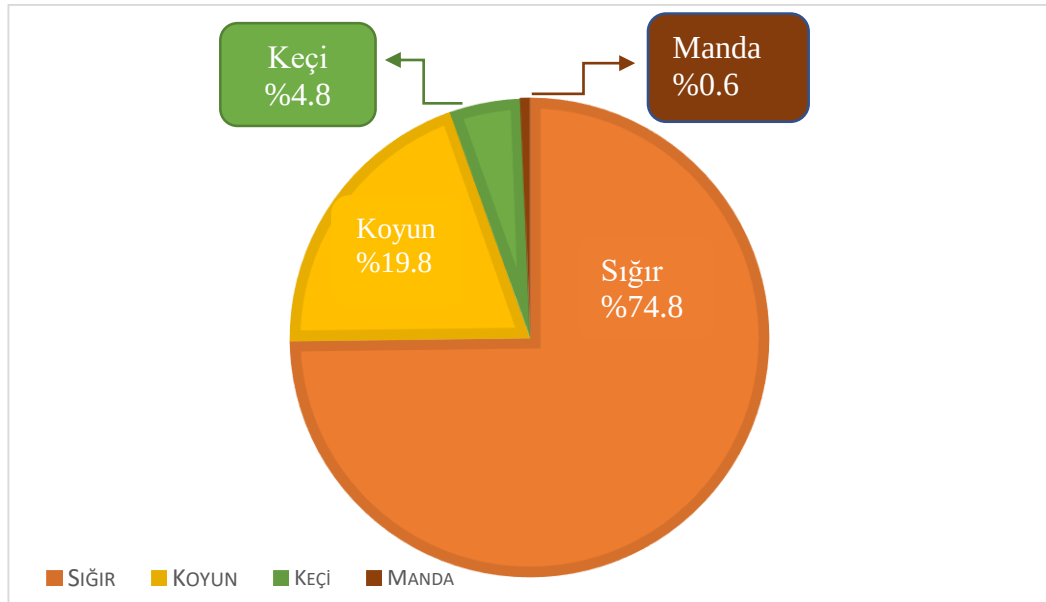
Türkiye’de kırmızı etin üretim kaynakları; manda, sığır, keçi ve koyundur. Değişik türleri barındırması ve farklı ırklara sahip olmasından dolayı Türkiye hayvansal kaynaklar açısından önemli bir ülke konumundadır (Aksoy, 2003). Son 17 yılda Türkiye’de hayvancılık sektörü ve et üretim miktarı sürekli olarak artış göstermiştir. 2000 yılında 46.6 milyon baş olan toplam hayvan sayısı 2019 yılında %42.4 oranında artış göstererek 66.4 milyon başa yükselmiştir. 2000 yılında toplam kırmızı et üretim miktarı 491 bin ton iken, 2010 yılında %90 artışla 781 bin tona yükselmiştir. 2010 yılında 781 bin ton olarak gerçekleşen kırmızı et üretimi 2019 yılında %54 artışla 1.2 milyon tona yükselmiştir. 2000 yılında üretilen kırmızı et miktarının %22.6’sı koyun etinden karşılanırken, sığır etinin payı %72.2’dir. Türkiye’de son 17 yıl içerisinde kesilen koyun sayısında azalma meydana gelmiştir. Koyun eti üretim payı %22.6 dan 2019 yılında %9’a düşmüştür. Türkiye’de küçükbaş hayvan sayısı son 5 yıl içinde %15 artış göstererek 2019 yılında 48 milyon baş olmuştur. 2000 yılında 7.24 kg olan kırmızı et tüketimi, 2017 yılında 13.94 kg, 2019 yılında ise 14.45 kg olarak rapor edilmiştir (TAGEM, 2021). 2010 yılında Türkiye’de 38.1 milyar TL olarak gerçekleşen hayvansal üretimin %38’ini (14.3 milyar TL) et üretimi oluşturmuş, et

Üretim değeri içerisinde ise %79 ile en büyük payı sığır eti (11.3 milyar TL) almıştır (TÜİK, 2020). 2018 yılında Türkiye 1 milyon tonluk üretimle dünyada et üretiminde 9. sırada yer almaktadır (TAGEM, 2021).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2022 yılı verilerine göre sığır sayısı, büyükbaş hayvan kategorisinde Haziran ayı sonu itibarıyla bir önceki yılın aralık ayına göre %0.9 azalarak 17 milyon 693 bin baş, manda sayısı ise %1.5 azalarak 183 bin baş olarak gerçekleşerek 2022 Haziran ayında 17 milyon 876 bin baş rakamına ulaşmıştır.

TÜİK (2022) verilerine göre koyun sayısı, küçükbaş hayvan kategorisinde haziran ayı sonu itibarıyla bir önceki yılın aralık ayına göre %2.1 artarak 46 milyon 123 bin baş, keçi sayısı ise %0.1 azalarak 12 milyon 325 bin baş olarak gerçekleşerek küçükbaş hayvan sayısı 2022 yılı haziran ayında 58 milyon 448 bin baş olmuştur.

şekil 3.1.'de kırmızı et üretiminin türlere göre dağılımını gösteren grafik verilmiştir. 2021 yılı için 1 milyon 952 bin 38 ton olarak tahmin edilen toplam kırmızı et üretiminin %74.8'ini sığır eti, %19.8'ini koyun eti, %4.8'ini keçi eti ve %0.6'sını manda eti oluşturmuştur (TÜİK, 2021).



şekil 3.1. Kırmızı et üretiminin türlere göre dağılımı (TÜİK, 2021).

Günden güne nüfusun artmasıyla birlikte et ürünlerine olan talebin artmasına rağmen birim hayvandan elde edilen verimliliğin düşük olduğu görülmektedir. Bu düşüşün sebepleri ise işletmelerde ki hayvan sayılarının az olması, yem üretiminde kullanılan bitkilerin yeterli olarak üretiminin olmayışı, girdi fiyatlarındaki dalgalanmalar ve Türkiye’de ki hayvan potansiyelinin verimli ve yeterli bir şekilde kullanılmaması olarak sıralanabilir. Et ve et ürünlerinin tüketim istatistikleri günümüzde ülkelerin nüfusunun gelişme ve kalkınma durumu ile ilişkilendirildiğinden ötürü et tüketim düzeyleri oldukça önemli bir yere sahiptir (Öztürk ve Baysan, 2022).

3.3 Dünyada ve Türkiye’de Et İhracat ve İthalatı

Yeni Zelanda, küresel olarak dünyanın en büyük koyun eti ürünleri ihracatçısı ve en büyük altıncı sığır eti ihracatçısıdır (Mazzetto vd., 2023). Brezilya, ABD, Hindistan ve Avustralya sığır eti ihracatı bakımından en önemli ülkelerdir. Bu ülkeler toplam ihracatın %51’ini karşılamaktadır. Dünya sığır eti ihracatı 2019 yılında son 17 yıl içerisinde %95 artış göstererek 9.9 milyon tona ulaşmıştır. Brezilya ihracatta 2019 yılı itibarıyla 1.6 milyon ton ile ilk sırada yer almasına rağmen toplam ihracatın %16’sını gerçekleştirmektedir. Hindistan ve Avustralya ihracatta önde gelen ülkelerdendir. Sığır üretiminde ilk sırada yer alan ABD, ihracatta 4. sırada yer almaktadır. Dünya genelinde sığır eti ithalatı 2019 yılı itibarıyla 2 milyon tondur. Çin, Japonya ve ABD önemli ithalatçı ülkeler konumunda olup Çin ve ABD üretimlerinin tüketimi karşılayamamasından dolayı sığır üretiminde ilk üçte yer almalarına rağmen ithalat açısından önde gelen ülkelerdir. Japonya sığır eti bakımından üretimi yeterli değildir ve bundan dolayı ithalata bağımlıdır. Dünyada sığır eti ithal eden ülkeler arasında üçüncü sırada yer almaktadır (TAGEM, 2021).

TÜİK ve Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE) verilerine göre Türkiye, 2020 yılında 16.775 baş damızlık büyükbaş hayvan ithal etmiştir. 2020 yılında 4.584 ton dana eti ithal eden Türkiye, aynı dönemde 517 ton ihracat yapmıştır. Türkiye, 2020 yılında ithalatını 2019 yılına göre %9.2 oranında düşürmüş, ihracatında ise artış görülmüştür (TEPGE, 2021).

3.4 Türkiye’de Hayvancılık Sektörü

Hayvancılık sektörü ülkemizde oldukça önemlidir. Hayvansal gıdalar değişen ve gelişen dünyada toplumun temel sorunu olan yetersiz beslenmenin en önemli

kaynaklarıdır. İnsanın doğumundan başlayarak büyüyüp gelişmesi, sağlıklı olabilmesi ve zihinsel gelişimi açısından gerekli olan proteinlerin karşılanması açısından önem arz etmektedir. Vücut için önemli olan proteinler bitkisel kaynaklı gıdalardan daha çok hayvansal kaynaklı gıdalardan alınmaktadır. Hayvancılık sektörü, kalkınmaya katkı sağlamak, insanların yeterli ve dengeli beslenmesi, istihdamı arttırmak, insanların geçim kaynağını oluşturmak gibi ekonomik ve insan sağlığı açısından önemli bir rol oynamaktadır. Hayvancılık sektörü günümüzde gelişmiş ülkelerde önemli bir sektör haline gelmiştir (Öztürk ve Baysan, 2022). Hayvancılık sektörü aynı zamanda tarım sektörünün bir alt grubunu oluşturmaktadır. Bu sektör gelişmeyi hedefleyen veya gelişmekte olan ülkeler açısından oldukça önemlidir (Öztürk ve Baysan, 2022). Hayvancılık sektöründe en çok üretimi yapılan alt sektörler büyükbaş ve küçükbaş hayvancılıktır. Bu alt sektörler kırmızı et sektörünün bel kemiğini oluşturmaktadır. Çizelge 3.5.'te 1927-2019 yılları arasında ülkemizde bulunan hayvan sayıları miktarı gösterilmiştir. Sığır, manda, koyun, keçi, deve ve domuz kırmızı et sektörü içerisinde üretimi yapılan, canlı ve kesilmiş hayvan ticaretinin yanı sıra gıda sanayi sayesinde işlenmiş gıda olarak da ekonomik sistemde katma değer sağlamaktadır (Şahin, 2021).

Çizelge 3.5. 1927-2019 yılları arası hayvan sayıları.

Yıllar	Koyun	Sığır	Manda
1927	10.166.444	6.022.740	340.438
1929	10.184.524	4.665.000	492.000
1930	10.498.426	4.735.000	508.000
1931	11.762.343	4.869.000	494.000
1932	11.758.706	5.345.000	555.000
1933	11.070.773	5.124.000	542.000
1934	10.739.269	5.207.000	541.000
1935	13.591.000	6.486.176	540.184
1936	20.771.9989	8.328.669	801.067
1937	21.724.533	8.765.858	903.511
1938	23.138.450	9.310.966	885.117
1939	25.220.503	9.395.303	906.804
1940	26.271.838	9.759.282	947.208
1941	25.411.693	10.061.357	963.029
1942	22.967.097	9.613.476	882.216
1943	21.104.603	9.231.043	847.912
1944	22.450.258	9.549.432	856.803
1945	23.386.009	9.809.926	848.166
1946	23.386.616	9.706.057	900.862

Çizelge 3.5 (devam). 1927-2019 yılları arası hayvan sayıları.

1947	24.579.866	9.800.919	947.422
1948	25.810.090	10.179.321	936.751
1949	23.073.071	10.103.741	897.074
1950	23.082.521	10.123.185	947.731
1951	24.832.649	10.395.858	967.062
1952	26.534.233	10.694.807	1.013.388
1953	27.286.102	10.758.553	1.044.134
1954	26.807.557	10.867.500	1.070.716
1955	26.443.838	11.058.935	1.056.000
1956	27.974.232	11.546.208	1.075.438
1957	29.209.029	12.061.130	1.121.727
1958	30.823.393	12.484.211	1.161.803
1959	33.613.500	12.075.800	1.229.200
1960	34.463.200	12.435.000	1.140.000
1961	33.306.900	12.097.300	1.140.400
1962	31.614.000	12.662.000	1.159.900
1963	32.278.980	12.704.130	1.165.860
1964	32.654.000	13.211.000	1.202.500
1965	33.382.000	13.203.000	1.216.000
1966	34.663.000	13.769.000	1.253.000
1967	35.878.000	14.165.000	1.248.000
1968	36.587.000	10.316.566	1.256.000
1969	36.351.000	9.611.837	1.178.000
1970	36.471.000	9.393.434	1.117.000
1971	36.760.000	9.278.000	1.026.000
1972	38.806.000	9.466.705	1.039.208
1973	40.093.000	9.619.817	1.023.000
1974	40.539.000	9.746.671	1.022.000
1975	41.366.000	9.718.097	1.051.000
1976	41.504.000	10.141.200	1.056.000
1977	42.708.000	10.460.120	1.012.000
1978	43.942.000	10.750.370	1.023.000
1979	46.026.000	11.176.490	1.040.000
1980	48.630.000	15.894.000	1.031.000
1985	42.500.000	12.466.000	551.000
1990	40.553.000	11.377.000	371.000
1995	33.791.000	11.789.000	255.000
2000	28.492.000	10.548.000	146.000
2005	25.304.325	10.526.440	104.965
2010	23.304.325	11.369.800	84.726
2015	31.507.934	13.994.071	133.766
2019	37.276.050	17.688.139	184.192

3.5 Koyun Eti

İnsanlık tarihinin var olduğu ilk günden bugüne kadar et beslenmemizde önemli bir yer tutmaktadır. Et organizmanın ihtiyaç duyduğu proteinlerin %100'ünü karşılayabilecek oranda protein içermektedir. Proteine ek olarak vitamin ve mineralleri de bünyesinde barındırır. Kalsiyum haricinde diğer mineral maddeleri içermesi ve demir ve fosfor açısından oldukça önemlidir. Suda eriyen B grubu vitaminlerinin önemli kaynağı olup yağda eriyen A, D, E ve K vitaminleri açısından da değerlidir (Kayaşoğlu, 1996).

Günümüzde dünyada en çok tüketilen etlerden birisi olan koyun etinin üretimi son yıllarda giderek artmaya başlamış ve sığır, koyun, domuz ve kanatlı et ürünleri arasındaki payı üretimin artmasıyla birlikte yükselmiştir. Son yapılan çalışmalarda dünyadaki et pazarındaki payının ise %8.88'e yükseldiği söylenmektedir (Kandemir vd., 2019; Mokhtar, 2017).

Koyun eti beslenme açısından önemli ve zengin bir besin kaynağıdır. İçeriğinde ki yüksek su aktivitesinden dolayı raf ömürleri kısadır. Ayrıca, raf ömrünün kısılmasında hayvanların, hijyenik açıdan yeterli olmayan mezbahalarda ya da uygun olmayan koşullarda kesilmesi sonucunda primer ve sekonder olarak mikrobiyal kontaminasyona uğramaları, bu karkaslardan elde edilen etlerdeki mikrobiyal yükün fazla olmasından dolayı raf ömrünün azalmasına ve ülke genelinde büyük ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Ayrıca mikrobiyal yükü fazla olan veya patojen mikroorganizmaları içeren bu etler, yetersiz pişirilerek tüketildiklerinde, uygun olmayan koşullarda tüketicilere sunulduğunda gıda enfeksiyon ve intoksikasyonlarına neden olarak halk sağlığını tehdit etmektedir (Beyaz, 2007).

Koyun eti ürünleri, diğer kırmızı etlere kıyasla benzersiz beslenme özellikleri, fizikokimyasal bileşimleri, duysal nitelikleri ve farklı tatları nedeniyle önemli bir yere sahiptir. Koyun eti, tüketicinin kokusuyla algıladığı aroma ile tüketimden hemen önce ve tüketim sırasında tat duyularının kombinasyonundan kaynaklanan et aroması ile, yemek yerken algılanan lezzetten sorumlu bileşikler içermektedir (Watkins vd., 2021). Koyun etinin kompozisyonu; su (%68-78), protein (%15-25), lipid (%2-10), az miktarda karbonhidrat, vitamin ve mineral fraksiyonlarından oluşur. Etin yağ içeriğinin lezzet/aroma, sululuk ve doku gibi özellikler üzerine önemli

ölçüde etkisi bulunmaktadır (Ponnampalam vd., 2016). Koyun eti aynı zamanda insan sağlığı için gerekli olan önemli bir selenyum, kalsiyum, magnezyum, bakır, fosfor ve potasyum kaynağıdır. Bu minerallerin varlığı yalnızca beslenme sağlığı yararlarına katkıda bulunmaz, aynı zamanda birçok duyuşsal özellikte ve etin kalitesinin korunmasında da rol oynar (Ponnampalam vd., 2016). Ayrıca koyun eti, birkaç önemli vitamin için değerli bir kaynaktır. 100 g'lık bir porsiyon, bir yetişkinin günlük önerilen B₁₂ vitamini alımının yaklaşık üçte ikisini ve günlük B₂, B₃, B₅ ve B₆ vitamini gereksinimlerinin dörtte birini sağladığı gibi, ayrıca A vitamini de dahil olmak üzere yağda çözünen birçok vitamin için faydalı bir kaynaktır (Ponnampalam vd., 2016).

Koyun yetiştirme sektöründe önemli bir yere sahip olan Çin, uzun bir koyun yetiştiriciliği geçmişine sahiptir ve en eski kayıtları yaklaşık 5000-7000 yıl öncesine dayanmaktadır. Koyun üretimi, Çin'de hayvancılıkta kilit rol oynamaktadır. Son on yılda, Çin'deki koyun eti endüstrisi istikrarlı bir şekilde gelişme göstermiştir. 2001'de Çin'de 300 milyon koyun ve keçi bulunduğu rapor edilmiştir ve bunların yaklaşık 161 milyonunu koyunlar oluşturmaktadır. Çin'de kişi başına koyun veya kuzu eti tüketiminin 2025 yılına kadar 5 kg'a ulaşacağı tahmin edilmektedir (Ma vd., 2022). Türkiye'de ise 2000 yılında üretilen kırmızı et miktarının %22.6'sı koyun etinden karşılanmıştır (TAGEM, 2021). Çizelge 3.6.'da Türkiye'de koyun etinin yıllara göre üretim miktarı gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Türkiye'de koyun etti üretimi (ton) (TAGEM, 2021).

Yıl	Koyun eti üretim miktarı
2000	111.139
2005	73.743
2010	73.743
2011	107.076
2012	97.334
2013	102.943
2014	98.978
2015	100.021
2016	82.485
2017	100.058
2018	100.831
2019	109.382

4. YENİLEBİLİR FİLM VE KAPLAMALAR

Günümüzde gıda sektöründe bakteriyel ve enzimatik açıdan bozulmanın geciktirilmesi ile gıda güvenliğinin sağlanması amacıyla farklı ambalaj ve muhafaza yöntemleri kullanılmaktadır. Yenilebilir film ve kaplamalar bu konudaki önemli gelişmelerden birisidir. Yenilebilir filmler sulu ortamda dağılmış, biyopolimerler ve farklı katkı maddelerinin kombinasyonundan oluşan <0.3 mm kalınlığa sahip olup gıda ile tüketilebilen, sentetik olmayıp doğal kaynaklardan elde edilen maddeler olarak tanımlanır. Gıdaların doku, görünüm, tat gibi duyuşal özelliklerini geliştirebilmelerinin yanı sıra gıdaların kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik bozulmalara karşı korumasında ve gıdaların raf ömrünü uzatarak kaliteleri üzerinde olumlu etki gösterirler (Aloui ve Khwaldia, 2016; Bishnoi vd., 2022; Falguera vd., 2011; Kayaardı ve Akkara, 2010).

Yenilebilir film ve kaplamalar gazların geçişine, görünümün iyileştirilmesine, aromaların göçü, nem içeriği, oksijen ve karbondioksit difüzyonu problemlerini çözerek, gıdaların ömrünü ve kalitesini uzatan etkili bir bariyerdir. Film ve kaplamalar polisakkarit, protein ve lipitlerden elde edilen devamlı matrisler olarak da tanımlanmaktadır (Aguirre-Joya vd., 2018; Kalkan, 2014; Özkılıç, 2012).

Yenilebilir filmlere organik asitler, enzimler, fungusitler ve doğal antimikrobiyal bileşikler (baharatlar ve uçucu yağlar) gibi çeşitli antimikrobiyal maddeler dahil edilebilir (Pérez vd., 2011).

Yenilebilir filmler ve kaplamalar, film oluşturabilme yeteneğine sahip olan maddelerden sentezlenmektedir. Üretim boyunca, film ve kaplama maddeleri, su ve alkol çözücülerinin kombinasyonunda çözülürler (Bourtoom, 2008). Yenilebilir film ve kaplamalarda etkili bir kaplama elde etmek için çözelti sentezlenir ve bağl nemde ve belirli bir sıcaklıkta kurutulur. Belirli polimerin dağılmasını sağlamak amacı ile pH'ın ayarlanması ya da çözeltilerin ısıtılması gerçekleştirilebilir. Gıdaların filmlerle kaplanması, püskürtme, fırçalama, kurutma veya kaydırma yöntemleri kullanılır. Çoğunlukla yenilebilir filmleri veya kaplamayı sentezlemek için kullanılan bileşenler, proteinler, polisakkaritler, lipitler ve kompozitleri içeren dört sınıfa ayrılabilir (Hassan vd., 2018). Bu malzemeler genellikle bitkilerden elde edilmekte olup çevre dostu ve sürdürülebilir ürünlerdir (Arshad vd., 2016).

Yenilebilir film ve kaplamaların ambalaj atıklarını önleyerek çevre dostu olması, gıdaların kalitesini koruması ve ürünlerin raf ömrünü iyileştirebilmesinden dolayı yenilebilir filmlere olan talep son yıllarda giderek artmaktadır. Günümüzde çeşitli gıdalarda ve sektörlerde tercih edilmesi, tüketicilerin yüksek kaliteli gıdalara ve doğal koruyuculara olan talebi, gıda işleyicilerinin yeni depolama teknikleri için ihtiyaçları, yenilenemeyen gıda paketlenme malzemelerinin atılmasına ilişkin çevresel kaygılar ve yeterince kullanılmayan film oluşturuıcı bileşenler için yeni pazar satış noktaları yaratma fırsatları, gıda ürünlerinin depolanması ve pazarlanması gibi birçok zorluğun önüne geçilmesi gibi sebepler günümüzde bu sektörün gelişmesini sağlamıştır. Günümüzde özellikle polisakkaritlerden ve proteinlerden yapılan yenilebilir filmler ilgi görmektedir çünkü bu biyopolimerlerin çoğu, esas olarak işlevsel kimyasal grupları ve polielektrolit doğası nedeniyle iyi film oluşturma özelliklerine sahiptirler (Andrade vd., 2014; Bishnoi vd., 2022; Gennadios vd., 1997; Rux vd., 2023).

4.1 Yenilebilir Film ve Kaplamaların Tarihçesi

Yenilebilir film kaplamalar gıda üretiminde gıdaların korunması için yüzyıllardır kullanılmaktadır. Nişastalar, yağlar, waxlar(mumlar), proteinler ve jelatinler taze meyve ve sebzelerde, cevizlerde, et üretiminde ve ilaç tabletlerinde çeşitli şekillerde kullanılmaktadır (Skudlarek, 2012).

Yenilebilir filmlerin gıda ürünlerinde kullanımı yeni gibi görünse de bu polimerlerin henüz geliştirilmediği zamanlarda, gıda ürünleri yaprak, ağaç, sepet vb. doğal kılıflar içinde paketlenmelerinin gerçekleştiği bilgileri mevcuttur. Yenilebilir film ve kaplamanın eski zamanlarda ilk kez Kral için narenciye meyvelerinin erimiş mumla kaplanarak korunduğu güney Çin’de 12. yüzyılda gerçekleştiği kayıtlar bulunmaktadır. Yine aynı yüzyıllarda turuncgillerin su kaybının azaltılması amacıyla balmumuna daldırıldıkları tespit edilmiştir. 15. yüzyıl Japonya’da kaynatılmış soya sütünden elde edilen ve Yuba adı verilen yenilebilir bir kaplama, gıdaların görünümünün iyileştirilmesi ve kalitelerinin korunması amacıyla kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu Yuba filmi, ilk bağımsız film olarak kabul edilmiştir. 16. yüzyılda Avrupa’da et yüzeylerinde ki nem kaybını azaltmak için yağ ile kaplanmıştır ayrıca etlerin raf ömrünü uzatmak için “larding” yani domuz yağı ile kaplama uygulanmıştır, ancak bu tat ve dokuda bir miktar kayıpla sonuçlanmıştır. Çeşitli

meyvelerde kullanılan mumlar yenilebilir film ve kaplamalar nem kaybını önlemek ve meyvelere estetik amaçlı parlak yüzey sağlamak amacı ile yüzyıllar boyunca kullanılmıştır. Yağın jelatin kaplamalara girişi, 19. yüzyılda gerçekleşmiş olup et ürünleri jelatin ile kaplanarak muhafaza edilmiştir ayrıca 19. yüzyılda, ceviz, fındık ve bademde depolama süresi boyunca oksidasyon ve ransiditenin önlenmesi için sükroz ile kaplamışlardır. 20. yüzyılın ortasından günümüze kadar olan süreçte film kaplama su kaybının engellenmesinde, meyve ve sebzelerin dış görünüşlerinin parlak görünmesi amacı ile kullanılmaktadır (Akşehir, 2013; Gil ve Kader, 2018; Kayaardı ve Akkara 2010; Kalkan, 2014; Kozlu, 2020; Umaraw ve Verma, 2017).

4.2 Yenilebilir Film ve Kaplamaların Sınıflandırılması

4.2.1 Polisakkarit bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Polisakkaritler, doğal olarak oluşan polimerlerdir ve yaygın olarak yenilebilir filmlerin hazırlanmasında kullanılırlar (Miller ve Krochta, 1997). Polisakkarit bazlı kaplamalar renksiz ve yağsız bir görünüme sahiptir. Ayrıca düşük kalorilidir (Carneiro-da-Cunha vd., 2009). Polisakkaritler bazlı kaplamalar hidrofilik yapılarından ötürü yüksek su buharı geçirgenliği gösterirler ve iyi düzenlenmiş hidrojene bağlı ağ şekilleri nedeniyle verimli bir oksijen engelleyici olduğu tahmin edilen kaplamalardır. Gıda ürünlerinin fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerini kaybetmeden gaz değişimini, mikrobiyal bozulmayı, nem ve çözünen madde kaybını önlemektedir (Anis vd., 2021; Hassan vd., 2018). Polisakkarit kaplamalar yapısı bakımından dayanıklı olduğu için kaplanan ürünleri darbelere karşı koruyarak mekanik bir direnç sağlamaktadır (Kozlu, 2020). Kabuklu deniz ürünlerinde, meyve ve sebzelerde, et ürünleri gibi gıdaların raf ömürlerini uzatmada, oksidatif ransiditeyi, dehidrasyonu ve yüzeyin koyulaşmasını önemli derecede azaltmak için uygulanmaktadır (Hassan vd., 2018).

Son yıllarda, polisakkarit bazlı yenilebilir filmlere ve kaplamalara olan ilgide bir artış görülmüştür. Bunun sebebi olarak da polisakkaritlerin kimyasal modifikasyonunun kolaylığı düşünülmektedir. Polisakkaritler genel olarak nişasta ve nişasta olmayan polisakkaritler olarak kategorize edilir. Nişasta olmayan polisakkaritler, nişasta polisakkaritlerinden daha hidrofiliktir. Uzun zincirli hidrofilik polisakkaritlerin sulu çözeltileri ve dispersiyonları, çözeltilerin viskozitesini arttırmaya yardımcı olur. Bu

polisakkaritlerin eklenmesi, biyopolimer matrislerin sertliğini, gevrekliğini ve yapışkanlığını uyarlamaya yardımcı olur. Nişasta olmayan polisakkaritler, selüloz ve türevleri (örneğin, karboksimetilselüloz, hidroksipropil selüloz, metilselüloz, hidroksipropil metilselüloz, mikrokristalin selüloz, kitosan, gellan sakızı), deniz yosunu özleri (örneğin, İrlanda yosunu, aljinatlar, agar, furcellaran, pektin), mikrobiyal fermantasyon sakızı (örneğin, ksantan sakızı, eksüda sakızları, arap sakızı, kitre sakızı, karaya sakızı) ve tohum sakızları (örneğin, demirhindi sakızı, guar sakızı, keçiyoynuzu sakızı) olarak sınıflandırılır (Anis vd., 2021). Çizelge 4.1.'de farklı kaplama materyallerinin çeşitli gıdalara uygulanması sonucu ile gıdalar üzerinde oluşturduğu önemli işlevleri verilmiştir.

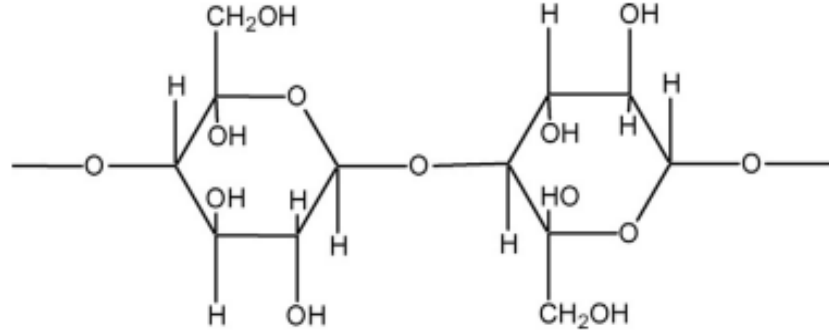
Çizelge 4.1. Önemli işlevlere sahip farklı gıda ürünleri için bazı polisakkarit kaplı gıdalar.

Kaplamalar	Gıda Ürünleri	Önemli İşlevleri
Katkı maddesi olarak uçucu yağlar (sitril ve öjenol) içeren pektin ve sodyum aljinat kaplamalar.	Ahududu	Rengini, ağırlık kaybını, antioksidan kapasitesini, mikrobiyal gelişmeyi ve tat bozulmasını kontrol altına almıştır (Guerreiro vd., 2015).
Gliserol ilave edilen kitosan kaplamalar.	Biftek	Satış süresi boyunca rengini korumuş ve lipit oksidasyonunu engellemiştir (Cardosa vd., 2016).
Sorbitol katkılı selüloz türevi (hidroksipropil metilselüloz ve metilselüloz) kaplamalar.	Patates	Kızartma ürünlerinde yağ alımının fazlalığını azaltmak için kullanılmıştır (García vd., 2002).
Sinamik asit katkılı ksantan gam kaplamalar.	Taze kesilmiş armut	4 °C'de depolanan armudun renk, sıcaklık, su kaybı ve ağırlık kaybı üzerine etkisini göstermiştir (Sharma ve Rao, 2015).
Amilaz etanol katkılı glutatyonlu pullulan bazlı kaplamalar.	Elma	Soğukta depolama boyunca renk, görünüm, duyu özellikleri ve mikrobiyal gelişme üzerine etki göstermiştir (Wu ve Chen, 2013).

4.2.1.1 Selüloz bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Doğal biyopolimer olarak da bilinen selüloz, dünyadaki en yaygın yenilenebilir polimer olarak kabul edilmekte olup işleme kolaylığı, maliyetinin ucuz olması,

biyolojik olarak parçalanabilirlik ve yenilenebilirlik, dönüştürülebilirlik, mekanik performans, piezoelektriklik ve dielektriklik gibi çeşitli avantajlara sahiptir (Gupta vd., 2022). Bu filmler ideal oksijen ve aroma geçirgenliğine sahiptir. Selüloz bazlı filmler çeşitli gıdalarda gaz, nem ve hidrokarbonların ambalaj materyalinden transferinin kontrolünde kullanılmaktadır (Ergutay ve Tomar, 2004). Selüloz, D-glukoz birimlerinin β -1.4 glikosidik bağ ile bağlanmasıyla oluşmaktadır (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Selülozun kimyasal yapısı (Hassan vd., 2018).

Bu yapıda hidroksimetil gruplarının anhidro-glukoz birimi polimer omurgasının üstünde ya da altında yer alır. Sonucunda çok sıkı polimer zincirli, yüksek kristalimsi yapı ve suya karşı direnç gösteren ambalaj oluşmaktadır. Selüloz türevleri, metil, hidroksipropil ya da karboksil birimleri ile ikame eden polisakkaritlerdir (Çelikel ve Akın, 2017). Selülozun sadece dört formu yenilebilir film kaplamada kullanılır. Bunlar karboksimetil selüloz (E466, CMC), metil selüloz (E461, MC), hidroksipropil metil selüloz (E464, HPMC) ve hidroksipropil selüloz (HPC E463)'dur (Laith ve Al-Hashimi, 2019).

Selülozun suda çözünür türevleri; hidroksietil selüloz, amfoterik selüloz, hidroksipropil selüloz, karboksimetil selüloz ve hidroksipropil metil selülozdur. Selüloz gıda ambalajlarında renk, görünüm, koku, lezzet ve tat gibi duyuşsal ve organoleptik açıdan sağladığı özelliklerle oldukça iyi bilinmektedir. Bununla birlikte selüloz, paketlenme malzemesine, nemin yanı sıra lipidlerin, gazların ve çözünen maddelerin göçünü ve hareketini önleyen bariyer özellik göstermektedir (Gupta vd., 2022).

Günümüzde selüloz, kolay olarak bulunabilmesi, yenilenebilir ve biyoyoumlu bir ham madde olmasından dolayı önemli bir polisakkarittir ve bu nedenle sürdürülebilir

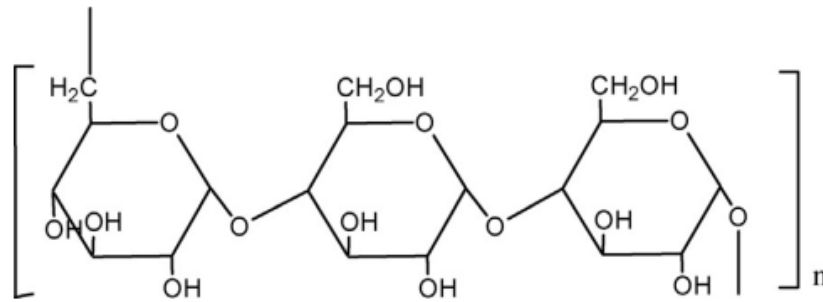
bir gezegen için gelecekte önemli bir kaynak olacağı düşünülmektedir (Singh vd., 2019).

4.2.1.2 Pullulan bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Pullulan, yenilebilir filmler üretmek için yaygın olarak kullanılan bir polisakkarit polimeridir. Bununla birlikte, saf pullulan filmi genellikle kırılgan ve çok hidrofiliktir, bu da hem gıda hem de farmasötik alanlarında kullanımını sınırlamaktadır (Zhao vd., 2019).

Pullulan, (1-6)- α -D-glikozidik bağları ile bağlanan maltotrioz ünitelerinden oluşan bir polimerdir. Mantar benzeri maya *Aureobasidium pullulans* tarafından hücre dışı olarak üretilen suda çözünür bir mikrobiyal polisakkarittir (Teekamp vd., 2017).

Pullulan, renksiz, tatsız, kokusuz, toksik olmayan, şeffaf, esnek, yenilebilir ve genellikle güvenli olarak kabul edilen, yağa karşı son derece geçirimsiz ve iyi oksijen bariyeri özelliklerine sahip ısıyla yapışabilen bir film üreten mükemmel bir film oluşturmaktadır. Pullulan suda kolayca çözünür ve ortaya çıkan çözeltiler ısı ve pH değişikliklerinden etkilenmez. Pullulan son zamanlarda gıda ve ilaç endüstrilerinde çeşitli uygulama alanlarında film oluşturma özelliğinin olmasından dolayı farklı polisakkaritlerle karıştırılarak kullanılmaktadır (Gounga vd., 2007; Teekamp vd., 2017). Pullulanın kimyasal yapısı Şekil 4.2.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Pullulan kimyasal yapısı (Hassan vd., 2018).

4.2.1.3 Kitosan bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Rouget, bu doğal polimer kitin türevini 1859'da doğal olarak oluşan polimerin deasetillenmiş bir formu olarak keşfetmiştir (Abere vd., 2022).

Kitinin kısmen deasetillenmiş bir türevi olan kitosan, 2-amino-deoksi- β -D-glukopiranoz ve 2-asetamido-deoksi- β -D-glukopiranoz (kitin) tortusundan oluşan bir hetero-polisakkarittir (Khan vd., 2014).

Kitosanın ana özelliği, üç farklı fonksiyonel grubun (birincil-OH, ikincil -OH ve -NH₂) varlığı ve asidik pH'ta suda çözünürlüğü ile belirlenir. Reaktif grupların varlığı nedeniyle çok çeşitli bakteri ve mantarların büyümesini engeller (Duan vd., 2019).

Kitosan, karides, bazı mantarlar, deniz kabukları ve diğer deniz kabuklularının kabuklarından üretilir ve çok amaçlı olarak yaygın bir şekilde kullanılır. Kitosan toksik yapıda olmaması, biyolojik olarak parçalanabilmesi, biyoyumlu bir madde olması, gazlara karşı iyi geçirgenlik ve antimikrobiyal özellikleri sağlamanın yanı sıra, dikkate değer gerilme mukavemetine ve güçlü mekanik özelliklere de sahiptir (Rohasmizah ve Azizah, 2022).

Kitosan, glukan halkası üzerindeki C-2 pozisyonundaki amin radikallerine bağlı olan asetil gruplarının uzaklaştırılması yoluyla kitin yapısının modifiye edilmesiyle elde edilir. Kitosanın çözünürlüğü, deasetilasyon derecesine ve kullanılan deasetilasyon yöntemine bağlıdır. Kitosan, düşük pH değerlerinde kolayca kuaterner amonyum tuzları oluşturabilir. Dolayısıyla asetik, formik ve laktik asitler gibi organik asitler kitosanı çözebilir (Cruz-Romero vd., 2013). Kitosan için en iyi çözücünün formik asit olduğu bulunmuştur, ancak en yaygın kullanılan çözücü yaklaşık pH 4.0'da %1 asetik asittir. Kitosan ayrıca %1 hidroklorik asit ve seyreltik nitrik asitte çözünür, ancak sülfürik ve fosforik asitlerde çözünmez. Yüksek sıcaklıklarda konsantre asetik asit çözeltileri kitosanın depolimerizasyonuna neden olabilir (Pillai vd., 2009).

Kitosan filmler, meyveler, sebzeler ve etler gibi gıdaları paketlemek için başarılı bir şekilde geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Elastik ve şeffaf kitosan filmler, katı mekanik özellikleri ve gazlar için seçici geçirgenlikleri ile bilinirler (Sun vd., 2014).

Yapılan farklı çalışmalarda kitosan filminin gıda kaynaklı patojenlere karşı etkinliğini arttırmak için sosislerin raf ömrünü uzatmada kitosan kaplamaya nisin, potasyum sorbat ve sodyum benzoat eklenerek raf ömrünün uzatıldığı sonucuna ulaşılmıştır (Samelis vd., 2002).

Selülozdan sonra doğada en yaygın bulunan ikinci polisakkarit kitindir. Bazı mantar ve mayaların hücre duvarlarında, bitkilerde selüloza eşdeğer olarak ve yumuşakçalar, eklembacaklılar gibi birçok omurgasız grubunda, dış iskeletlerinin inorganik mineral fazının lifli desteği olarak meydana gelmektedir (Barbosa vd., 2011).

Kitin, teorik olarak tamamen *N*-asetillenmiş *D*-glukozamin birimlerinden oluşan yüksek molekül ağırlıklı bir kristal polisakkarittir (Aldayel, 2022).

Kitin çoğu organik çözücünde çözünmezken, kitosan pH 6.0'ın altındaki seyreltilmiş asidik çözeltilerde kolayca çözünür. Bunun nedeni, kitosan, pKa değeri 6.3 olan birincil amino gruplarına sahip olduğu için güçlü bir baz olarak kabul edilebilir. Amino gruplarının varlığı, pH'ın kitosanın yüklü durumunu ve özelliklerini büyük ölçüde değiştirdiğini gösterir (Elsabee ve Abdou, 2013).

4.2.1.4 Nişasta bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Nişasta glikozidik bağlarla bağlanmış bir dizi glikoz bağı zincirinden oluşan, biyolojik olarak parçalanabilen bir polimerdir ve $(C_6H_{10}O_5)_n$ kimyasal formülüne sahiptir (Gupta vd., 2022).

Nişasta bazlı filmler, şeffaf, kokusuz, tatsız olup uygun oksijen ve aroma geçirgenlik özelliklerinden dolayı yaygın olarak yenilebilir film eldesinde kullanılmaktadır. Yağ oranı yüksek et ve balık ürünlerinde oksitlenmeyi önlemek, taze meyve ve sebzeleri susuz kalmaktan korumak ve hatta bazı durumlarda solunum hızlarını azaltmanın yanı sıra gıdaların da renk ve tat kayıplarını azaltmak için kullanılabilirler (Sánchez-Ortega vd., 2016).

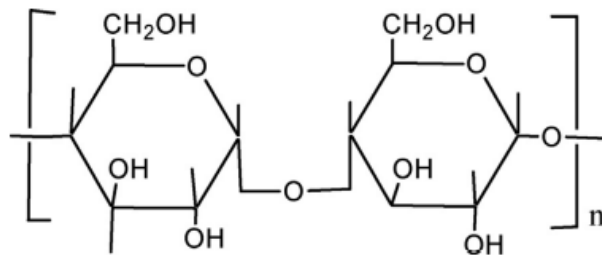
Yapılan bazı çalışmalar sonucunda nişastanın gıda sektörü haricinde, su arıtma ve ilaç dağıtımı gibi çeşitli sektörlerde de yaygın olarak kullanıldığını bildirilmiştir (Gupta vd., 2022).

Nişasta, aynı zamanda, düşük maliyetli olması, kolayca ve bol miktarda bulunabilmesi, biyolojik olarak parçalanabilir ve yenilebilir olması, iyi bir film oluşturma yeteneği sunması, sürekli matris oluşturma kapasitesinin yüksek olmasından dolayı film oluşumu için yaygın olarak birçok şekilde kullanılan bir bileşendir (Luchese vd., 2017; Nogueira vd., 2018; Sucheta vd., 2019).

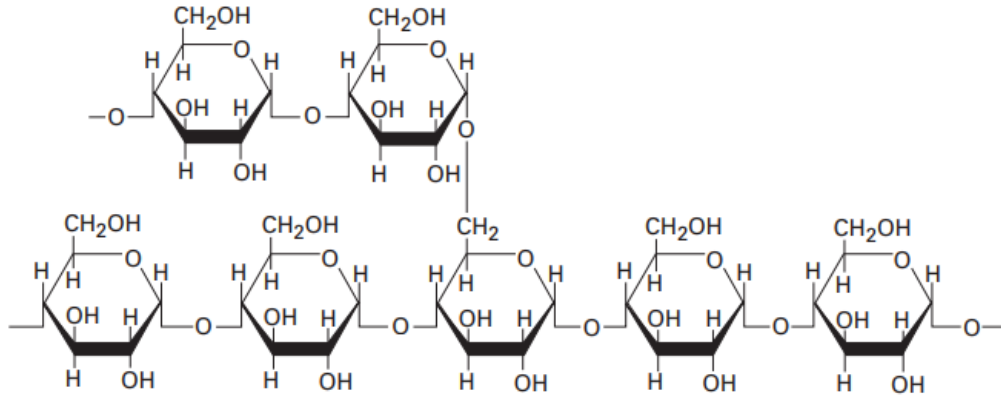
Saf doğal nişasta filmleri, polietilen gibi sentetik polimerlere kıyasla kırılğandır ve bu filmlerin genellikle plastikleştirilmesi gerekir. Nişasta filmleri, doğal hidrofilik yapıları nedeniyle yüksek bağıl nem koşullarında büyük miktarlarda su emme eğilimindedir. En etkili plastikleştiriciler, genellikle plastikleştirdikleri polimerin yapısına en çok benzemelidir. Bu nedenle, nişasta bazlı filmlerde en yaygın kullanılan plastikleştiriciler, sorbitol ve gliserol gibi poliollerdir (Zavareze vd., 2012).

Nişastalardan kaplamalar elde edileceği zaman, nişasta polimerleri genellikle su olan bir çözücüde çözüldürölmeleri gerekmektedir. Sonrasında elde edilen çözelti yüzeyin üzerine püskürtölerek uygulanmaktadır. Hidrofilik özellik göstermelerine rağmen nişastalar kuvvetli hidrojen bağlarına sahip olmaları ve büyük molekül ağırlıklarından dolayı su içerisinde kolayca çözülememektedirler. Nişastanın suda çözünebilmesi için düşük nişasta konsantrasyonlarında ve 100 °C'nin üzerinde ki sıcaklıklarda çözünebilmektedir (Ertugay ve Tomar, 2004).

Nişasta, anhidroglukoz kalıntılarından oluşur ve doğal olarak var olan bir karbonhidrat polimeridir. Çoğunlukla nişastalar, doğrusal bir zincir polimeri olan amilaz ve dallanmış zincir yapısında olan bir glikoz polimeri olan amilopektinden oluşmaktadır (şekil 4.3.; şekil 4.4.) (Hassan vd., 2018).



şekil 4.3. Amilaz kimyasal yapısı (Hassan vd., 2018).



Şekil 4.4. Amilopektin kimyasal yapısı (Pawar vd., 2008).

4.2.1.5 Pektin bazı yenilebilir film ve kaplamalar

Pektin, toksik olmayan, biyolojik olarak parçalanabilen, yenilebilir ve jel oluşturma özelliklerinden dolayı yenilebilir filmlerin üretimi için iyi bir matris olarak kabul edilmektedir ve aynı zamanda kolay erişilebilir bir biyopolimerdir (Sucheta vd., 2019).

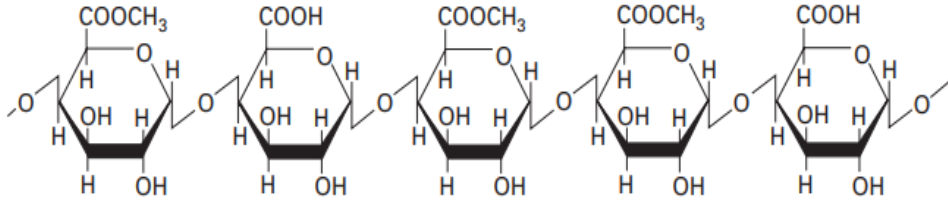
Pektin, genellikle bir ambalaj malzemesi ve fonksiyonel gıda bileşeni olarak kullanılır ve Avrupa Birliği (AB) kodu E440 altında birçok gıda maddesinin içerikleri arasında yer alır. En çok jelleştirici ajan olarak bilinir (Gupta vd., 2022).

Pektin, kimyasal olarak poly-1,4- α -D-galakturonik asitlerden oluşan bitki hücre duvarının ana bileşenlerinden biridir. Metanol ile esterleşme derecesine göre pektin, yüksek metoksil pektin veya düşük metoksil pektin olarak sınıflandırılabilir. Gıda endüstrisinde pektin, Gıda ve İlaç İdaresi tarafından genel olarak güvenli (GRAS) olarak listelenmiştir. Reçel, yoğurt içecekleri, meyve suyu, meyveli ve sütü içecekler, jöle, şekerleme ürünleri, ekmek dolguları ve dondurma gibi gıda ürünlerinde jelleştirici, dengeleyici veya koyulaştırıcı madde olarak kullanılır. Biyobozunurluğu, biyoyumluluğu, yenilebilirliği ve çok yönlü kimyasal ve fiziksel özellikleri nedeniyle pektin yenilebilir filmlerde yaygın olarak kullanılmasında uygun bir polimerik matristir (Espitia vd., 2014; Gupta vd., 2022).

Kompleks bir polisakkarit olup yeterince kullanılmayan tarımsal atık malzemeden yaygın olarak temin edilebilir ve demetilasyon yoluyla hali hazırda modifiye edilerek

mükemmel filmler oluşturabilmesine rağmen Brasil vd. (2012), kırılğan yapısından ötürü Nisar vd. (2018), yapmış oldukları çalışmada saf pektinden yapılan aktif ambalaj malzemelerinin kırılğan antibakteriyel özelliklere sahip olduğu ve yaygın görülen gıda kaynaklı enfeksiyonların gelişimini önlemede başarısız olduğu bildirilmiştir.

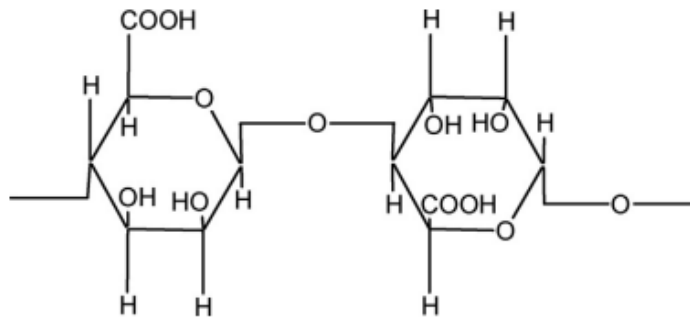
Çok sayıda bitki bazlı polimer arasında pektin, toksik olmaması, düşük maliyetli olması, kolayca bulunabilmesi ve biyolojik olarak parçalanabilmesi nedeniyle günümüzde kapsamlı bir şekilde çalışılan bir polisakkarittir (Shivangi vd., 2021). Şekil 4.5.'de pektinin kimyasal yapısı gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Pektin kimyasal yapısı (Pawar vd., 2008).

4.2.1.6 Aljinat ve karregenana bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Karragenan, belirli kırmızı alglerden ekstrakte edilen ve α -1,3 ve β -1,4 glikozidik ile bağlanan D-galaktoz ve 3,6-anhidrogalaktoz birimlerinden oluşan polisakkaritlerdir (Manuhara vd., 2016). Şekil 4.6.'da alginatın kimyasal yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Alginat kimyasal yapısı (Hassan vd., 2018).

Aljinatlar *Phaeophyceae* familyasından kahverengi deniz yosunundan ekstrakte edilip bu kahverengi alg cinslerinin alkali ile reaksiyona girmesi sonucu üretilen

jelleşmiş formda sodyum, kalsiyum, magnezyum, stronsiyum ve baryum tuzu olarak bulunan sindirilemez polisakkaritlerdir (Mantilla vd., 2013; Parreidt vd., 2018). Lineer, dallanmamış polimerlerdir ve yüksek oranda anyoniktir (Mantilla vd., 2013). Aljinat, benzersiz koloidal özellikleri ve reaksiyon üzerine güçlü jeller veya çözünmeyen polimerler oluşturma yetenekleri nedeniyle yenilebilir film ve kaplamada kullanılırlar (Robles-Sánchez vd., 2013).

Aljinatlar gıda endüstrisinde jelleştirici, koyulaştırıcı, emülsifiye edici, film oluşturma ve stabilize edici olarak kullanılan doğal bir polisakkarittir. Yapılan çalışmalarda yaban mersini, erik, armut, kiraz ve elma gibi meyvelerde ve taze kesilmiş meyveler üzerine aljinat kaplamaların kaliteyi iyileştirdiği bildirilmiştir (Hirota ve Nagai, 2022; Joshi vd., 2021).

D-mannuronik ve L-guluronik asit monomerlerinin aljinik asit tuzu ve bir kopolimer olan aljinat, pH ve elektrik alanına duyarlı bir polimer olarak bilinmektedir. Mannuronik asit ile guluronik asit bileşimi, aljinatların moleküler ağırlığını fiziksel özelliklerini etkilemektedir. Bu iki anyonik şeker asidinin varlığı Ca^{+2} , Mg^{+2} , Mn^{+2} ve Fe gibi iki değerlikli katyonların bağlanmasını sağlar böylece iki değerlikli katyonların bir jelleştirme maddesi olarak dâhil edilmesi, aljinat bazlı film kaplamaların nem ve renk tutma gibi fiziksel özellikleri gerçekleştirmesini sağlamaktadır. Jel oluşturma, film oluşturma, süspansiyon oluşturma ve emülsiyon stabilizatörü olarak kullanılırlar. Toksik olmayıp benzersiz koloidal özelliklere sahiptir. Aljinat şeffaf, düzgün ve iyi oksijen bariyerleri oluşturur, ancak hidrofilik yapısından dolayı su direnci zayıftır (Kumar vd., 2022; Madsen vd., 2021; Singh vd., 2020).

Aljinatlar gıdalarda yaygın olarak kullanılırlar. Hayvansal gıdalarda acılaşmayı, meyve ve sebzelerde ise kararmayı engellemektedir. Peynirlerde ve dondurmada stabilizatör olarak, sütlü puding ve jel halindeki tatlılarda jelleştirici olarak, meşrubatlarda süspansiyon oluşturarak koyulaştırıcı görevinde, birada köpük oluşturmada ve mayonezde emülgatör olarak kullanılmaktadır (Küçük vd., 2017).

Robles-Sánchez vd. (2013), yaptıkları çalışmada aljinat bazlı yenilebilir kaplamanın, 4 °C'de saklanan taze kesilmiş mango meyvelerinin rengini, biyoaktif bileşik içeriğini ve antioksidan aktivitesi üzerindeki esmerleşme önleyici ajanların (askorbik

ve sitrik asit) etkisini araştırmışlar ve sonuç olarak aljinat yenilebilir kaplamanın mango kpplerine esmerleşme önleyici maddelerle (askorbik ve sitrik asit) birlikte uygulanması daha yüksek renk değerlerini koruduğu sonucuna varılmıştır.

Sipahi vd. (2013), yaptıkları çalışmada karpuz üzerine aljinat bazlı yenilebilir film kaplama uygulayarak 4 C’de depolanan karpuzun raf ömrünü 7 günden 12-15 güne çıkararak raf ömrünü uzattığı ve taze kesilmiş karpuzun kalitesini ve duyuasal özelliklerini koruduğu bildirilmiştir.

4.2.1.7 Gam bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Polisakkaritler arasında guar gam önemli fizikokimyasal özelliklere sahip ve en kolay üretilen polisakkaritlerden birisidir. Guar gam *Cyamopsis tetragonolobus* veya *Cyamopsis psoraloides*’in endosperminden elde edilir ve galaktomannanlar arasında en ucuz ve en kolay temin edilebilen kaynaktır. Bu biyopolimer yenilenebilir olmasından dolayı gıda sektöründe yaygın olarak kullanılır. Guar gam suda çözünebilme özelliği gösterir ve çözeltisinden film oluşturma yeteneğine sahiptir. Bununla birlikte, guar gamı oluşturan filmler, düşük mekanik özelliklere sahiptir ve sulu bir ortamda yüksek oranda znr. Guar gam neme karşı oldukça hassastır ve bu nedenle endüstriyel uygulamalarını kısıtlamaktadır (Rahman vd., 2021).

Ksantan gam doğal bir polisakkarittir ve önemli bir endüstriyel biyopolimerdir. Ksantan gam, *Xanthomonas compactis* bakterisi tarafından üretilir. İki glikoz, iki mannoz ve bir glukuronik asitten oluşan bir heteropolisakkarittir. Bu sakız özel reolojik özelliklere sahiptir ve çeşitli endüstrilerde stabilize edici, emülsifiye edici, süspanse edici ve koyulaştırıcı bir madde olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ksantan gamın en önemli özelliklerinden birisi farklı koşullardaki viskozite stabilitesidir (Meydanju vd., 2022).

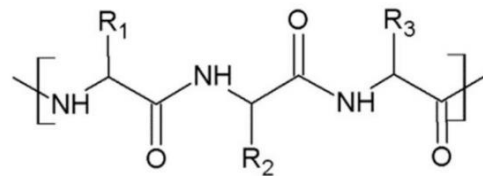
4.2.2 Protein bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Proteinler, film oluşturmak için kullanılan gıda sınıfı biyopolimerlerdir (Qian vd., 2022). Üstün oksijen bariyerlerine, orta derecede nem geçirgenliğine ve yüksek biyolojik olarak parçalanabilirliğe sahiptirler (Rydz vd., 2018). Proteinlerden oluşan

filmler genellikle uygun mekanik ve optik özelliklere sahiptir, ancak hidrofilik yapıları nedeniyle zayıf su buharı bariyeri özellikleri gösterirler (Teixeira vd., 2014). Proteinlerin su buharı geçirgenliğine sınırlı direnci, proteinlerdeki hidrofilik grupların içeriği ve ayrıca hidrofilik plastikleştiriciler tarafından sağlanır. Bununla birlikte, bu tür filmler, protein zincirinden zincire etkileşimi içeren yoğun moleküler arası kuvvetler nedeniyle kırılmalıdır (Tkaczewska, 2020).

Bitkisel kaynaklı proteinlerden oluşan yenilebilir ambalajlar arasında buğday gluteni, fıstık proteini, kinoa proteini, mısır zeini, soya proteini ve susam proteini bulunur. Yumurta akı proteini, keratin, kolajen, kazein, miyofibriller protein ve peynir altı suyu proteini hayvansal kaynaklı film oluşturmalarıdır. Yenilebilir film ve kaplamalar arasında iyi bir besin değeri sağladıklarından dolayı protein bazlı kaplamalar daha ilgi çekmektedir. Protein bazlı kaplamalar düşük nem bariyerine sahip olmalarından dolayı nispeten daha yüksek mekanik ve gaz bariyeri özelliği gösterirler. Protein bazlı filmler, polisakkarit ve lipit bazlı filmlere oranla oldukça iyidir. Proteinin yapısı oksijen geçirgenliğinde çok önemli bir rol oynar. Düzenli hidrojen bağlı ağ yapılarından dolayı iyi bir fiziksel özelliklere ve gazları bloke etme etkileri mevcuttur. Mısır zeini, buğday gluteni, soya proteini ve peynir altı suyu proteini bazlı yenilebilir filmlerin, kolajen bazlı filmlere göre daha fazla oksijen geçirgenliğine sahip olduğu bildirilmektedir (Kumar vd., 2022).

Proteinlerin kimyasal ve fiziksel özellikleri, amino asit kalıntılarının nispi miktarına ve bu kalıntıların polipeptit zinciri boyunca nerede bulunduğuyla bağlıdır (Gupta vd., 2022). Şekil 4.7.' de proteinin kimyasal yapısı gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Protein kimyasal yapısı (Gupta vd., 2022).

4.2.2.1 Soya bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Soya proteini, kabuğu alınmış ve yağı alınmış soya fasulyesinden elde edilen yenilebilir ambalajlar için başlıca protein kaynaklarından biridir. Yağ ekstraksiyonundan sonra soya unu, başta soya proteini konsantreleri ve soya proteini izolatları olmak üzere büyük miktarlarda yan ürün elde etmek için saflaştırılabilir. Genel olarak, soya proteini izolatları içeren soya özleri, antioksidan aktivite sergilediği bildirilen fenoller açısından zengindir. Soya proteini kaplama, düşük oksijen ve karbon dioksit geçirgenliği ile karakterize edilir ayrıca, çapraz bağlı polimerler, disülfid bağ oluşumları yoluyla ısıtılarak üretilir. Bu malzemelerin fiyatı yüksek olmadığından, kaplama geliştirme için soya proteini izolatları kullanımı maliyet açısından uygundur. Bu nedenle soya proteini malzemeleri, oksijen akışını bloke etmek için yenilebilir bir kaplama olarak kullanılmaktadır. Soya proteini, diğer biyopolimerler ile kıyaslandığında film oluşumu sırasında proteinin fiziksel ve mekanik özelliklerini iyileştirebilen bağ oluşumu için bol miktarda polar grup sağlayan 18 farklı amino asidin varlığından dolayı iyi bariyer ve film oluşturma özelliklerine sahiptir. Bununla birlikte, soya proteini izolatının doğal hidrofilik ve kırılkan doğası, matrisin pratik değerini sınırlar (Kang vd., 2013; Koshy vd., 2022).

Soya filmleri, biyolojik olarak parçalanabilen çevre dostu olmalarından dolayı yeni gıda paketlenme endüstrisinde büyük ilgi görmektedir (Kokoszka vd., 2010). Ancak soya proteininin kullanılması, yenilebilir paketlenme gibi uygulamalarda yapısal özelliklerinden dolayı zordur. Soya proteininin modifikasyonu, protein yapısının denatürasyonu, ısıl işlem ve doğal çapraz bağlama ajanlarının uygulanması gibi farklı yöntemlerle film oluşumu gerçekleştirilebilir. En yaygın olarak kullanılan protein çapraz bağlayıcılar, glutaraldehit, formaldehit ve glioksal, fenolik ve epoksi bileşikler gibi aldehit bileşikleridir. Soya bazlı yenilebilir filmler şeffaflık, esneklik, düşük oksijen geçirgenliği gibi özellikler göstermektedir (Kumar vd., 2022).

Chinma vd. (2014), yaptıkları çalışmada soya proteini konsantresi yenilebilir film kaplama kullanarak kavrulmuş yer fıstığının raf ömrünü uzatmak için 1 °C 14 gün süre boyunca depolanması incelenmiştir. Film kaplamasız yer fıstığının nem içeriği, tiyobarbitürik asit değerleri kaplanmış yer fıstığına göre yüksek olurken, film kaplamalı yer fıstığı en düşük değerlere sahip olmuştur ve renk, tat, koku, doku durumu kabul edilebilirlik değerlerinde rapor edilmiştir.

4.2.2.2 Buğday gluteni bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Buğday gluteni üstün kaliteli bitki bazlı bir protein olarak tanınır ve çoğu proteinle karşılaştırıldığında besleyici değeri yüksek, güvenli ve ucuzdur. Buğday gluten proteinleri, nişasta ve suda çözünen diğer maddelerden ayrılan buğday ununun bir yan ürünüdür. Bileşiminde gerekli olan pek çok amino asitleri içermektedir (Hu vd., 2022).

Glutenin yapışkanlığı ve esnekliği bütünlük sağlar ve film oluşumunu kolaylaştırır. Buğday gluteni çok iyi oksijen ve karbondioksit bariyeri özelliklerine sahiptir (Kumar vd., 2022).

Gluten yapışkanlık ve elastikiyet gibi özelliklerinden dolayı film oluşum sürecini kolaylaştırmaktadır. Buğday gluteni, gliadin ve glutenin olarak tanınan buğday unu proteini prolamın ve glutelinin 2 bileşenini içerir. Gliadin %70 etanolde çözünürken glutenin çözünmez. Düşük iyonik güce sahip buğday gluteni, yüksek veya düşük pH'lı sulu çözeltilerde çözülebilse de suda çözünmez (Hassan vd., 2018).

Film veya kaplama kurutma işlemi sırasında, film oluşturuucu çözeltiler ısıtılırken eski disülfid bağlarının kırılması meydana gelir ve daha sonra filmlerin kurutulması sırasında hidrojen ve hidrofobik bağların yanı sıra en yeni disülfid bağlarının oluşumu gerçekleşir. Buğday gluteninin saflığının filmin görünümü ve mekanik özellikleri üzerinde büyük etkisi vardır (Hassan vd., 2018).

Glutenin ısıl işleme tabii tutulmasıyla çapraz bağlanma yeteneği, viskoelastiklik özellikleri, suda düşük çözünürlük göstermesi, düşük maliyete sahip olması ve buğday nişastasındaki yan ürün olmasından dolayı kolay bulunabilirlik sağlaması buğday glutenini yenilebilir film ve kaplamalar için önemli bir protein haline getirmektedir (Ansorena vd., 2016).

Buğday gluten filmlerinin fizikokimyasal özellikleri, diğer farklı proteinlerin, polisakkaritlerin ve organik asitlerin dahil edilmesiyle de iyileştirilebilmektedir (Kumar vd., 2022).

Buğday gluteni gibi bitki türevli polimerler, film oluşturuıcı özellikleri, biyolojik olarak parçalanabilirliği ve kolay polimerizasyon nedeniyle biyopolimer olarak önemlidir (Sajjad vd., 2023).

4.2.2.3 Mısır zeini bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Mısır zeini, yenilebilir film ve kaplamalarda kullanılabilen önemli bir proteindir. Mısır zeini, biyoetanol üretiminin bir yan ürünü olan mısır gluteninden ekstrakte edilir ve bol miktarda bulunmaktadır (Escamilla-García vd., 2013).

Mısır, prolamin proteini olan önemli bir zein kaynağıdır. Zein ise mısır endospermde bulunan ve %70-80 alkolde çözünen bir proteindir. Biyolojik olarak parçalanabilen filmler ve kaplamalar, mükemmel film oluşturma özelliklerine ve iyi bariyer özelliklerine sahip olmaları nedeniyle zeinden üretilir (Hassan vd., 2018; Ryu vd., 2002).

Zein, bariyer özelliklerini iyileştirmesi ve yüzeye parlak bir görüntü sağlamasından dolayı protein ve polisakkarit bazlı filmlere uygulanır. Zein kaplama önemli ve gelecek için umut verici potansiyele sahiptir. Zein, yüzeyinde keskin bir şekilde tanımlanmış hidrofobik ve hidrofilik alanlar içerir ve kendi kendine toplanma yeteneğine sahiptir (Kumar vd., 2022).

Zeinin hidrofobik özelliği, prolin, lösin ve alanin gibi polar olmayan amino asit kalıntılarının yüksek oranından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle zein, yenilebilir bir film matris malzemesi olarak önerilmiştir (Chen vd., 2014).

Zein endospermdeki toplam protein miktarının %50'sini ya da fazlasını oluşturur. Alkol-su karışımı ile ekstrakte edilebilir ve granül toz halde kurutulabilir. Ticari amaçla kullanılan zein, mısır öğütme sanayisinin yan ürünüdür ve yıllardır film oluşturma amacıyla kullanılmaktadır. Zein kaplamalar, zeinin sulu etanol çözeltisinin kurutulması ile gerçekleştirilir (Gennadios ve Weller, 1990).

Zein kaplamalar, oksijen ve lipitlere karşı iyi bir bariyer özellikte olması, parlaklığı arttırması, oksidasyonu engellmesi ve kötü koku oluşumunu azaltmasından dolayı şekerleme ürünlerinde ve kuruyemişlerde kaplama materyali olarak kullanılmaktadır (Emragi vd., 2022; Park vd., 1994).

4.2.2.4 Jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Yenilebilir film veya kaplamaları sentezlemek için jelatin polimerlerin işlevsel kullanımını 1960’lardan beri kullanılmakta olduğu bilinmektedir (Hanani vd., 2012).

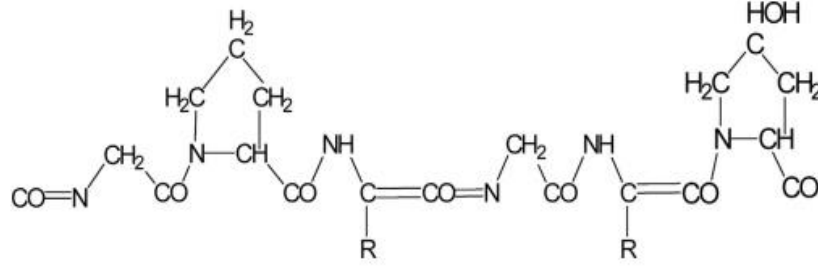
Jelatin hem gıda hem de ilaç sektöründe yaygın olarak kullanılan kolajenden asit ya da alkali hidroliz yoluyla elde edilen hayvansal bir proteindir (Alves vd., 2015).

Jelatin, hayvan kesim ve işleme sırasında atık malzeme olarak üretilen kemiklerde ve derilerde bulunan çözünmeyen lifli kolajenin kontrollü hidrolizi ile elde edilen bir hayvan proteindir (López vd., 2017).

Jelatin, bolluğu, kolay erişilebilirliği, iyi film oluşturma yeteneği, iyi gaz ve yağ direnci, toksik olmaması, biyolojik olarak parçalanabilmesi ve düşük maliyetli olması nedeniyle yenilebilir film kapmalarda sıklıkla kullanılan bir biyopolimerdir (Kumar vd., 2022; Nóbrega-Santos vd., 2022). Aynı zamanda, zayıf mekanik özelliği, düşük termal kararlılığı, zayıf su direnci ve hızlı biyolojik bozunma özelliğinin iyileştirilmesi gerekmektedir (Kumar vd., 2022).

Jelatin, hayvan proteinleri arasında film oluşturma özellikleriyle iyi bilinirler. Düşük ve orta bağıl nemde oksijen ve aroma transferlerine karşı iyi bariyer özellik gösterirler ancak hidrofilik yapıları nedeniyle su buharı geçişine karşı zayıf bariyer özelliklerine sahiptirler (Andrade vd., 2014).

Pek çok çalışma, jelatin gibi protein bazlı filmlerin çoğunun kuru ve kırılgan olduğunu, doğal hidrofilik yapıları nedeniyle düşük gaz bariyerine ve neme karşı yüksek duyarlılığa sahip olduğunu göstermektedir (Pirnia vd., 2022). Şekil 4.8.’de jelatinin kimyasal yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Jelatin kimyasal yapısı (Hassan vd., 2018).

4.2.2.5 Peynir altı suyu proteini bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Yenilebilir film kaplamalarda kazein laktoz varlığından dolayı kristalleşmeye neden olacağından dolayı kaplamalarda genellikle süt proteini yerine peynir altı suyu proteini veya kazein proteini tercih edilmektedir (Wagh vd., 2014). Peynir altı suyu proteinlerinden oluşan filmler orta bağıl nem koşullarında çok iyi oksijen, aroma ve yağ bariyeri özelliği göstermektedir. Gıda kaplama uygulamalarında gerekli olan mekanik özelliklere sahiptir (Kumar vd., 2022).

4.2.2.6 Süt proteini bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Süt proteinleri, yüksek besin değeri ve fonksiyonel özelliklerinden dolayı gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Su bağlama, köpürme, emülsifiye etme ve jelleştirme amaçları için uygundur. Ayrıca peynir altı suyu proteinleri başta olmak üzere süt proteinleri makarna, dondurma, kek, tatlı gibi birçok üründe kullanılmaktadır. Bu nedenle, bu proteinlerin teknolojik özelliklerini bozmamak için karıştırma, ısıtma ve kurutma sırasında kararlı olmaları ve yapılarını korumaları gerekir (Shokri vd., 2022).

Süt proteini kazeinlerin yaklaşık %80'ini ve peynir altı suyu proteinlerinin %20'sini içerir (Liu ve Foster, 2022).

Süt proteinleri başlıca kazein, β -laktoglobulin, α -laktalbumin, serum albümin, proteosepepton ve immünoglobulinlerden oluşur. Sütün yaklaşık %80'ini oluşturan protein içeriğine en çok kazein katkıda bulunur (Umaraw ve Verma, 2017).

4.2.3 Lipit bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Lipit kaplamalar, gıdaları korumak ve nem kaybını önlemek için yüzyıllardır kullanılmaktadır. Bilinen ilk kullanım, 12. yüzyılda Çin’de limon ve portakalların üzerinde yapılan kaplamalardır. ABD’de 16. yüzyılda, gıda ürünlerinin nem kaybını kontrol altına alabilmek için lipit kaplamalar kullanılmıştır. 20. yüzyılda ise kaplamalar su kaybını önlemenin yanı sıra meyve ve sebzelerde parlaklığı sağlamak amacıyla kullanılmıştır (Galus ve Kadzińska, 2015).

Lipitler, bitkilerden, hayvanlardan ve böceklerden elde edilen doğal kaynaklı bileşiklerdir. Lipit fonksiyonel gruplarının çeşitliliği, mono-, di-, tri-gliseritler, fosfolipitler, fosfatidler, terpenler, serebrositler, yağ asitleri ve yağ alkolünden oluşur (Mohamed vd., 2020).

Lipit bazlı kaplamalar hidrofobiktir ve bundan dolayı su (buhar) difüzyonuna karşı çok iyi bariyerler oluşturur. Bu nedenle, lipit bazlı kaplamalar özellikle su kaybına duyarlı taze meyve ve sebzelerde tercih edilirler. Lipit bazlı kaplamalar, asetillenmiş monogliseritler ve yağ asitleri, doğal mumlar ve reçineler dahil nötr lipitlerden oluşturulabilir. Bu bileşiklerin çoğu, çevre dostu bitki materyallerinden üretilebilir (Rux vd., 2023).

Protein ve polisakkaritlerin aksine, lipitler tek başına yenilebilir bir film oluşturamaz. Yine de tek başına yenilebilir bir kaplama oluşturabilmelerine rağmen kovalent bağlarla birbirine bağlanan çok sayıda tekrar eden birimin olmaması, tek başına film oluşumunu engeller (Kumar vd., 2022).

Lipit film malzemesinin başlıca dezavantajı, kırılgan doğasıdır. Aynı zamanda filmi, doku ve tat bakımından mumsu ve yağlı hale getirir; bu, birçok durumda ambalaj malzemesi için arzu edilmeyen bir durumdur (Rhim ve Shellhammer, 2005).

Mumlar, alkolden veya uzun zincirli bir asidin esterlerinden oluşur bu nedenle mumlar, güçlü hidrofobikliğe ve daha büyük bir moleküler ağırlığa sahiptir. Bitkisel yağ, soğuk preslendikten sonra yemişlerden, tohumlardan veya yeni kesilmiş çiçeklerden üretilen ham, yağlı bir malzemedir. Öte yandan, uçucu yağ, bir bitkinin çeşitli kısımlarından (yapraklar, kökler, meyve, ağaç ve çiçek) buhar damıtma yoluyla üretilen oldukça aromatik bir bileşiktir (Kumar vd., 2022).

Çizelge 4.2.'de farklı gıdaların çeşitli katkı maddeleri ile kaplanması sonucu analizleri verilmiştir.

Çizelge 4.2. Önemli işlevlere sahip farklı gıda ürünleri için bazı lipit bazlı kaplamalar.

Uygun Katkı Maddeleri ile Kaplama	Gıda ürünleri	Önemli işlevleri
Guar gam ve gliserol ile kaplanmış Candelilla mumu (wax)	Çilek	Hasat sonrası antifungal aktivite göstererek raf ömrünü uzatmıştır (Hassan vd., 2018).
Candelilla mumu (wax) kaplama	Brüksel lahanası	Ağırlık kaybının, C vitamini kaybının engellenmesi ve depolama süresi boyunca görünümün bozulmamasını sağlamıştır (Hassan vd., 2018).
Carnauba mumu (wax) kaplama	Elma	Su buharlaşma dirençliliğinde artış göstermiştir (Hassan vd., 2018).

4.2.3.1 Asetogliserit bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Asetillenmiş monogliseritler erimiş hallerinden muma benzer kuvvetli esnek bir maddeye kolaylıkla katılaştırılabilmektedirler. Lipitler kırılmadan uzunluklarının iki katı kadar etkili bir şekilde esneme özelliği gösterirler. Bu durum asetillenmiş gliseritlerde sekiz katına kadar çıkabilmektedir. Asetogliserit bazlı kaplamalar polisakkarit bazlı kaplamalardan daha fazla su buharı direncine sahiptir. Genelde kırmızı et ve tavuk etinde kullanılmaktadır (Hassan vd., 2018).

4.2.3.2 Şellak reçine bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Şellak reçineler *Laccifer lacca* böceği tarafından salgılanırlar. Karmaşık bir alifatiksiklik hidroksil asit polimer topluluğundan oluşmaktadır. Şellak reçineler alkol çözeltilerinde kolaylıkla çözünürler. GRAS olarak kabul edilmektedirler. Yenilebilir film ve kaplamalarda ikincil bir kimyasal olarak kullanımı onaylanmış en kolay yöntemlerden birisidir. Şellak reçineleri ve türevleri genellikle meyvelerin

yüzeyine ekstra parlaklık sağlamak ve tüketicilere karşı iyi bir görünüm sağlamak için kullanılmaktadır (Hassan vd., 2018).

4.2.3.3 Vakslar ve parafin bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Balmumu ve parafin en basit lipit bileşikleridir. Lipit bazlı filmler düşük polariteye sahip olmalarından dolayı nemin iletilmesini engellemede oldukça iyi etki göstermektedir. Parafin mumu, ham petrolden fraksiyon damıtma ile elde edilir ve etilen katalitik polimerizasyonunun sonucu olarak bir katı hidrokarbon karışımından oluşur. Parafin bazlı filmler ve kaplamalar genellikle peynir, pişmemiş meyve ve sebzelerde kullanılır. Carnauba mumu *Copernicia Cerifera*'dan (palmiye ağacı yaprakları) elde edilir. Balmumu ise bal arılarından elde edilir. Candelilla mumu, Candelilla bitkisinden elde edilmektedir. Parafin balmumu çiğ meyve, sebze ve peynirde kullanılır. Bu mumlardan yapılan filmler ve kaplamalar, gaz ve neme karşı bariyer film olarak etki gösterirler ve çeşitli gıdaların dış yüzey görünümünü iyileştirmek için kullanılır. Mumlar (özellikle parafin, carnauba, candelilla ve arı mumu) en verimli yenilebilir bileşiklerdir ve nem bariyeri sağlamakta oldukça başarılıdır (Bourtoom, 2008; Hassan vd., 2018).

4.2.4 Kompozit bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Kompozit bazlı yenilebilir filmler lipitlerden ve hidrokolloidlerden üretilirler. Bu filmler su bariyeri açısından, tek bileşenli üretilen filmlere göre daha iyi işlevsellik sağlar. Çoğu kompozit film veya kaplama, bir hidrofilik yapısal matrisi ve bir hidrofobik lipit bileşimini ilişkilendirerek, özellikle nem bariyeri özellikleri açısından saf hidrokolloid filmlerden daha iyi işlevsellik sağlar. Kompozit malzemeler, iki tabakalı veya emülsiyonlar olarak elde edilebilir. İki katmanlı bir kompozit sistemde, lipit, polisakkarit veya protein katmanı üzerinde ikinci katmanı oluşturur. Emülsifiye edilmiş yapıda, lipit biyopolimer matrisi içinde dağılmıştır (Galus ve Kadzińska, 2015).

Bileşenlerin emülsifiye edilmesiyle oluşturulan kompozit filmler, katmanlı filmlere göre daha iyi film verir çünkü katmanlı film zamanla katmanlara ayrılma eğilimi gösterebilir ve ayrıca daha fazla sayıda döküm ve kurutma işlemi gerektirir (Galus ve Kadzińska, 2015).

4.2.5 Çözücüler

Etanol ve su yenilebilir film ve kaplamalarda kullanılan yaygın çözücülerdir. Tarımsal proteinden film kaplamalar elde edilecek ise su ve alkol haricinde diğer organik çözücülerde kullanılabilir. Zein proteini bazlı filmlerde çözücü olarak aseton ve etanol kullanılmaktadır. Etanol ile hazırlanan filmler nem içeriği yüksek ortamlarda iyi davranış göstermektedirler (Tural vd., 2017).

Kitosan suda çözünmeyip sadece asidik çözücülerde ($pH < 6.0$) çözünür. Kitosanı çözündürmek için laktik asit, formik asit ve asetik asit kullanılır. Kitosan solüsyonlarının pH 7.0 ve üzerinde stabilitesi bozulur ve oda sıcaklığında uzun süre muhafaza edilmesi durumunda kitosan solüsyonlarının stabilitesi olumsuz etkilenmektedir (Yıldız ve Yangılar, 2014).

4.2.6 Plastikleştiriciler

Yenilebilir film ve kaplamaların kırılabilirliği azaltmak için genellikle plastikleştiricilere (örneğin polioller, şekerler) ihtiyaç duyulmaktadır (Azeredo vd., 2022).

Film ve kaplamalara mekanik özelliklerini iyileştirmek ve geliştirmek amacı ile katılan düşük molekül ağırlığına sahip bileşiklere plastikleştirici denilmektedir. Plastikleştiriciler, polimer zincir kohezyon kuvvetlerini zayıflatır, zincir hareketliliğini artırır ve polimerik matris esnekliğini geliştirir. Gıda endüstrisinde plastikleştiriciler, nem stabilizasyonu, dolgu maddesi ve/veya yumuşatıcılar için kullanılır. Plastikleştiriciler, biyopolimer zincirlerinin hareketliliğini artırarak filmlerin mekanik özelliklerini geliştirmektedir. Depolama koşullarında plastikleştiricilerin yapısı filmin geçirgenliğini ve esnekliğini etkilemektedir. Katı plastikleştiriciler esnekliği azaltmaktadır. Plastikleştiriciler polisakkarit bazlı filmlerin görünümünü ve parlaklığını iyileştirmek amacıyla kullanılır. Polisakkarit ve protein bazlı filmlerin ve kaplamaların çoğu doğası gereği kırılmandır. Bu sorunu çözmek ve filmin esnekliğini, dayanıklılığını arttırmak için plastikleştiriciler dahil edilir. Bununla birlikte, film geçirgenliği her zaman artan plastikleştirici içeriği ile artar. Belirli bir polimer için uygun bir plastikleştirici seçimi, film geçirgenliğinde minimum bir artışla filmin mekanik özelliklerinin optimizasyonuna izin vermektedir. Yenilebilir filmler ve kaplamalar için yaygın plastikleştiriciler, monosakkaritleri,

oligosakkaritleri, polioller, lipitleri ve türevlerini içerir. Çeşitli plastikleştiriciler tarafından farklı nem emilimi, film geçirgenliği ve mekanik özelliklerdeki farklılıklara katkıda bulunur. Plastikleştiricilerin seçimi, plastikleştirici uyumluluğu, etkinliği, kalıcılığı ve ekonomikliği konularının dikkate alınmasını gerektirir.

Plastikleştiriciler, film ve kaplamaların gerilime dayanımlarını, geçirgenliklerini ve esnekliklerini etkilemektedir (Osorio vd., 2011; Sothornvit ve Krochta, 2005; Tural vd., 2017).

4.2.7 Diğer katkı maddeleri

Antimikrobiyal ve antioksidan maddeler, esmerleşmeyi önleyici ajanlar, emülsifyerler, renklendiriciler, aroma maddeleri gibi gıda katkıları ile yenilebilir filmler ve kaplamalar birleştirilerek kullanılabilirler. Gıda maddesine bu gibi katkı maddeleri eklenerek örneğin kırmızı etlerde ve kanatlı etlerinde, su ürünlerinde mikroorganizmaların gelişimini engelleyerek raf ömürlerini uzatmak için gıdanın kalitesini ve kullanımı geliştirmek için kullanılırlar. Emülsifyer maddeler, kompozit emülsiyon filmlerde lipitlerin dağılmasını sağlamak ve kaplama maddelerinin etkinliklerini arttırmak amacı ile kullanılır. Antimikrobiyal film ve kaplamaların önemli avantajı, ajanın gıda içerisine difüze olarak mikroorganizma gelişimini inhibe etmesidir. Organik asitler, laktoperoksidaz sistemler, bitkisel ekstraktlar, nisin ve esansiyel yağlar kaplamalarda yaygın olarak kullanılan antimikrobiyal maddelerdir (Tural vd., 2017).

4.3 Yenilebilir Film ve Kaplamaların Et Ürünlerinde Kullanılması

Yenilebilir film ve kaplamalar çok eski zamanlardan beri kullanılmaktadır. 16. yüzyılın sonlarında lipitler çok iyi nem bariyeri özelliğine sahip hidrofobik maddeler olduklarından dolayı İngiltere'de "larding" yani kaplama işlemiyle domuz yağı ile etler kaplanarak etin raf ömrünü uzatmak amacıyla uygulanmıştır fakat bu durum tat ve dokuda bir miktar istenmeyen sonuçlar oluşturduğundan dolayı etleri korumak için jelatin kullanımı 19. yüzyılda ABD'de patentlenmiştir. Saf lipitler, et kaplamaları olarak uygulanabilen çok bileşenli bir sistem sağlayan protein, nişasta, selüloz ve bunların türevleri gibi hidrokolloidlerle birleştirilebilirler. Taze ve işlenmiş etlerde yenilebilir film ve kaplamalara lipit eklenmesi hidrofobikliği, yapışkanlığı ve esnekliği geliştirebilir. Çok iyi derecede nem bariyerleri oluşturarak

tazeliğın, rengin, aromanın, hassasiyetin ve mikrobiyolojik stabilitenin düzenlenmesinde önemli rol oynar. Protein bazlı filmler etin hidrofilik yüzeylerine iyi yapışır, oksijen ve karbon dioksit için bariyer sağlar ancak su difüzyonuna karşı direnç göstermez. Et ürünlerinde protein bazlı kaplamalara esnekliğini artırmak için polietilen glükol veya gliserol gibi plastikleştiriciler eklenirken, kristallik, hidrofobiklik, yüzey yükü gibi film özelliklerini etkileyebilen balmumu veya yağlar gibi hidrofobik malzemeler eklenerek su geçirgenliğinin üstesinden gelinebilir. Proteinlerin bu avantajlarına rağmen, tüketiciler et ürünlerinde bulunan proteolitik enzimlere karşı duyarlı olabilirler ya da alerjenik protein fraksiyonları duyarlı kişilerde olumsuz reaksiyonlara neden olabilir. Kitosan bazlı yenilebilir film ve kaplamalar, son yıllarda en yaygın olarak üzerinde çalışılan bir polisakkarittir. Domuz eti hamburgerleri ve sosisleri, kavrulmuş-dilimlenmiş hindilerde ve rosto sığır eti üzerinde film ve kaplama olarak kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda selüloz et ürünlerinde daha az rapor edilmesine rağmen yine de et ve et ürünleri için yenilebilir film ve kaplamada kullanılmaktadır. Soya proteini esaslı filmler et ürünlerinde oksidasyonu önlemek için ve istenen düşük bağıl nem koşullarında mükemmel bir oksijen bariyeri özelliği sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Sánchez-Ortega vd., 2014; Umaraw ve Verma, 2017).

Polisakkarit bazlı yenilebilir filmler çok iyi mekanik ve yapısal özelliklere sahiptir. Bunlar genellikle çok hidrofiliktir ve filmlere kompaktlık, viskozite ve jel oluşturma yeteneği kazandırır. Sarılmış et ürünlerine ve tütülenme işlemlerinde uygulandığında polisakkarit filmler çözünür ve et yüzeyiyle bütünleşir. Polisakkarit ile muamele edilmiş etlerde nem kaybının azalması nedeniyle yapılarında ve dokularında daha yüksek verimde gelişmeler gözlemlenmiştir (Cutter, 2006).

4.4 Yenilebilir Film ve Kaplamaların Avantajları

Tüketicilerin gıda ürünlerinin daha kaliteli olması ve gıdaların tazeliğine yönelik artan talepleri, yenilebilir filmlerin geliştirilmesine ve uygulanmasına yol açmıştır. Yenilebilir kaplamaların gıdaların üzerine avantajları ve dezavantajları vardır (Jouki vd., 2014; Zhong vd., 2014).

Yenilebilir filmlerin sentetik ambalajlara göre bazı avantajları bulunmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Çeşitli katkı maddelerinin eklenmesi ile (renk maddeleri, aroma ve tat gibi) uygulandıkları gıdaların organoleptik özelliklerini geliştirebilmektedirler.
- Nem ve gaz (oksijen ve karbondioksit) transferinin yavaşlatılmasını sağlarlar.
- Yağ transferinin yavaşlatılmasını sağlarlar.
- Gıdaların besin değerini geliştirmek için kullanılırlar. Protein kaynaklı filmler bu konuda daha etkilidir.
- Gıdalar ile birlikte yenilebilir ambalajlar tüketilebilirler, tüketimi olmasa bile yenilebilir maddelerden üretimler yapıldığı için doğada daha hızlı parçalanmaktadırlar.
- Antimikrobiyal ve antioksidan maddeler için taşıyıcı olarak görev alırlar.
- Uçucu aroma bileşiklerinin tutulmasını sağlarlar.
- Çözücü aktarımının yavaşlatılması, gıdanın yapısal bütünlüğünün oluşturulması ve gıdanın mekaniksel işleme özelliklerinin artırılması başlıca önemli görevlerindendir (Kester ve Fennema, 1986; Koç, 2022).

4.5 Yenilebilir Film ve Kaplamaların Dezavantajları

Yenilebilir filmler avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajlara da sahiptir. Bunlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Maliyetleri oldukça yüksektir.
- Bütün gıdalara uygulanmaları mümkün olmayabilir.
- Yeni bir teknoloji olmasından dolayı tüketiciler tarafından henüz yeteri kadar tanınmamakta ve genellikle kabul görmemektedir.
- Geleneksel ambalaj materyallerine göre daha az fiziksel ve kimyasal dayanıma sahiptir.
- Nem, gaz ve madde geçişini daha az engellemekte ve bu yüzden uygulanabileceği ürün çeşitliliği sınırlı olmaktadır (Koç, 2022).

5. ETİL LAUROL ARJİNAT (LAE)

Etil laurool arjinat (LAE), geniş spektrumlu antibakteriyel işlevi olan katyonik bir yüzey aktif maddedir ve dünya çapında birçok ülkede kozmetik ve gıda endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. LAE, Codex Alimentarius Komisyonu tarafından bir gıda işleme yardımcısı olarak onaylanmıştır (Yu vd., 2022).

Amino asit bazlı katyonik bir yüzey aktif madde olan etil laurool arjinat antimikrobiyal özelliklerinden dolayı son zamanlarda gıda koruma uygulamaları için büyük ilgi görmektedir (Zhao vd., 2022).

Etil laurool arjinat (E243) için mevcut AB spesifikasyonları, 506/2014 sayılı Komisyon Yönetmeliği ile değiştirildiği şekliyle 231/2012 sayılı Komisyon Yönetmeliğinde listelenmiştir. Yönetmelikte verildiği şekli ile etil laurool arjinatın kimyasal adı etil-N^α-dodekanoil-L-arjinat HCl'dir ve eşanlamlılar arasında laurik arjinat etil ester, lauramid arjinin etil ester, etil-N^α-lauroyl-L-arginat HCl ve LAE olarak adlandırılabilir (Younes vd., 2019).

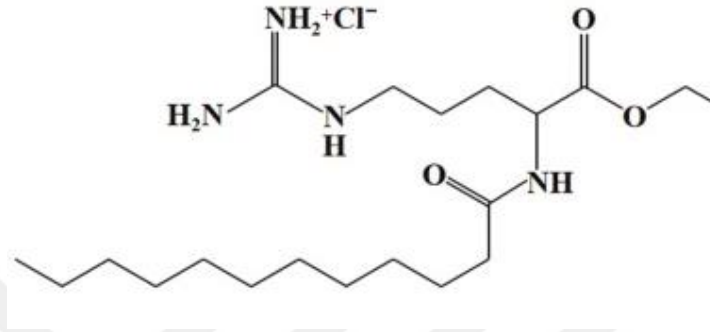
Etil laurool arjinat, laurik asit ve etanol gibi doğal maddelerden sentezlenen bir amino asit bazlı sürfaktan katyonıdır (Zhao vd., 2022). LAE, insan vücudu tarafından kimyasal ve metabolik yollarla hızla hidrolize edilir ve doğal bileşenlere (laurik asit ve L-arginin) dönüştürülür (Nerin vd., 2016). Toksikokinetik veriler, LAE'nin zararsız olduğunu göstermektedir (Bechstein vd., 2019).

FDA tarafından GRAS olarak kabul edilen ve Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından gıda koruyucu olarak onaylanan beyaz bir tozdur (Vidal vd., 2021).

2005 yılında, LAE'nin et ve kümes hayvanı ürünleri dahil olmak üzere belirli gıdalarda 200 mg/kg'a kadar seviyelerde antimikrobiyal olarak kullanımı Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç İdaresi tarafından genel olarak güvenli olarak kabul edildiği (GRAS) olarak onaylanmıştır (Ma vd., 2020). Şu an itibarıyla LAE Avrupa Birliği'nde (aromalı içecekler, salatalar, peynir ve et ürünleri gibi) geniş bir gıda yelpazesinde maksimum 200 mg/kg düzeyinde kullanıma açılmıştır (Younes vd., 2019).

LAE'nin ısı stabilitesi, patojenler üzerindeki ani etkileri, insan vücudunda toksik olmayan bileşenlere hızlı metabolizması ve geniş bir pH aralığına toleransları gibi özellikleri, onu etkili bir antimikrobiyal ajan haline getirmektedir (Nair vd., 2014).

Moleküler formülü $C_{20}H_{41}N_4O_3Cl$ olup molekül ağırlığı 421.02 g/mol'dür. Şekil 5.1.'de LAE'nin kimyasal yapısı gösterilmiştir.

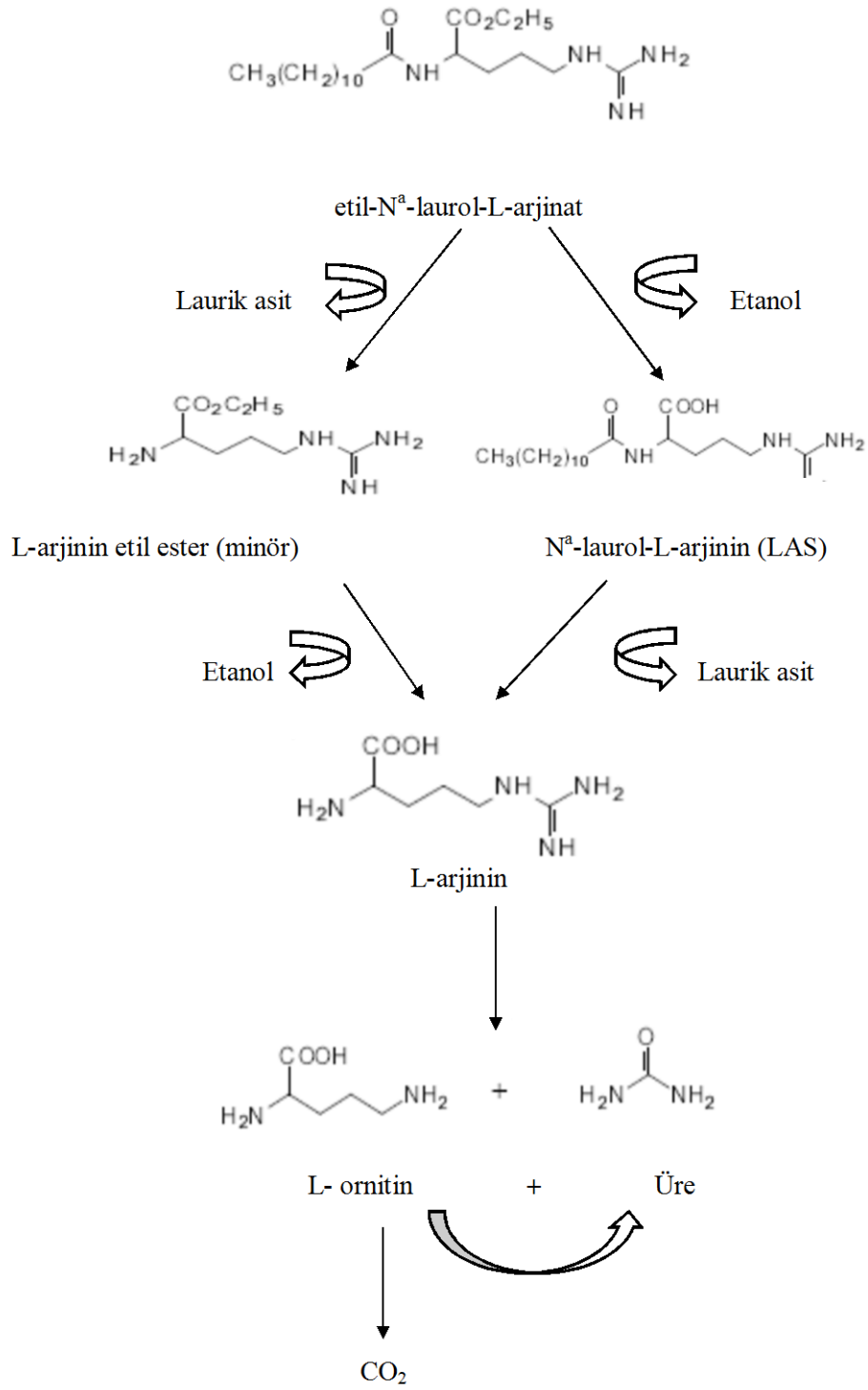


Şekil 5.1. LAE kimyasal yapısı (Zhao vd., 2022).

Suda çözünürlük derecesi 20 °C'de 247 g/l'den fazladır. Dimetil sülfoksitte (DMSO), LAE çözünürlüğü ise yaklaşık 236 mg/mL'dir. 50 ila 60 °C arasında erime sıcaklığına ve 107 °C bozunma sıcaklığına sahiptir. Buhar basıncı ise 25 °C'de 5.45×10^4 Pa olup LAE'nin yoğunluğu 1.11 g/cm³'tür (SCPP, 2008).

5.1 LAE'nin Metabolizması

Sıçanlar üzerinde yapılan in vivo çalışmalar sonucunda, LAE'nin hızla laurik asit, L-arjinine ve etanole hızlı bir şekilde ayrıldığı tespit edilmiştir. Birçok bitki kaynağında bulunan ve bir diyet bileşeni olan laurik asit, daha sonra yağ asitlerinin normal metabolizmasına girebilmektedir. Oluşan L-arjinin biyokimyasal yollar ile üre döngüsünde sitruline ya da sitrik asit döngüsünün metabolik bir ara maddesi olan α -ketoglutarata son ürün olarak CO₂'ye dönüştürülür. Bu nedenle LAE, insanlar için düşük toksisite ile karakterize edilir (Ruckman vd., 2004). Şekil 5.2.'de LAE'nin biyotransformasyon şeması gösterilmiştir.



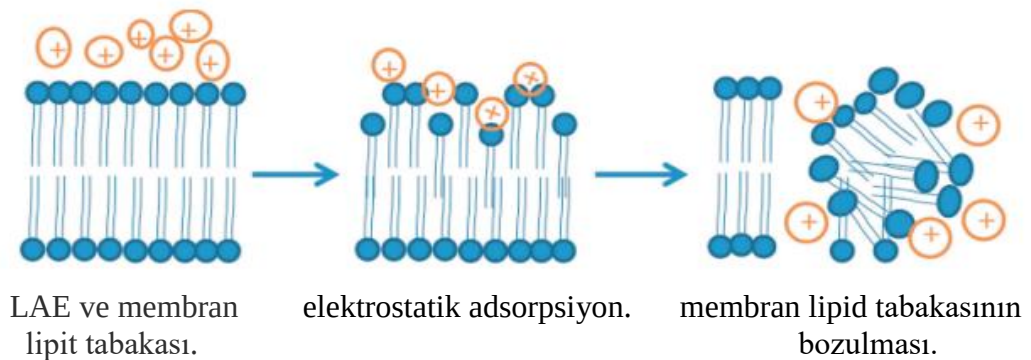
Şekil 5.2. İn vitro ve in vivo çalışmalara dayalı olarak sıçanlarda LAE'nin biyotransformasyon yolu (EFSA, 2007).

5.2 LAE'nin Antimikrobiyal Etki Mekanizması

LAE, kültür ortamlarında ve gıda matrislerinde çeşitli bakteri, maya ve küflere karşı mükemmel antimikrobiyal aktivite sergilediği rapor edilmiştir (Ma vd., 2020). LAE'nin antimikrobiyal etkileri, mikroorganizmaların zarlarındaki değişikliklerden kaynaklanmaktadır (Bechstein vd., 2019). Rodríguez vd. (2004), LAE'nin bakterilerin hücre zarını bozduğunu açıklamıştır. Hücre bütünlüğü esas olarak dış zarda değiştirilirken, sitoplazma bozulmadan kalmaktadır. İndüklenmiş bir transmembran iyon akışı, membran potansiyelinin bozulmasına neden olan potasyum sızıntısında bir artışa neden olmaktadır. LAE'nin antimikrobiyal aktivitesi, pozitif yüklü arginin guanidinyum grubu ile doğrudan ilişkilidir (Zhao vd., 2022).

Etil laürol arjinatın *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Escherichia coli* gibi çeşitli mikroorganizmalara karşı etkili olduğu yapılan çalışmalar sonucunda kanıtlanmıştır (Becerril vd., 2013; Ma vd., 2013; Nair vd., 2014; Sharma vd., 2013).

LAE katyonik bir yüzey aktif maddedir ve yüzey aktif maddelerin antimikrobiyal aktivitesi, mikroorganizmaların hücre yüzeyinde elektrostatik olarak absorbe edilen kimyasal özelliklerinin doğrudan bir sonucudur. LAE hücre zarında önemli değişiklikler meydana getirmektedir böylece membran yapısı ana hedef olup plazma membranında bozulmalar ve kararsızlıklar meydana getirir. Gram-pozitif ve gram-negatif bakterilere karşı aktivite gerçekleştirmektedir (Muriel-Galet vd., 2016). Şekil 5.3.'de LAE'nin aktivite mekanizması gösterilmektedir (Muriel-Galet vd., 2016).



Şekil 5.3. LAE'nin aktivite mekanizması.

Yapılan alışmalar sonucunda Muriel-Galet vd. (2012), LAE için MIC değerlerini *Escherichia coli* suşu için 20 µg/mL, *Salmonella enterica* suşu için 10 µg/mL ve *Listeria monocytogenes* suşu için 7 µg/mL olarak rapor etmişlerdir. Soni vd. (2010), 25 µg/mL LAE'nin *Listeria monocytogenes* suşları içerisinde inhibe etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Rodr guez vd. (2004), LAE'nin *Staphylococcus aureus* ve *Salmonella typhimurium* içerisindeki MIC değerlerini sırasıyla 8 µg/mL ve 32 µg/mL olarak saptamışlardır.

5.3 LAE'nin Kozmetik Sektöründe Kullanımı

Etil laurol arjınatın güvenliği, kozmetik ir nlerde koruyucu olarak kullanımı için Tüketiciler ir nleri Bilimsel Komitesi (SCCP, 2008) tarafından değerlendirilmiştir. Etil laurol arjınatın belirtilen kullanımlar durumunda tüketiciler için güvenli olduğu sonucuna varılmıştır. 2013 yılında Tüketiciler Güvenliği Bilim Kurulu (SCCS), etil laurol arjınat HCl'nin oral kozmetik ir nlerde %0.15'e kadar koruyucu olarak kullanılmasına ilişkin görüş bildirmiştir. SCCS, maksimum %0.15 konsantrasyona kadar kullanımın tek başına ağız gargaralarında güvenli olduğu ancak bir bütün olarak oral kozmetik ir nlerde güvenli olmadığı sonucuna varmıştır. Diş macunundaki etil laurol arjınat HCl'nin yerel toksisitesine ilişkin hiçbir insan verisi bulunmadığından, diş macunundaki içeriğin güvenliği değerlendirilememiştir. Bu görüşe göre SCCS, kozmetik ir nlerde önerilen tüm kullanımlardan kaynaklanan Sistemik Maruz Kalma Dozunu (SED) günde 0.0897 mg/kg vücut ağırlığı olarak tahmin etmiştir. 2013 SCCS görüşüne, gıda katkı maddesi olarak kullanımından kaynaklanan diyet maruziyetini de hesaba katarak, kozmetik ir ndeki etil laurol arjınat HCl'nin güvenliğini ele almak için bir ek hazırlanmıştır. 3 yaşındaki ve 9 yaşındaki çocuklar için oral kozmetik ir nde etil laurol arjınat HCl kullanımından kaynaklanan tahmini SED, sırasıyla günde 0.29 mg/kg vücut ağırlığı ve 0.14 mg/kg vücut ağırlığı olarak rapor edilmiştir. SCCS, ocuklar için %0.15 konsantrasyondaki LAE içeren gargaraların daha uzun süre kullanımının güvenli olmadığı sonucuna varmıştır (SCCS, 2015). LAE'nin kozmetik formüllerde koruyucu olarak kullanım konsantrasyonu %0.04-0.2 aralığında belirlenmiş, sabunlarda, ağız bakım ir nlerinde, deodorantlarda ve kepek önleyici şampuanlarda antistatik ajan ve yüzey aktif madde olarak %0.4'e kadar kullanılması öngörülmüştür (SCPP, 2008).

6. KİTOSAN

Kitin, kitosan ve türevleri gıda alanında oldukça önemlidir. Kitosan genellikle kabukluların ve yumuşakçaların kabuklarında, mantarların hücre duvarlarında ve böceklerin kütiküllerinde bulunan kitinin yoğun deasetilasyonu ile elde edilir. Kitosan, toksik olmama, biyouyumluluk ve biyobozunurluk, bakteriyosidal ve fungosidal etkilere sahip olduğundan dolayı antimikrobiyal ajan olarak, yenilebilir filmlerin kaplanması, gıda proseslerinde atık durumuna gelen suyun içerisindeki materyalin geri kazanılmasında, meyve suyunun durultulmasında ve asiditesinin kontrolünde, oksidasyonun önlenmesinde, reolojik özelliklerin ve emülsifikasyon özelliklerinin geliştirilmesinde, enkapsülasyon ve enzim immobilizasyonu gibi farklı alanlarda kullanımı bulunmaktadır. Aynı zamanda insan sağlığı için toksik olmaması, doğal yapıda olması, serum kolesterolü seviyesini düşürmesi ve tümör oluşumunu engelleyebilmesi, gibi etkileri de vardır (Deepika vd., 2022; Kurt ve Zorba, 2005).

1970'lerin sonlarından bu yana biyopolimer olan kitosan, sentetik polimerlerden farklı olarak makromoleküler yapısı, fizikokimyasal özellikleri ve biyolojik aktiviteleri nedeniyle temel bilimlerde ve uygulamalı araştırmalarda ilgi görmektedir. Kitin ve türevleri kimya, tarım sektörü, ilaç, kozmetik, tekstil ve kâğıt endüstrilerinde oldukça pratik kullanımlara sahiptir. Kitosan diş hekimliği, oftalmoloji, veterinerlik bilimi, içecek sektörü, hijyen ve kişisel bakım, kataliz, kromatografi, kanalizasyon arıtma ve biyoteknoloji alanlarında kullanılmaktadır (Al-Rooqi vd., 2022). Ayrıca kitosan, benzersiz fizikokimyasal, biyolojik, ekolojik ve fizyolojik özelliklerinden dolayı tıpta da oldukça aktif olarak kullanılmaktadır (Kraskouski vd., 2022). Kitosan, katı alt tabakalar üzerindeki mükemmel yapışma özellikleri ve yüksek yüzey enerjisi nedeniyle fonksiyonel filmler üretmek için oldukça idealdir (Praxedes vd., 2012).

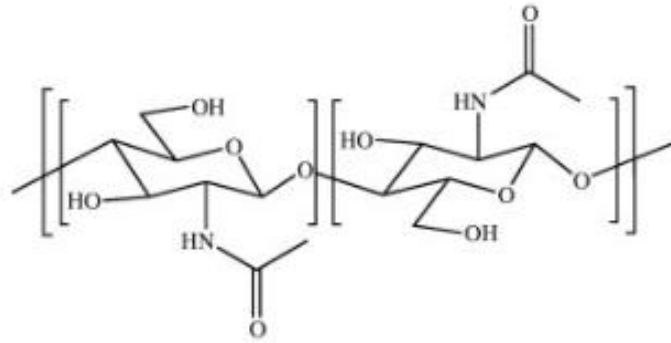
Selülozdan sonra, kitin en bol bulunan ikinci biyopolimer olup eklembacaklıların dış iskeletlerinin ana bileşenidir. Genellikle deniz kabuklularında (özellikle yengeç, karides, ıstakoz), deniz yosunlarında, *Mollusca* (yumuşakçalarda), amip, kamçılılar gibi tek hücrelilerde, böcek kütiküllerinde ve ayrıca bazı mantar hücre duvarlarında, yeşil alg hücre duvarlarında, mayalarda, güve kozalarında, diatomlarda, koralin alglerde, *Polychaeta* ve denizde bulunan tatlı su süngerlerinde bulunmaktadır (Croisier ve Jerome, 2013; Casteleijn vd., 2018; Dhole vd., 2022).

Kitinin uygulama alanları, doğal çözünmez yapısı nedeniyle sınırlıdır. Kitinin alkali hidrolitik türevi olan kitosan, daha iyi çözünürlük profiline, daha az kristallliğe sahiptir ve hidroksil, asetamido ve amin gibi fonksiyonel grupların varlığından dolayı kimyasal modifikasyonlara uygundur (Mourya ve Inamdar, 2008).

Kitin, türevleri ile birlikte, toksik olmama, tatsız, ısıya dayanıklı, korozyona dayanıklı, düşük immünojenisite olmak üzere çeşitli yararları olan doğal bir amino asit polisakkarit polimeridir. Kolay bulunabilmesi, maliyetinin düşük olması, yenilenebilir, parçalanabilir, geri dönüştürülebilir ve iyi biyouyumluluk gibi avantajları sayesinde polimer, ilaç, gıda katkı maddeleri ve kozmetik alanında günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır ve bu özelliklerinden dolayı giderek daha popüler bir biyomateryal halini almıştır (Casteleijn vd., 2018; Yang vd., 2019).

6.1 Kitin ve Kitosanın Kimyasal Yapısı

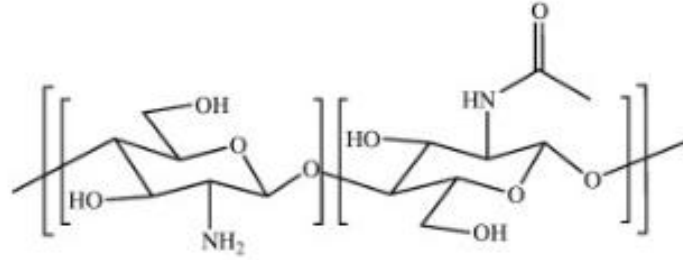
Kitin, esas olarak β -(1 $\rightarrow$ 4)- bağlı 2-asetamido-2-deoksi- β -D-glikopiranoz birimlerinden ve kısmende β -(1 $\rightarrow$ 4)- bağlı 2-amino-2-deoksi- β -D-glukopiranozdan oluşan doğrusal bir polimerdir (Şekil 6.2.). Kitinin tahmini üretimi yılda 10^{10} - 10^{12} tondur (Kumirska vd., 2010).



Şekil 6.2. Kitinin kimyasal yapısı (Croisier ve Jerome, 2013).

Düşük çözünürlüğü ve kimyasal reaktivitesi açısından selülozla karşılaştırılabilir. Selülozdan sadece bir asetamido grubu ile ikame edilen C-2 hidroksil grubu ile farklıdır. Kitinin fonksiyonel bir türevi olarak tanımlanan kitosan, genellikle kitinin NaOH ile deasetilasyonu ile elde edilen, N-asetil-D-glukozamin ve

D-glukozamin birimlerinden oluşan düz zincirli bir polisakkarittir (Sheng vd., 2022). Kitosanın kimyasal yapısı Şekil 6.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 6.1. Kitosanın kimyasal yapısı (Croisier ve Jerome, 2013).

Bu formda, kitin suda ve genel organik çözücülerde çözünmez, yalnızca *N*, *N*-dimetilasetamid ve lityum klorür (DMAc)-LiCl, hekzafloroaseton veya hekzafloro-2-propanol gibi belirli çözücülerde çözünür. *N*-asetilasyon derecesi (yüzde olarak ifade edilen 100 monomer başına ortalama *N*-asetil-D-glukozamin birimi sayısı olarak tanımlanır) %50'den az olduğunda, kitin sulu asidik çözeltilerde (pH<6.0) çözünür hale gelir ve daha sonra kitosan olarak adlandırılır. Bu nedenle kitosan, tamamen ve kısmen deasetilasyona uğramış bir kitin grubu için ortak bir isimdir, ancak kitin ve kitosan arasındaki *N*-deasetilasyon derecesine göre bir terminoloji tanımlanmamıştır (Kumirska vd., 2010).

Avrupa Kitin Derneği (EUCHIS) tarafından önerilen terminolojiye göre, kitin ve kitosan, 0.1 M asetik asit içindeki çözünürlükleri ve çözünmezliklerine göre sınıflandırılmalıdır. Çözünür malzeme kitosan olarak adlandırılırken, kitin çözünmezdir. Kitin ve kitosan, birkaç milyon g/mol'e kadar moleküler kütleye sahiptir. Ticari olarak temin edilebilen kitosan, 3.800 ve 500.000 g/mol arasında değişen bir ortalama moleküler ağırlığa sahiptir ve *N*-asetilasyon derecesi %2 ila %40'tır (Kumirska vd., 2010).

Kitinin üç yapısal formu bulunur: polimer zincirlerinin düzenine bağlı olarak farklı mekanik özelliklere sahip olan α -, β - ve γ -kitindir. α - formu, polisakkarit zincirlerinin örneğin, kabukluların alternatif bir antiparalel düzenlenmesini temsil eder, β - formu, paralel bir zincir düzenlemesidir (örneğin, kalamarda bulunur) ve β -kitin, alkalik muamelesi ve ardından suda yıkama ile kolaylıkla α -kitine dönüştürülebilir. γ - formunda, bir antiparalel ile istatistiksel olarak birbirini izleyen

iki paralel zincirdir (örneğin mantarlarda bulunur). α -kitin izomorfı en yaygın bulunan formudur genellikle kabukluların dış iskeletinden, özellikle karides ve yengeçlerden izole edilir ve enzimatik polimerizasyon, in-vitro biyosentez ve çözültiden yeniden kristalleştirme tarafından oluşturulur. Kitin %50'den fazla asetillenirken, kitosan esas olarak deasetillenir (Casteleijn vd., 2018; Kumirska vd., 2010).

6.2 Kitosanın Gıda Sektöründe Kullanım Alanları

Kitosanın kullanım alanları oldukça yaygındır. Meyve ve içeceklerin asitlendirilmesinde, meyve sularının durultulmasında, asidite kontrolünde, gıda proseslerinde atık suların içerisinde bulunan materyallerin geri kazandırılmasında kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak tatlandırıcılarda stabilize edici madde, kalınlaştırıcı ve renk sabitleştiricisi olarak kullanılırlar. Çevreyle gıda arasında ki nem transferinin kontrolünün sağlanmasında, antioksidatif madde olarak gıdalarda, ilaçlarda, meyvelerde enzimatik kararmayı kontrol etmede, şarap gibi ürünlerin arıtılmasında ve gıda kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Kitosan aynı zamanda beslenme içinde oldukça önemlidir. Yüksek kolesterolü düşürücü etkisi bulunmaktadır. Vücuttaki depolanan yağ ile birleşerek sindirim yoluyla vücuttan atılmasını sağlamaktadır. Gastriti önleyici etkisi de vardır. Gıda sektörü haricinde diğer alanlarda da kullanılan kitosan hayvan yemi olarak kullanılabilir. Hayvanın yem tüketimini azaltırken, karkas ağırlığını artırır. Suyun uzaklaştırılmasında, alkol ve suyun ayrıştırılmasında, renklendiricilerin uzaklaştırılmasında ve kâğıt bazlı kartonlar gibi bazı paket materyallerinin fonksiyonlarının arttırılmasını sağlar. Sağlık açısından da değerli olan kitosan yaraların iyileşmesinde düşük asetilasyon derecesine sahip olduğundan dolayı yarada keratinosit çoğalmasını sağlayarak epidermis rejenerasyonuna katkı sağlamaktadır (Kuzgun ve İnanlı, 2013).

7. ET VE ET ÜRÜNLERİNDE PAKETLEME

Modifiye atmosfer paketleme (MAP), vakum paketleme, kontrollü atmosferde paketleme, aktif paketleme ve akıllı paketleme yöntemleri esas olarak et kesimlerinde kullanılan paketleme yöntemleridir. Bu paketlemeler et ve et ürünlerinin raf ömürlerinin arttırılmasında, gıda güvenliğinin sağlanmasında ve et ürünlerindeki kalitenin artırılması amacıyla kullanılmaktadırlar (Bağdatlı ve Kayaardı, 2010; Beterams vd., 2023).

7.1 Modifiye Atmosfer Paketleme

MAP, gıda endüstrisinin ayrılmaz bir parçasıdır. Etin modifiye atmosferde muhafazasının ilk ticari uygulaması 1930'larda geliştirilmiştir. Bilimsel kanıtlara göre, soğutulmuş sığır karkasları, karbondioksitle zenginleştirilmiş bir ortamda Yeni Zelanda ve Avustralya'dan İngiltere'ye gemilerle nakledilmiştir (Inns, 1987). Modifiye atmosfer paketleme etkili gıda koruma teknolojisi özelliğine sahip olup geçmişten günümüze kullanımı mevcuttur. Genellikle gıda endüstrisinde et ve et ürünlerinin kalitesini korumak ve raf ömrünü uzatmak için kullanılmaktadır (Gurunathan vd., 2022).

MAP'ın amacı, gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmak ve gıdaların sağlamlığı, güvenliği, duysal özellikleri ve besleyici değerindeki istenmeyen değişiklikleri önlemek (veya en azından geciktirmektir). MAP'ın en önemli ilkeleri; besinlerdeki istenmeyen fizyolojik, kimyasal, biyokimyasal ve fiziksel değişiklikleri azaltmak ve de mikrobiyal gelişmeyi kontrol etmektedir (Floros ve Matsos, 2005).

MAP'ta kullanılan üç ana gaz azot, oksijen ve karbondioksittir (Floros ve Matsos, 2005).

Oksijen(O₂): Renksiz, kokusuz, oldukça reaktif ve yanmayı destekleyen bir gazdır. Suda çözünürlüğü düşüktür. Oksijen, yağ oksidasyonu, esmerleşme reaksiyonları ve pigment oksidasyonu dâhil olmak üzere gıdalarda çeşitli bozulma reaksiyonlarını teşvik etmektedir. Gıdalarda yaygın olarak bozulmaya neden olan bakterilerin ve mantarların çoğu gelişmek için O₂'ye ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle, gıdaların raf ömrünü artırmak için modifiye atmosfer paketlemede düşük konsantrasyonda O₂ içermelidir (Mullan ve McDowell, 2011). Oksijen, anaerobik bakterilerin gelişmesini

durdurucu etki göstermekte olup aerobik bakteri gelişmesini ise arttırmaktadır (Floros ve Matsos, 2005).

Karbondioksit (CO₂): Çok yüksek konsantrasyonlarda hafif keskin kokulu, renksiz bir gazdır. Boğucudur ve nem varlığında hafif aşındırıcıdır. CO₂ kolayca çözünmektedir. Bu gaz ayrıca lipitlerde ve bazı organik maddeler de çözünür. CO₂'nin çözünürlüğü sıcaklık azaldıkça artar (Mullan ve McDowell, 2011). Karbondioksit hem suda hem de yağlarda çözündüğünden ve sıcaklığın düşmesiyle çözünürlüğü arttığından, CO₂'nin çözünmesi üründe paketin çökmesine neden olabilir. Karbondioksit bakteriyostatik etkiye sahiptir (Floros ve Matsos, 2005).

CO₂, özellikle aerobik gram-negatif bakteriler üzerinde bakterisidal etki, maya ve küfler üzerinde ise fungisidal etkiye sahiptir (Daniels vd., 1985).

Taze etin tüketiciler tarafından arzulanan parlak kırmızı rengi, oksijenli formundaki bir miyoglobinin pigmenti olan oksimiyoglobinin varlığından kaynaklanmaktadır ancak zamanla oksimiyoglobin yavaş yavaş istenmeyen kahverengimsi bir renge sahip olan metmiyoglobine dönüşür. Et çabuk bozulan bir gıdadır ve raf ömrünü sınırlayan en önemli faktör mikrobiyal büyümedir. Karbondioksit mikrobiyal büyüme hızını yavaşlatmaktadır bu nedenle, mikroorganizmaları baskılamak ve raf ömrünü uzatmak için karbondioksit oranı yüksek atmosferler kullanılmaktadır (Inns, 1987).

Azot (N₂): Kokusu, tadı ve rengi olmayan inert bir gazdır. Havadan daha düşük yoğunluğa sahiptir. Suda çözünmez. Azot, aerobik mikroorganizmaların büyümesini desteklemez ve bu nedenle aerobik bozulmanın büyümesini engeller fakat anaerobik bakterilerin büyümesini engellemez (Floros ve Matsos, 2005; Mullan ve McDowell, 2011).

MAP'ta karbondioksit gazının su ve yağdaki çözünürlüğünün fazla olmasından dolayı meydana gelen paket çökmesi sorununu önlemek amacı ile dolgu gazı olarak kullanılır. Azot etin rengini etkilemez ve antibakteriyel özelliğe sahip değildir (Bağdatlı ve Kayaardı, 2010).

Karbonmonoksit (CO): Renksiz, tatsız ve kokusuz, oldukça reaktif ve çok yanıcı bir gazdır. Suda düşük bir çözünürlüğe sahiptir, ancak bazı organik çözücülerde nispeten çözünür. CO fungistatik bir gazdır ve odun dumanının bir bileşenidir; dolayısıyla

gıdalar yüzlerce yıldır bu gaza maruz kalmaktadır (Mullan ve McDowell, 2011). CO, karboksimiyogloblin oluşumundan dolayı taze etin istenen kırmızı renginin korunmasını sağlamada oldukça etkilidir (Narasimha-Rao ve Sachindra, 2002). Aynı zamanda karbonmonoksit bakteri üremesini etkilemez (Narasimha-Rao ve Sachindra, 2002).

Diğer Gazlar: Ozon, klor, argon, azot dioksit, propilen oksit, etilen oksit, sülfür dioksit gibi çeşitli gazların MAP'ta kullanımları incelenmektedir ve çoğuna kullanım açısından yasal olarak izin verilmemiştir (Bağdatlı ve Kayaardı, 2010).

7.2 Vakum Paketleme

Vakum paketleme, çeşitli gıdalara uygulanan eski ve yaygın bir tekniktir (Berk, 2008). Vakum paketleme, 1950'lerde, et ürünlerini vakumla paketlemek için kullanan Karl Busch adlı bir Alman mucit tarafından icat edilmiştir (Domínguez vd., 2021).

Vakum paketleme, paketi kapatmadan hemen önce paketin içindeki havanın tamamen çıkarıldığı bir paketleme yöntemidir. Bu, gıda ürünlerini bir plastik film paketine (veya potansiyel olarak diğer polimer malzemelerden yapılmış bir film paketine) yerleştirmeyi, paketin içindeki havayı bir vakum pompasıyla çıkarmayı ve ardından paketi kapatma yöntemidir (Domínguez vd., 2021). Vakum paketleme için kullanılan malzemeler, vakuma dayanacak kadar güçlü, gıda ürününün etrafında şekillenecek kadar esnek ve çok özel bir ısı hassasiyeti seviyesine sahip olmalıdır (Domínguez vd., 2021). Vakumlu paketlerde hava, aerobik bakterilerin büyümesini sınırlayan ve böylece raf ömrünü artıran ambalajdan çıkarılır (Lambert vd., 1991).

Günümüzde vakum paketleme, tütsülenmiş etler, kuruyemişler, tütsülenmiş balık, tahıllar ve peynirler gibi gıda ürünlerinin uzun süre depolanması ve etler, sebzeler ve sıvı gıdalar gibi taze gıdaların kısa süreli saklanması yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıdaların vakumla paketlenmesi gıda endüstrisinde esas olarak atmosferik oksijenin azaltılması ve hatta potansiyel olarak ortadan kaldırılmasıyla ilişkili olarak birçok avantaj sağlamaktadır. Vakum paketleme, oksidatif reaksiyonların (yani lipid oksidasyonu ve protein oksidasyonu) hızını yavaşlatır (Domínguez vd., 2021).

Vakum paketlenme, taze et kesimlerinin dağıtım ve uzun süreli saklanması için iyi bir sistemdir. Daha uzun ürün ömrü sağlar ve uygun şekilde soğutulup işlenirse et renginin perakende satışlarında oldukça arzu edilen parlak kırmızı veya parlak pembe forma dönmesine olanak tanımaktadır (Lawrence ve Kropf, 2018).

7.3 Kontrollü Atmosfer Paketlenme

Ortamda bulunan O₂ oranının azaltılıp, CO₂ oranının yükseltilerek solunumun yavaşlatılması ve ortam koşullarının sürekli olarak kontrol edilerek atmosfer kompozisyonunun sabit tutulmasıdır (Bağdatlı ve Kayaardı, 2010).

Kontrollü atmosfer paketlenmede, depolama süresince atmosferdeki soğutma ile birlikte düşük oksijen seviyeleri ve yüksek karbondioksit seviyelerini kullanır (Bodbodak ve Moshfeghifar, 2016).

Gıdaların ihracatında uzak mesafelere dağıtım ve satış süresinde olanak sağlamaktadır. Fakat paketlenme materyali ve özel ekipman gerektirmesinden dolayı maliyeti yüksek bir paketlenmedir (Bağdatlı ve Kayaardı, 2010).

Kontrollü atmosfer paketlenme bütün şekildeki kuzu karkasları veya düzensiz şekillere sahip ürünler için ya da perakende satışa hazır ürünler için ana ambalaj materyali olarak kullanılabilir (Gill, 2003).

7.4 Aktif Paketlenme

Avrupa FAIR-projesi CT 98-4170 tarafından yapılan tanımlamaya göre aktif paketlenme gıda güvenliğini geliştirmek, gıdanın raf ömrünü uzatmak ve duysal kaliteyi sürdürmek amacı ile paketlenme koşullarının değiştirilmesine dayanan bir paketlenme sistemidir. Tüketicilerin minimal düzeyde işlem görmüş, güvenli ve kaliteli gıdalara duydukları ilginin artmasıyla ortaya çıkan yeni bir paketlenme teknolojisidir. Doğal yollar ile gıdanın güvenliğini ve kalitesini arttırmak aktif paketlenmenin ana maddesi olup bu paketlenmede gıdanın çevre atmosferi ve ambalaj malzemesi arasındaki ilişkiye dayanan bir yaklaşım uygulanmaktadır (Bağdatlı ve Kayaardı, 2010; Hecer, 2012).

Aktif paketleme, gıdanın ve depolama koşullarının mikrobiyal ve kimyasal kontrolü yoluyla geleneksel paketleme sisteminin yerini alıp atıkların azaltılmasında yenilikçi bir yaklaşım olarak görülmektedir (Tørngren vd., 2018).

Aktif paketleme teknolojisi, aşağıdaki sistemlerden oluşmaktadır;

- Nem düzenleyiciler,
- Oksijen tutucular,
- Antimikrobiyal paketleme,
- Karbondioksit düzenleyiciler,
- Antioksidan kullanımı.

Nem düzenleyiciler: Ortam nem düzeyini istenilen seviyede tutmak için nem çekerler, nemi kontrol altında tutan pedler ya da su buharı geçirgenliği ayarlanabilen filmler kullanılmaktadır. Temel amaç su aktivitesini düşürerek maya, küf ve bakterilerin çoğalmasını önlemektir (Bağdatlı ve Kayaardı, 2010; Hecer, 2012).

Oksijen Tutucular: Paketleme sonrası paket içerisinde kalan oksijeni bünyesine alarak oksijene duyarlı gıdalardaki kalite değişimlerini en az seviyeye indirir ve oksijene duyarlı besin öğelerini koruyarak gıdanın besin değerini kaybetmemesini sağlamaktadır. Oksijen tutucular, modifiye atmosfer paketleme ile ya da tek başına kullanılırlar (Bağdatlı ve Kayaardı, 2010; Hecer, 2012).

Antimikrobiyal Paketleme: Et ve et ürünlerinin raf ömürlerinin arttırılmasında ve gıda güvenliğinin sağlanmasında önemli bir yöntemdir. Antimikrobiyal madde kullanılması ile mikrobiyal popülasyon kontrol altına alınır. Bu paketlemenin kullanılması ile mikroorganizmaların gelişim fazı yavaşlar ve lag fazı uzamaktadır (Hecer, 2012).

Karbondioksit düzenleyiciler: Bazı gıdalarda bozulma ya da solunum sonucu üretilen CO₂ besin maddelerinin bozulmasına ya da paketlerin göçmesine neden olmaktadır. Karbondioksit emici pedler ile CO₂ ortamdan uzaklaştırılır (Bağdatlı ve Kayaardı, 2010; Hecer, 2012).

Antioksidan kullanımı: Paketlemede kullanılan plastik filmlerin yapısına katılmaktadırlar. Difüzyon ve oksidasyon sonrasında filmde bulunan antioksidan konsantrasyonu azalmaktadır (Hecer, 2012).

7.5 Akıllı Paketleme

Gıdaların dağıtım ve depolanma sırasında gıda güvenliğinin sağlanmasında ve kalitesinin korunmasında ambalaj içi ve ambalaj dışı indikatörü olarak kullanılmaktadır. Depolama ve taşıma süresi boyunca paketlenen gıdaların kalitesi hakkında bilgi vermektedir ve bu paketleme sistemlerinde genellikle indikatörler ve sensörler kullanılmaktadır. Gaz sensörleri, biyosensörler ve floresan esaslı oksijen sensörleri akıllı paketlemede kullanılan sensörler olup, zaman-sıcaklık indikatörleri ve tazelik indikatörleri ise bu paketlemede kullanılan indikatörlerdir (Hecer, 2012).

8. MATERYAL VE METOT

8.1 Materyal

Yapılan çalışmada yenilebilir film olarak kitosan ve etil lauroil arginatın koyun eti üzerinde kaplama materyali olarak kullanılması amaçlanmıştır. Bu amaçla hazırlanan %1 konsantrasyonda kitosan, %1.5 konsantrasyonda LAE ve %50 LAE+%50 kitosan konsantrasyonlarındaki solüsyonlarına daldırılan koyun etleri 2 grup halinde incelenmeye alınmıştır. Birinci grup vakum paketlenme ve modifiye atmosfer paketlenme uygulanmamış olan grup olup ikinci grup ise vakum paketlenme ve modifiye atmosfer paketlenme uygulanmış gruptur.

Birinci grupta kontrol grubu, %1 kitosan, %1.5 LAE ve %50 LAE+%50 kitosan ile kaplanan ve herhangi bir ambalajlama işlemi gerçekleştirilmeyen koyun etleri 0, 3, 5 ve 7 gün boyunca +4 °C’de buzdolabında plastik tabaklarda muhafaza edilmiştir ve 0., 3., 5., ve 7. günlerde kimyasal ve mikrobiyolojik analizlere tabii tutulmuştur. İkinci grupta; kontrol grubu, %1 kitosan ile muamele edilmiş koyun eti, %1.5 LAE ile muamele edilmiş koyun eti ve %50 LAE+%50 kitosan ile muamele edilmiş koyun eti gruplarının vakum paketlenme ve modifiye atmosfer paketlenme işlemleri gerçekleştirilmiştir ve 0, 15, 30 ve 45 gün boyunca +4 °C’de buzdolabında muhafaza edilerek kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri 15., 30. ve 45. günlerde gerçekleştirilmiştir.

8.1.1 Koyun eti

Koyun eti, Aksaray’da lokal düzeyde satış yapan bir kasaptan temin edilmiştir. Etler 2x2 cm boyutlarında küp şeklinde olacak halde parçalanmış ve 100’er gramlık tartım yapılmıştır. Koyun etleri temin edilir edilmez içi buz dolu straforlar içeren soğutucu kapla soğuk hava zinciri kırılmadan Aksaray Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Gıda Biyoteknolojisi Laboratuvarına getirilmiştir. Şekil 8.1.’de analizde kullanılan koyun eti gösterilmiştir. Şekil 8.2.’de ise 2x2 cm parçalanmış koyun etleri gösterilmiştir.



Şekil 8.1. Analizde kullanılan koyun eti.



Şekil 8.2. 0, 3, 5 ve 7. gün analizleri için solüsyon ve paketlenme işlemine tabii tutulmadan buzdolabında depolanan koyun etleri.

8.1.2 Kitosan çözeltisinin hazırlanması

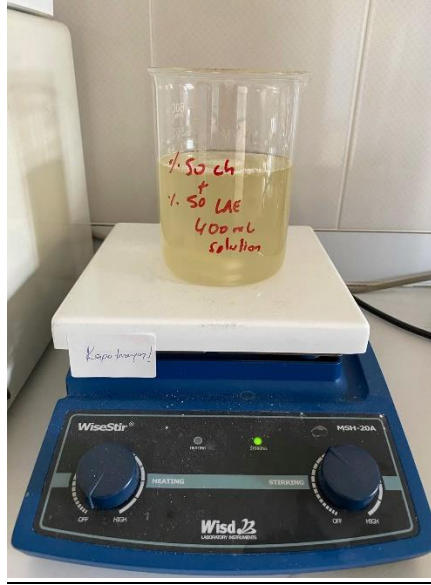
Çalışmada kullanılan kitosan Sigma Aldrich (448877, USA) firmasından temin edilmiştir. Kitosan solüsyonu hazırlamak için 400 ml asetik asite 4 g kitosan tartılmış ve iki gün boyunca manyetik karıştırıcıda çözünmesi için karıştırılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda (Cheong vd., 2001; Darmadji ve Izumimoto, 1994; Kadak ve Çelik, 2015) kullanılan kitosanın konsantrasyonu %1 olarak ayarlanmıştır. Şekil 8.3.'de kitosan çözeltisinin hazırlanması gösterilmiştir.



Şekil 8.3. Kitosan çözeltisinin hazırlanması.

8.1.3 LAE çözeltisinin hazırlanması

Çalışmada kullanılan ethyl lauroyl arginate ($\geq \%85$), Vedeqsa Grupo LAMIRSA (Barselona, İspanya) tarafından temin edilmiştir. LAE'den $\%10$ 'luk bir stok çözeltisi hazırlanmış ve içerisine $\%2$ 'lik gliserol ($\geq \%99$) ilave edilip $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 30 dakika boyunca karıştırılmıştır (MTOPS, Ms300). Hazırlanmış stok çözeltisi $\%1.5$ olacak şekilde seyreltilerek çözeltiler çalışmaya hazır hale getirilmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda LAE konsantrasyonu $\%1.5$ olarak belirlenmiştir (Li vd., 2021; Magrinyà vd., 2015). Koyun etleri uygun şartlarda LAE çözeltilerine 30 saniye süre ile daldırılmış ve sonra $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ muhafazaya alınmıştır. LAE ile kaplanan etlerden belirtilen günlerde analizleri yapılmıştır. Şekil 8.4.'de LAE çözeltisinin hazırlanması gösterilmiştir.



Şekil 8.4. LAE çözeltisinin hazırlanması.

8.1.4 MAP ve vakum paketlenen etlerin hazırlanması

Modifiye atmosfer paketlenmede kullanılacak gazların seçimi tam anlamıyla paketlenecek gıdaya bağlı olarak değişmektedir. Kimyasal gazların farklı doğası nedeniyle, gazlar tek başlarına kullanılabilecekleri gibi farklı tür ve oranlarda da gaz kombinasyonları halinde kullanılır. Çalışmada, modifiye atmosfer paketlenmede %40 CO₂ ve %60 N₂ oranlarında gazlar kullanılmıştır. Araştırmalar sonucunda, %40 CO₂ ve %60 N₂ gazlarının ve oranlarının kullanılması ile toplam canlı sayımlarının (TVC), laktik asit bakterilerinin (LAB), maya ve küflerin büyümesini etkili bir şekilde önlediği ve lipit oksidasyonunu azalttığı (Guo vd., 2018) ve yüksek kas pH'sına sahip olan kuzunun iyi bir raf ömrü elde etmek için CO₂ açısından zengin bir atmosferde paketlenmesi gerektiği bildirilmiştir (Church ve Parsons, 1995). Yine farklı çalışmalarda da gıdaların raf ömrünün uzatılması amacı ile modifiye atmosfer paketlenmede kullanılan gazlar %40 CO₂ ve %60 N₂ olarak belirlenmiştir (Dang vd., 2021; Uyttendaele vd., 2001).

Çalışmada analizi yapılan olan koyun etleri, 100 g halinde hazırlanarak vakum paketlenme ve modifiye atmosfer paketlenme işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Şekil 8.5.'de 2x2 cm parçalanmış ve farklı solüsyonlarla daldırılan koyun etlerinin modifiye atmosfer paketlenme işlemi gösterilmiştir.

Şekil 8.6.'da 2x2 cm parçalananan ve farklı solüsyonlarla daldırılan koyun etlerinin vakum paketlenme işlemi gösterilmiştir.



Şekil 8.5. MAP uygulanan koyun etleri



Şekil 8.6. Vakum paketlenme uygulanan koyun etleri.

8.2 Metot

8.2.1 Kimyasal analizler

8.2.1.1 TBA analizi

Tarladgis vd. (1960)'ın uyguladığı yönteme göre yapılmıştır. Bu amaçla 50  C'deki distile su ile 10 g örnek stomacher poşetine aktarılmış ve homojenize edilmiştir. Daha sonra örneğin üzerine 47.5 mL distile su ve 2.5 mL (1:2)'lik HCl  zeltisi ilave edilerek destilasyon işlemine geçilmiştir. 100 mL destilat toplanıncaya kadar destilasyon işlemine devam edilmiştir. Destilasyon işleminin sona ermesinin ardından destilat karıştırılarak 5 mL'si kapaklı deney tüplerine alınmıştır. Destilatın  zerine %90'lık 100 mL glacial asetik asit içerisinde 0.2883 g çözdürülmüş 5 mL TBA reaktifi eklenerek vorteksten geirilm ştir. Daha sonra yine bir deney tüpüne 5 mL TBA reaktifi ve 5 mL distile su eklenip k r numune hazırlanmıştır ve vorteksten geçirildikten sonra tüpler kaynayan su banyosunda 35 dakika tutulup soğumaya bırakılmıştır. Son olarak spektrometre tüplerine aktarılarak 538 nm dalga boyunda köre karşı optik dansitesi okunmuştur. Elde edilen dansite değeri ise 7.8 ile çarpılarak 1000 g örnekteki mevcut malonaldehit miktarı mg olarak hesaplaması yapılmıştır.

8.2.1.2 TVB-N analizi

Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) tayini, Antonacopoulos (1973)'un uyguladığı yöntem esas alınarak yapılmıştır (Varlık vd., 1993b). Bu amaçla kullanılmak üzere, homojenize edilmiş örnekten yaklaşık 10 g tartılarak Kjeldahl cihazının tüplerine aktarılmış ve üzerine yaklaşık 1g kadar magnezyum oksit ve 100 mL distile su ilave edilmiştir. Bir erlen içerisine de 10 mL %3'l k borik asit ve 3 damla metilen kırmızısı ilavesi ardından, ortalama 100 mL distile su ile üzeri tamamlanmıştır. Destilasyon  nitesinin destilat toplama kısmına yerleştirilm ştir. Distilasyona, erlende 200 mL sıvı toplanıncaya kadar devam edilmiştir. Daha sonra erlen içerisinde toplanan destilat, 0.1 N'lik hidroklorik asit ile titre edilmiştir. Harcanan 0.1 N'lik hidroklorik asit miktarına bağlı olarak, TVB-N değeri hesaplaması yapılmıştır (Olgunoğlu, 2007).

Şekil 8.7.'de TVB-N analizinin gerçekleştirildiği düzenek gösterilmiştir.



Şekil 8.7. TVB-N analizi için hazırlanan düzenek.

8.2.1.3 pH tayini

Homojenize edilmiş ve sulandırılmış (10 g/90 mL saf su) koyun eti örneklerinin pH değerleri TSE tarafından önerilen metoda göre dijital bir pH metre (Hanna HI 9321) kullanılarak saptanmıştır (TSE 1978).

8.2.2 Mikrobiyolojik analizler

8.2.2.1 Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı

10 g et örneği, 90 mL Maximum Recovery Diluent ile homojenize edilmiştir. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı için Plate Count Agar (PCA, Sigma Aldrich) besiyeri kullanılmıştır. Yayma plak yöntemi ile ekim yapılan petriler 35-37 °C'de 48 saat inkübe edildikten sonra değerlendirilmiştir. İnkübasyon bitiminde

PCA'daki koloniler sayılacak ve birimi kob/g olarak hesaplaması yapılmıştır (ISO 4833-2, 2013).

8.2.2.2 Laktik asit bakterileri sayımı

Bu amaçla MRS Agar (Oxoid, CM361) kullanılmıştır. Dilüsyonlardan petri kutularına 0.1 mL aktararak yayma plak metoduyla ekim gerçekleştirilmiştir. Petrilerde besiyeri katılaştıktan sonra üzerlerine ikinci bir kat MRS Agar dökülerek çift kat döküm yöntemi kullanılmıştır. Çift tabakalı petriler 37 ± 1 °C'de 72-96 saat inkübe edildikten sonra oluşan en az 1 mm büyüklüğünde ve katalaz (-) koloniler LAB olarak sayılmıştır (Anonymous, 1984a; Anonymous, 1984b; Anonymous, 1995).

8.2.2.3 Maya-küf sayımı

Küf-maya sayısını belirlemek amacıyla, YGC Agar (Merck, 1.16000) kullanılarak yayma yöntemi ile ekim gerçekleştirilmiştir. Ekim yapılan petriler 25 °C' de 5 gün inkübasyondan sonra değerlendirilmesi yapılmıştır (ISO 7954, 08/1988).

8.2.2.4 Koagülaz pozitif *Staphylococcus* sayımı

Koagülaz pozitif *Staphylococcus* sayımı için otoklavda sterilize edilmiş Baird-Parker Agar bazal besiyerine yumurta sarısı-tellurit emülsiyonu eklenmiştir. Petriler 37 °C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır inkübasyon sonunda etrafı saydam zonlu 1-1.5 mm çaplı siyah koloniler Koagülaz pozitif *Staphylococcus* olarak sayılmış ve sonuçlar kob/g olarak ifade edilmiştir (ISO 6888-2, 1999).

Petrilerden 5'er adet koloni alınarak koagülaz doğrulama testlerine tabii tutulmuştur.

Koagülaz Testi: Koagülaz pozitif *Staphylococcus* kolonisinin identifikasyonunda kullanılan en önemli test koagülaz aktivitesinin belirlenmesidir. Özellikle stafilokoklarda bulunan ve kan plazmasını pıhtılaştıran koagülaz enzimini ortaya koyma, patojenik olanlarla patojen olmayanları ayırmak amacı ile bu test yapılmaktadır. Nutrient Broth'da geliştirilmiş kolonilerden, 0.5'er mL tavşan plazması konmuş iki adet küçük tüpten birine 0.5 mL ilave edilmiştir. Her iki tüp 35-37 °C'de 4 saat inkübasyona bırakılmıştır. Kültür ilave edilmeyen tüp negatif kontrol

olarak kullanılmıştır. Tüpler çok hafifçe eğilerek koagülasyon durumu belirlenmiştir. İnkübasyonun sonunda koagülasyonun olduğu tüpler pozitif olarak değerlendirilmiştir. Koagülaz negatif reaksiyon verenler ise 24 saat daha inkübasyon işlemine tabii tutulmuştur (Bennett ve Lancette, 1998).

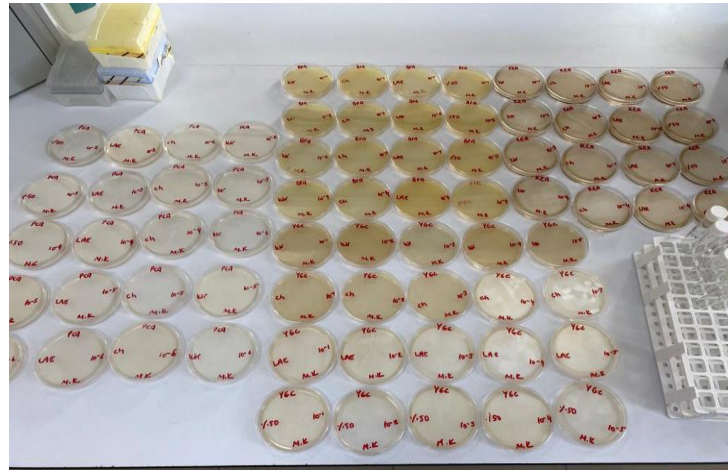
8.2.2.5 Koliform sayısı

Koliform izolasyonu amacıyla Violet Red Bile Agar (VRBA-Merck, 1.01406) kullanılmıştır. Çift tabaka dökme ekim yöntemi ile ekim sonrası 37 °C’ de 24 saat inkübasyondan sonra 2-3 mm çapındaki kırmızı viyole renkli koloniler sayılmıştır (Harrigan 1998).

8.2.2.6 *Enterococcus spp.* sayısı

Kanamycin Esculin Azide Agar’a (KEA) (Merck 1.05222) yayma yöntemi ile ekim gerçekleştirilmiştir. Ekimden sonra petri kapları 37 °C’de aerobik koşullar altında 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda siyah renkli kolonilerin sayısı gerçekleştirilmiştir (Harrigan, 1998).

Şekil 8.8.’de çalışma mikrobiyolojik analizler için hazırlanan besiyerleri gösterilmiştir.



Şekil 8.8. Mikrobiyolojik analizler için hazırlanan besiyerleri.

8.3 İstatiksel Analizler

Araştırmanın sonucunda elde edilen veriler SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir. Grupların kendi arasındaki değişimler ve gruplar arasındaki zamana bağlı değişimler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. İstatiksel olarak örnekler arası farklılıklar $p<0.05$ alınarak hesaplanmıştır (Duncan, 1955).



9. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada 2x2 cm boyutlarında kesilen koyun etlerine yenilebilir film olarak kitosan, etil laürol arginat, paketlenme olarak da vakum ambalajlama ve modifiye atmosfer paketlenme uygulanmıştır. Koyun etleri 4 °C’de analiz süresi boyunca depolanmıştır. Vakum ve modifiye atmosfer paketlenme uygulanmamış kontrol grup örnekleri 7 gün depolanmış, paketlenme uygulanan koyun etleri ise 45 gün depolamaya tabii tutulmuştur. Normal koyun eti, kitosanla kaplı koyun eti ve LAE ile kaplanmış koyun etleri 45 gün boyunca kimyasal ve mikrobiyolojik analizlere tabii tutulmuştur.

9.1 pH Analiz Sonuçları.

Kitosan, LAE, CH+LAE çözeltilerine daldırılan ve daldırılmayan koyun etleri 4 °C’de 7 gün depolama süresi boyunca pH değerinde meydana gelen değişimlere ait sonuçlar Çizelge 9.1.’de verilmiştir.

Çizelge 9.1. Kaplama materyali uygulanan koyun etlerinin 0-7 gün boyunca pH değerlerine ait analiz sonuçları.

	0.gün	3.gün	5.gün	7.gün
	pH			
Et	5.46±0.03 ^a	5.47±0.02 ^{a1}	5.52±0.02 ^{a1}	5.53±0.03 ^{a1}
%1 CH+Et	5.46±0.03 ^a	3.15±0.02 ^{b3}	3.12±0.02 ^{b4}	3.16±0.02 ^{b3}
%1.5 LAE+Et	5.46±0.03 ^a	4.43±0.02 ^{c2}	4.82±0.03 ^{b2}	4.82±0.03 ^{b2}
CH+LAE+Et	5.46±0.03 ^a	4.46±0.03 ^{c2}	4.47±0.02 ^{c3}	4.74±0.01 ^{b2}

Farklı üst simgeler içeren satır bazında (alfabe) ve sütun bazında (sayısal) önemli ölçüde farklılık gösterir ($p<0.05$).

Depolama süresi boyunca işlem görmemiş koyun eti örneklerinin pH değerleri artmıştır. İşlem görmemiş koyun etlerindeki bu artış, farklı materyallerle kaplanan et gruplarına göre ($p<0.05$) farklılık göstermiştir. Başlangıçta kontrol grubu en yüksek pH değerine (5.46), 7. günün sonunda ise en düşük pH değerine (3.16) kitosan sahip olmuştur. Kitosandaki bu düşme kitosanın asetik asitte çözünmesinden kaynaklanıyor olabilir. Lipaz ve proteaz gibi endojen enzimlerin aktivitesinin veya bakteriler tarafından amino asitlerin kullanılmasının pH’nın artmasına neden olduğu ileri sürülmektedir (Khorshidi vd., 2021; Manju vd., 2007). Depolamanın 7. gününde kontrol grubu pH değerinin farklı kaplama materyalleri ile kaplanan örneklerle kıyasla anlamlı ölçüde yüksek olduğu ($p<0.05$) tespit edilmiştir. Aşık ve Candoğan (2014), %0.5, %1.0 ve %1.5 konsantrasyonda sarımsak yağı içeren kitosan

kaplamaları karides (*Parapenaeus longirostris*) üzerinde 4 °C’de 11 gün boyunca incelemiştir. Kitosan kaplamalı etlerin pH değerinin, kaplanmamış kontrol grubuna oranla daha düşük bulunmuştur. Eldaly vd. (2018), %1, %1.5 ve %2 konsantrasyonlarda kitosan ile muamele edilmiş tavukgöğsü filetolarının 4 °C’de 12 gün depolanması sonucunda işlem görmemiş örneklerle oranla pH değerlerinde belirgin ölçüde düşüş olduğunu bildirmişler bu düşüşün sebebinin kitosan çözeltisinin asidik özelliği ve bundan dolayı da mikrobiyal çoğalmanın engellenmesi olduğunu bildirmişlerdir. Assanti vd. (2021), %1 kitosan kaplama tavuk burger üzerine yaptığı çalışmada 4 °C’de 12 gün depolama süresi boyunca başlangıç değeri 5.5 olan pH değerinin depolama sonunda 5.77’ye yükseldiğini, kitosan kaplanan etlerde bu değerin 4.9 olarak analiz edildiğini bildirmiştir. Yaghoubi vd. (2021), kitosan ve uçucu yağ kullanarak tavukgöğsü üzerinde yaptıkları çalışmada kontrol gurubunun başlangıç pH değerinin 6 olarak tespit edildiğini, 12 gün sonunda bu değerin 7.01’e yükseldiğini belirtmiştir. %1 kitosan ile kaplanan etlerde ise 5.55’te olduğunu belirterek bu düşüşün sebebinin uçucu yağın ve kitosanın antibakteriyel özelliğinden olabileceğini bildirmiştir. Zhuang vd. (2020), çalışmalarında LAE çözeltisinin asiditesinden (pH=5.30) kaynaklanabilecek şekilde, ilk yedi gün boyunca muamele edilen balık numunelerin pH değerlerini kontrol grubundan daha düşük bulmuşlardır.

Vakum ve modifiye atmosfer paketleme uygulanmış koyun etlerinin pH analiz sonuçları Çizelge 9.2.’de gösterilmiştir.

Çizelge 9.2. Koyun etlerine 15, 30 ve 45 gün boyunca kaplama materyalleri ve paketleme işlemleri uygulanması sonucu pH değerlerine ait analiz sonuçları.

Uygulama		0.gün	15.gün	30.gün	45.gün
pH					
Vakum	Et	5.46±0.03 ^a	5.33±0.02 ^{b2}	5.30±0.05 ^{b2}	5.25±0.04 ^{b1}
	%1 CH+Et	5.46±0.03 ^a	3.71±0.03 ^{b5}	3.41±0.03 ^{d6}	3.53±0.02 ^{c6}
	%1.5 LAE+Et	5.46±0.03 ^a	5.17±0.03 ^{b3}	4.83±0.02 ^{d4}	5.03±0.02 ^{c2}
	CH+LAE+Et	5.46±0.03 ^a	5.20±0.02 ^{b3}	4.52±0.02 ^{d5}	4.96±0.01 ^{c3}
pH					
MAP	Et	5.46±0.03 ^a	5.14±0.03 ^{b3}	4.93±0.02 ^{c3}	4.89±0.02 ^{c34}
	%1 CH+Et	5.46±0.03 ^a	3.44±0.03 ^{c6}	3.44±0.03 ^{c6}	3.73±0.02 ^{b5}
	%1.5 LAE+Et	5.46±0.03 ^a	5.43±0.03 ^{a1}	5.44±0.04 ^{a1}	4.90±0.01 ^{b34}
	CH+LAE+Et	5.46±0.03 ^a	4.92±0.02 ^{b4}	4.88±0.02 ^{b34}	4.85±0.02 ^{b4}

Farklı üst simgeler içeren satır bazında (alfabe) ve sütun bazında (sayısal) önemli ölçüde farklılık gösterir ($p<0.05$).

Vakum paketlenen koyun etlerinin başlangıç pH değeri 5.46 olup 45. günün sonunda 5.25'e düşmüştür. pH değerlerindeki bu düşüş, glikozun anaerobik glikoliziyle üretilen laktik asitten ve ATP'nin parçalanmasıyla inorganik fosfatın serbest kalmasından kaynaklanıyor olabilir. pH'nın azalıp sonra artışı ise amonyak ve biyojenik aminler gibi temel nitrojen içeren bileşiklerin birikimi ile açıklanabilir (Zhuang vd., 2020). Kitosan çözeltisi ile kaplanan etler önemli ölçüde farklılık ($p<0.05$) göstermiştir (Çizelge 9.2.). MAP uygulanan etlerde ise başlangıç değeri 5.46 olup 45. günün sonunda bu değer 4.89'a düşmüştür. Modifiye atmosfer paketlenen etlerde kitosan ile muamele edilmiş etlerde istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Sekar vd. (2006), bufalo etleri üzerine yaptıkları çalışmada, ambalajlama yöntemlerinin etkisini incelemişlerdir. Ambalajlanan etlerin 1 hafta sonunda pH değerlerinin 6.62'den 5.48'e düştüğünü, vakum paketlenen etlerin pH değerlerinin ise başlangıçta 6.62'den depolama sonunda 5.77'ye düştüğünü bildirmişlerdir. pH değerlerinde meydana gelen bu farklılık laktik asit bakterilerin faaliyetine ve sayısına bağlı olabilir ve paketlenen etlerde pH'nın azalmasında önemlidir (Gill ve Jones, 1996). Jayasingh vd. (2002), modifiye atmosfer paketlenen sığır kıymalarında 10 gün muhafaza sonucunda MAP uygulanmış ve kontrol grupları arasında pH değerlerinde anlamlı fark tespit etmiştir. Kontrol grubunda başlangıç değeri 5.7 olan pH değeri, muhafazanın son günü 5.3'e düşmüştür. Kontrol grubuna kıyasla modifiye atmosfer paketlenen numunelerde ise azalma tespit edilmiş pH değeri 5.8'den 5.7'ye düşmüştür. Kennedy vd. (2004), yaptıkları çalışmada kuzu etlerinin kısa süreli depolanmasında MAP uygulanan etlerde pH değerinin 5.8'in altında kaldığını belirtmiştir. Insausti vd. (2001), çalışmalarında %60 O₂, %30 CO₂ ve %10 N₂ gaz karışımları ile modifiye atmosfer paketlenen sığır bifteklerinin 15 gün depolama süresi boyunca pH değerlerinin 5.3-5.6 arasında tespit etmişlerdir. Koyun etinin pH'sı, sığır etine kıyasla daha yüksektir. Bozulma yapan mikroorganizmaların gelişmesi için uygun bir ortam oluşturmaktadır. Sığır eti vakum paketlenen uygulaması ile korunabilirken, kuzu eti ise karbondioksitin bakteriostatik etkisine gerek duyarak raf ömrü uzatılır (Bingöl, 2009). Yapılan bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, yapmış olduğumuz farklı paketlenen koyun etlerinde pH değerleri arasındaki sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Nair vd. (2014), çalışmalarında LAE'nin 200 ve 400 ppm seviyelerinde et pH'ında herhangi bir değişikliğe neden olmadığını bildirmiştir. Bu nedenle, belirgin bir etki için daha yüksek bir LAE konsantrasyonu gerekebilir.

9.2 TBA Analiz Sonuçları

Araştırmada materyal olarak kullanılan koyun etinin TBA analiz sonuçları Çizelge 9.3.'te verilmiştir. TBA analizi gıdalarda lipit oksidasyonunun ana belirteci olarak kabul edilmektedir. Malondialdehit, çoklu doymamış yağ asitlerinin sekonder lipit oksidasyonu sırasında üretilen en önemli aldehitlerden birisidir ve düşük miktarda koku üretmesinden dolayı ette oldukça önemlidir. TBA artışı et ürünlerinin renk ve duyu özelliklerini değiştirebilmektedir (Domínguez, 2019; Ebrahimi, 2022).

Çizelge 9.3. Kaplama materyali uygulanan koyun etlerinin 0-7 gün boyunca TBA değerlerine ait analiz sonuçları.

	0.gün	3.gün	5.gün	7.gün
	TBA (mg MA/kg)			
Et	0.71±0.03 ^d	2.81±0.02 ^{c1}	2.97±0.03 ^{b1}	3.74±0.02 ^{a1}
%1 CH+Et	0.71±0.03 ^d	2.19±0.03 ^{c2}	2.60±0.01 ^{b2}	2.97±0.03 ^{a2}
%1.5 LAE+Et	0.71±0.03 ^c	1.76±0.07 ^{b3}	1.83±0.05 ^{ab3}	1.93±0.03 ^{a3}
CH+LAE+Et	0.71±0.03 ^c	1.70±0.03 ^{b3}	1.74±0.02 ^{b4}	1.82±0.02 ^{a4}

Farklı üst simgeler içeren satır bazında (alfabe) ve sütun bazında (sayısal) önemli ölçüde farklılık gösterir ($p<0.05$).

Normal koyun etlerinin 4 °C'de buzdolabında 0 ila 7 gün boyunca muhafaza edildiği çalışmada muhafaza süresi boyunca ve gruplar arasında TBA değerlerinde önemli farklılık ($p<0.05$) saptanmıştır. Kitosanla muamele edilmiş etler başlangıçta 0.71 mg MA/kg değerindedir ve 7. günün sonunda 2.97 mg MA/kg olarak saptanmış olup oksidatif bozulma hızını düşürücü etki göstermemiştir (Çizelge 9.3.). 3. gün dört grup arasında kontrol grup etler başlangıçta 2.81±0.02 mg MA/kg olarak belirlenmiştir. Kitosan ve LAE ile kaplanmış etlerde bu değer 1.70±0.03 azalarak istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. 5. ve 7. gün analiz sonuçlarında gruplar arasındaki en önemli fark CH+LAE grubunda bulunmuştur. Buda CH+LAE'nin kontrol grubu et örneğine kıyasla oksidatif bozulma hızını düşürücü etkisinin olduğunu göstermiştir. Kitosanla muamele edilmiş etler başlangıçta 0.71 mg MA/kg olup 7. günün sonunda 2.97 mg MA/kg olarak saptanmış olup oksidatif bozulmanın artış hızını düşürücü etki göstermemiştir. CH+LAE kaplamalı etler gruplar açısından 7. günde en etkilisi sonucu göstermiştir. Ghebleh (2019), çalışmasında kekik, propolis ve kitosanın birlikte kullanılmasında TBARS üzerine daha etkili olduğunu saptamıştır. TBA'da 2 mg MDA/kg'dan daha yüksek TBARS değerlerinde lipit oksidasyonunun neden olduğu koku ve tattaki değişimler kolaylıkla tespit edilebilmektedir (Gahruie vd., 2017). Çalışmamızda LAE ve CH+LAE

kaplamalı etlerde 2 mg MDA/kg değerini aşmamış olup kitosan ile muamele edilmiş koyun etlerinde ise bu değer aşılmıştır.

Çizelge 9.4.'te TBA'nın kontrol, kitosan, LAE ve CH+LAE kaplamalı et örneklerinde, vakum ve MAP üzerindeki sonuçları gösterilmiştir. Vakum paketlemede kontrol grup 0.71 mg MA/kg ile başlayıp 45. günün sonunda 1.33 mg MA/kg olarak MAP'ta ise 45. günün sonunda 1.24 mg MA/kg olarak belirlenmiştir.

Çizelge 9.4. Koyun etlerine 15, 30 ve 45 gün boyunca kaplama materyalleri ve paketleme işlemlerinin uygulanması sonucu TBA değerlerine ait analiz sonuçları.

Uygulama		0.gün	15.gün	30.gün	45.gün
TBA (mg MA/kg)					
Vakum	Et	0.71±0.03 ^c	1.07±0.02 ^{b1}	1.22±0.07 ^{ab1}	1.33±0.09 ^{a1}
	%1 CH+Et	0.71±0.03 ^c	0.97±0.07 ^{b12}	1.03±0.07 ^{ab12}	1.20±0.07 ^{a12}
	%1.5 LAE+Et	0.71±0.03 ^b	0.97±0.09 ^{ab12}	1.02±0.10 ^{a2}	1.12±0.07 ^{a23}
	CH+LAE+Et	0.71±0.03 ^b	0.89±0.11 ^{ab12}	0.96±0.09 ^{a2}	1.02±0.07 ^{a34}
TBA (mg MA/kg)					
MAP	Et	0.71±0.03 ^d	1.02±0.01 ^{c12}	1.12±0.01 ^{b12}	1.24±0.01 ^{a12}
	%1 CH+Et	0.71±0.03 ^c	0.91±0.01 ^{b12}	0.97±0.02 ^{b2}	1.10±0.01 ^{a23}
	%1.5 LAE+Et	0.71±0.03 ^d	0.87±0.02 ^{c12}	0.95±0.01 ^{b2}	1.03±0.02 ^{a34}
	CH+LAE+Et	0.71±0.03 ^d	0.83±0.02 ^{c2}	0.91±0.01 ^{b2}	0.98±0.01 ^{a4}

Farklı üst simgeler içeren satır bazında (alfabe) ve sütun bazında (sayısal) önemli ölçüde farklılık gösterir ($p<0.05$).

LAE ve CH+LAE kaplamalı numuneler vakum paketlemede en etkili sonucu göstermişlerdir ve LAE'nin kitosan ile kaplanan etlere göre biraz daha fazla oksidatif bozulmayı engelleyici etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Vasilatos ve Savvaidis (2013), vakum paketlemede 2 °C'de hindi etine uyguladığı kitosan, %1.5 (w/v) ve biberiye yağının %0.25 (v/w) analizinde raf ömürlerinin 10 gün ile en az kontrol grubunda, sonra 17-18 gün biberiye ile muamele edilen etlerde, sonra ise kitosan-biberiye ile muamele edilen etlerde 21 güne kadar ulaştığını bildirmiştir. Giatrakou vd. (2010), çiğ tavuğa kitosan ve kekik uçucu yağı uygulayarak en etkili sonucun kekik yağı ile kitosanın birlikte uygulandığı grupta olduğu bildirilmiştir. Petrou vd. (2012), MAP uygulanmış tavuk göğüs etlerinin 4 °C'de 21 gün kitosan, %1.5 (w/v) ve oregano %0.25 (v/w) ile muamele edilmesi sonucunda oregano içeren etlerin raf ömrü yaklaşık 6 gün, kitosan ve oregano içeren numunelerin raf ömrü ise yaklaşık 10 gün uzamıştır. Bu çalışmalarda çalışmamızda olduğu gibi kitosana başka bir antimikrobiyal maddenin eklenmesi ile etkisinin daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir çünkü kitosan tek başına yeterli etkiyi gösteremeyip diğer

antimikrobiyal ajan olan LAE ile birleşince diğer vakum paketlenme gruplarına oranla oksidatif bozulmayı düşürücü etki göstermiştir. Gruplar arasında 45. günde en iyi etki CH+LAE kaplamalı numunelerde bulunmuştur. CH+LAE ile kaplanan gruplar vakum ve MAP'ta oksidatif bozulmayı düşürücü etki göstermiştir. CH, LAE ve CH+LAE oksidatif bozulmanın artış hızını düşürmüştür. LAE ve CH+LAE kaplamalı numuneler vakum paketlenmede en etkili sonucu göstermişlerdir.

5 mg MDA/kg'a eşit veya daha büyük TBA değerleri et, insanlar için kötü kokuları ve tadı tespit etme eşiğini oluşturur (Insausti vd., 2001). Yapılan çalışmada vakum ve MAP gruplarda 45 gün boyunca örnekler 5 mg MDA/kg değerini aşmamıştır.

9.3 TVB-N Analiz Sonuçları

TVB-N analiz sonucu mg/100 g olarak belirlenmiştir. Etlerin 7.97 mg/100 g olan başlangıç değeri depolama süresince artış göstererek 7. günün sonunda kontrol, kitosan, LAE ve CH+LAE grubu sırası ile; 17.11 mg/100 g, 11.44 mg/100 g, 10.77 mg/100 g ve 9.68 mg/100 g' a ulaşmıştır. Gruplar arasında kıyaslama yapıldığında 7. gün CH+LAE kaplanan et örnekleri diğer gruplara kıyasla daha düşük bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 9.5.).

Çizelge 9.5. Kaplama materyali uygulanan koyun etlerinin 0-7 gün boyunca TVB-N değerlerine ait analiz sonuçları.

	0.gün	3.gün	5.gün	7.gün
TVB-N (mg/100 g)				
Et	7.97±0.03 ^d	10.26±0.01 ^{c1}	15.08±0.01 ^{b1}	17.11±0.01 ^{a1}
%1 CH+Et	7.97±0.03 ^d	9.51±0.01 ^{c2}	10.88±0.02 ^{b2}	11.44±0.02 ^{a2}
%1.5 LAE+Et	7.97±0.03 ^d	9.10±0.01 ^{c3}	9.89±0.02 ^{b3}	10.77±0.04 ^{a3}
CH+LAE+Et	7.97±0.03 ^d	8.46±0.04 ^{c4}	9.22±0.02 ^{b4}	9.68±0.02 ^{a4}

Farklı üst simgeler içeren satır bazında (alfabe) ve sütun bazında (sayısal) önemli ölçüde farklılık gösterir ($p<0.05$).

Koyun etlerinde en yüksek değer 17.11 olup bu değer kontrol grubuna aittir. Zhuang vd. (2020), yaptıkları çalışmada, 12 gün boyunca 4 °C'de LAE ile kaplanmış balıkların TVB-N değerini depolamanın ilk beş günü boyunca yaklaşık 10 mg N/100 g olarak bulmuş olup kontrol grubunda ise TVB-N içeriğinin kademeli olarak arttığını saptamıştır. %1 ve %0.5 kitosan, %10 ve %5 zencefil, soğan ve sarımsağın sulu ekstratlarının domuz eti analizi üzerinde yapılan bir çalışmada kitosanın, soğan, sarımsak ve zencefilden daha iyi bir antibakteriyel etkiye sahip olmasına rağmen

daha zayıf antioksidan etki gösterdiği, birlikte kullanıldıklarında ise antibakteriyel özellik göstererek raf ömrünün 5-6 gün arttığı belirtilmiştir (Cao vd., 2013). Hoa vd. (2022), %2 kitosan ve laurik asit ile kaplanan sığır etinin aerobik koşullarda buzdolabında saklanması sonucunda kitosana laurik asit ilave edilmesiyle TVB-N'e karşı inhibitör etki gösterdiğini belirtmişlerdir ($p<0.05$). Çalışmamızda kitosan ve LAE kaplamalar et numuneleri üzerinde zamana bağlı olarak TVB-N üzerinde düşürücü etki göstermiştir. Özellikle CH+LAE'nin birlikte kullanıldığı gruplar arasında 7. günde TVB-N değeri üzerinde artış hızını düşürücü etkiyi göstermişlerdir. En iyi sonuç CH+LAE kaplamalı gruplarda görülürken bunu LAE takip etmiştir.

Yapılan analiz sonucunda et örnekleri 7.97 mg/100 g başlangıç değerine sahip olup, depolama süresi boyunca vakum paketlemede en yüksek kontrol grubu örneklerinde 12.55 mg/100 g olarak bulunmuştur (Çizelge 9.6.).

Çizelge 9.6. Koyun etlerine 15, 30 ve 45 gün boyunca kaplama materyalleri ve paketleme işlemleri uygulanması sonucu TVB-N değerlerine ait analiz sonuçları.

Uygulama		0.gün	15.gün	30.gün	45.gün
TVB-N (mg/100 g)					
Vakum	Et	7.97±0.03 ^d	10.04±0.02 ^{c1}	10.82±0.01 ^{b1}	12.55±0.01 ^{a1}
	%1 CH+Et	7.97±0.03 ^d	9.34±0.03 ^{c2}	10.52±0.01 ^{b3}	11.05±0.01 ^{a3}
	%1.5 LAE+Et	7.97±0.03 ^d	8.66±0.02 ^{c3}	9.37±0.02 ^{b5}	10.03±0.02 ^{a5}
	CH+LAE+Et	7.97±0.03 ^c	8.22±0.03 ^{b5}	8.85±0.02 ^{a6}	8.89±0.03 ^{a7}
TVB-N (mg/100 g)					
MAP	Et	7.97±0.03 ^d	9.28±0.02 ^{c2}	10.72±0.02 ^{b2}	11.14±0.01 ^{a2}
	%1 CH+Et	7.97±0.03 ^d	9.32±0.02 ^{c2}	10.36±0.04 ^{b4}	10.89±0.02 ^{a4}
	%1.5 LAE+Et	7.97±0.03 ^d	8.54±0.03 ^{c4}	8.88±0.01 ^{b6}	9.23±0.02 ^{a6}
	CH+LAE+Et	7.97±0.03 ^d	8.17±0.01 ^{c5}	8.72±0.02 ^{b7}	8.83±0.03 ^{a7}

Farklı üst simgeler içeren satır bazında (alfabe) ve sütun bazında (sayısal) önemli ölçüde farklılık gösterir ($p<0.05$).

Tüm vakum grupların TVB-N sonuçları kıyaslandığında zamana bağlı olarak vakum paketlemede CH+LAE kaplı gruplar diğer gruplara kıyasla daha düşük bulunmuştur ($p<0.05$). MAP ve vakum paketlemede CH+LAE grubu diğer gruplara göre daha iyi sonuç vermiştir. Zhuang vd. (2020), LAE'nin antimikrobiyal etkisinden dolayı numunelerin TVB-N değerini yavaşça artırarak 11.günde 18.0 mg N/100 g olarak hesaplamıştır.

Agunbiade vd. (2010)'a göre taze et için TVB-N değeri 13 mg/100 g ve ≤ 17 mg/100 g olarak kabul edilebilir değerdir. Çizelge 9.6.'da analizin ilk günü TVB-N değeri 7.97 mg/100 g olup et örneklerinin kabul edilebilir olduğunu göstermiştir. 45 gün boyunca vakum ve modifiye atmosfer paketleme analizleri sonucunda etler 17 mg/100'ı geçmemiştir. Can ve Patır (2012), 0, 3, 6, 9, 12 gün depolanan kitosan kaplı balıklarda TVB-N değerini daha düşük saptanmıştır. Muşabak (2008), kitosan ile kaplanan sardalya balıklarının TVB-N analizinde, TVB-N değerinin en düşük düzeyde olduğunu bildirmiştir.

Arashisar vd. (2004), yapılan çalışmada $4\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de vakum, hava ve farklı gaz karışımlarında modifiye atmosfer paketlemenin gökkuşağı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*), TVB-N üzerindeki azaltmayı belirtmişlerdir. Sonuç olarak MAP, hava ve vakum ambalajlama ile kıyaslandığında balıkların raf ömürlerini uzatmıştır. Çalışmada modifiye atmosfer paketleme vakum paketlemeye göre daha iyi sonuç göstermiştir (Çizelge 9.6.).

9.4 Toplam Mezofil Aerob Bakteri Analiz Sonuçları

Analiz sonuçlarında toplam mezofil aerob bakteri sayısı başlangıçta 1.61 log kob/g olup 7. günün sonunda 5.32 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Kitosan, LAE ve CH+LAE kaplamalı gruplarda ise analizin son gününde sırasıyla, 3.19 log kob/g, 1.55 log kob/g ve 1.44 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Çizelge 9.7.'de toplam mezofil aerob bakteri sayısı CH+LAE gruplarında istatistiki açıdan farklılıklar göstermiştir ($p<0.05$) (Çizelge 9.7.).

Çizelge 9.7. Kaplama materyali uygulanan koyun etlerinin 0-7 gün boyunca TMAB sayısına ait analiz sonuçları.

	0.gün	3.gün	5.gün	7.gün
Toplam Mezofil Aerob Bakteri (log CFU/g)				
Et	1.61 ± 0.03^d	2.10 ± 0.02^{c1}	3.17 ± 0.03^{b1}	5.32 ± 0.03^{a1}
%1 CH+Et	1.61 ± 0.03^d	1.89 ± 0.02^{c2}	2.15 ± 0.03^{b2}	3.19 ± 0.03^{a2}
%1.5 LAE+Et	1.61 ± 0.03^b	1.87 ± 0.02^{a2}	1.92 ± 0.02^{a3}	1.55 ± 0.04^{b3}
CH+LAE+Et	1.61 ± 0.03^a	1.54 ± 0.02^{ab3}	1.51 ± 0.01^{bc4}	1.44 ± 0.02^{c4}

Farklı üst simgeler içeren satır bazında (alfabe) ve sütun bazında (sayısal) önemli ölçüde farklılık gösterir ($p<0.05$).

Sonuçlara göre CH+LAE grubu zamana bağlı olarak antimikrobiyal etki göstermiş olup 7. günde gruplar arasında CH+LAE en iyi sonucu göstermiştir. Kitosan

kaplamanın analizde bir etkisi olmamıştır. Jo vd. (2001), sosislerde kitosan oligomerlerinin TMAB sayısını azaltmadığını ($p>0.05$), diğer bir çalışmada ise kitosan oligomerinin sosisler üzerinde koruyucu etki göstermediği Youn vd. (1999) tarafından belirtilmiştir. Roller vd. (2002), %0.6'lık kitosan içeren domuz sosislerinde 6. ve 9. günlerde TMAB sayısını 1 log kob/g azaltmış ve depolama süresi ilerledikçe kitosanın antimikrobiyal etkinliğinin azalmaya başladığını ve 21. günün sonunda kitosanın antimikrobiyal etkisinin tamamen yok olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmaların sonucu çalışmamızdaki kitosanın etkisini destekler niteliktedir. Kitosanın beklenen etkiyi göstermemesi konsantrasyonundan veya kitosanın deasetilasyon derecesinden kaynaklanıyor olabilir.

Çalışma sonucunda vakum paketlenmiş koyun etlerinde TMAB sayısı başlangıç değeri 1.61 log kob/g olup, 45. günün sonunda kontrol, kitosan, LAE, CH+LAE analiz sonuçları sırasıyla 2.37 log kob/g, 2.22 log kob/g, 1.37 log kob/g ve 1.22 log kob/g olarak bulunmuştur (Çizelge 9.8.).

Çizelge 9.8. Koyun etlerine 15, 30 ve 45 gün boyunca kaplama materyalleri ve paketlenme işlemleri uygulanması sonucu TMAB sayısına ait analiz sonuçları.

Uygulama		0.gün	15.gün	30.gün	45.gün
Toplam Mezofil Aerob Bakteri (log CFU/g)					
Vakum	Et	1.61±0.03 ^c	2.08±0.04 ^{b1}	2.19±0.04 ^{b1}	2.37±0.04 ^{a1}
	%1 CH+Et	1.61±0.03 ^d	1.82 ±0.03 ^{c2}	2.11±0.02 ^{b1}	2.22±0.03 ^{a2}
	%1.5 LAE+Et	1.61±0.03 ^b	1.77±0.04 ^{a2}	1.47±0.04 ^{c3}	1.37±0.03 ^{c3}
	CH+LAE+Et	1.61±0.03 ^a	1.52±0.03 ^{ab3}	1.48±0.03 ^{b3}	1.22±0.02 ^{c4}
Toplam Mezofil Aerob Bakteri (log CFU/g)					
MAP	Et	1.61±0.03 ^c	2.06±0.04 ^{b1}	2.12±0.03 ^{b1}	2.24±0.01 ^{a2}
	%1 CH+Et	1.61±0.03 ^c	1.63±0.03 ^{c3}	1.95±0.02 ^{b2}	2.15±0.03 ^{a2}
	%1.5 LAE+Et	1.61±0.03 ^a	1.61±0.02 ^{a3}	1.42±0.02 ^{b3}	1.17±0.02 ^{c45}
	CH+LAE+Et	1.61±0.03 ^a	1.38±0.03 ^{b4}	1.23±0.03 ^{c4}	1.10±0.02 ^{d5}

Farklı üst simgeler içeren satır bazında (alfabe) ve sütun bazında (sayısal) önemli ölçüde farklılık gösterir ($p<0.05$).

MAP'ta kontrol grubu ve kitosan aynı düzeyde etki göstermiştir. CH+LAE kaplamalar modifiye atmosfer paketlenmede en iyi sonucu sağlamış ve antimikrobiyal özellik göstermişlerdir. CH+LAE kombinasyonundan sonra LAE grubu etkili olmuştur. Vakum paketlenmede LAE ve CH+LAE kaplama 45 gün boyunca antimikrobiyal etki göstermiş olup kitosanın tek başına antimikrobiyal etkisi bulunamamıştır. López-Caballero vd. (2005), morina balığı köftelerini kitosan ile

kaplama yaptıkları çalışmada kitosanın TVB-N değerleri üzerinde önemli etkisi belirlenmemiş ve antimikrobiyal etkisi gözlemlenememiştir. Soultos vd. (2008), kitosanın 4 °C’de 28 gün boyunca analiz ettikleri Yunan tipi sucuklarında toplam bakteri sayısında önemli bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir. Modifiye atmosfer paketlenmede TMAB sayısı başlangıç değeri 1.61 log kob/g olup, 45. günün sonunda kontrol, kitosan, LAE ve CH+LAE sonuçları sırasıyla, 2.24 log kob/g, 2.15 log kob/g, 1.17 log kob/g ve 1.10 log kob/g olarak belirlenmiştir. Mahan, (2007), çalışmasında farklı konsantrasyonlara sahip kitosanın vakum paketlenen sosisler üzerinde 60 gün boyunca 4 °C’de analizi sonucu kitosanın toplam mezofil aerob üzerine antimikrobiyal etki gösterdiğini bildirmiştir.

Analiz sonuçlarında 45 gün boyunca en iyi sonuç CH+LAE kaplamalı koyun eti numunelerinde gözlemlenmiş olup gruplar arasında da en etkili sonuç CH+LAE kaplamalı gruplarda tespit edilmiştir. Kaplama materyalleri arasında ise en iyi sonucu MAP vermiştir. Vakum ambalajlamanın TMAB sayısı üzerinde 45. gün haricinde yeterli etkiyi yapmaması toplam mezofil aerob bakterilerin oksijenli solunumuna devam edip vakum paketlenen oksijensiz ortamın mikroorganizma gelişimini durdurmada yetersiz kalması olabilir.

9.5 Laktik Asit Bakteri Analiz Sonuçları

Çalışma sonucunda laktik asit bakterilerinin başlangıç değeri 1.90 log kob/g olup 7. günün sonunda 3.88 log kob/g olarak belirlenmiştir (Çizelge 9.9.). Analiz sonucunda LAE ve CH+LAE kaplamalı koyun etleri 7 gün süre içinde en iyi etkiyi göstermiş olup kontrol grubuyla arasında istatistiki açıdan fark ($p<0.05$) bulunmuştur.

Çizelge 9.9. Kaplama materyali uygulanan koyun etlerinin 0-7 gün boyunca laktik asit bakteri sayısına ait analiz sonuçları.

	0.gün	3.gün	5.gün	7.gün
	Laktik Asit Bakterileri (log CFU/g)			
Et	1.90±0.02 ^d	2.60±0.06 ^{c1}	3.22±0.06 ^{b1}	3.88±0.04 ^{a1}
%1 CH+Et	1.90±0.02 ^c	1.95±0.03 ^{c2}	2.64±0.04 ^{b2}	3.20±0.06 ^{a2}
%1.5 LAE+Et	1.90±0.02 ^a	1.84±0.04 ^{ab23}	1.76±0.05 ^{b3}	1.72±0.04 ^{b3}
CH+LAE+Et	1.90±0.02 ^a	1.75±0.05 ^{ab3}	1.69±0.05 ^{b3}	1.62±0.06 ^{b3}

Farklı üst simgeler içeren satır bazında (alfabe) ve sütun bazında (sayısal) önemli ölçüde farklılık gösterir ($p<0.05$).

Gruplar arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir. Sharafati-Chaleshtori vd. (2016), okaliptüs ve kimyon uçucu yağların kitosan ile birlikte tavuk eti üzerine

analizini gerçekleştirmiş ve analizin son günü olan 9. günde laktik asit bakterileri sayısında azalma gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Altieri vd. (2005), 4 °C’de yaklaşık 10 gün depolanan mozzarella peynirlerinde kitosanın laktik asit bakterilerinin başlangıçta yaklaşık 2 log kob/g olup 21. günün sonunda yaklaşık 7 log kob/g bulunarak kitosanın büyümesini etkilemeyip az da olsa arttırdığını bildirmişlerdir. Dini vd. (2020), dana filetoları üzerindeki çalışmada, kitosan+kimyon esansiyel yağı+düşük doz gama ışınlamasının laktik asit bakterilerinin büyümesini geciktirdiği bildirilmiştir.

Laktik asit bakterileri, CO₂ altında paketlenmiş etlerde dominant organizmadır (Jay, 1986). Vakum paketlenme ve modifiye atmosfer paketlenme uygulanan koyun etlerinin laktik asit bakteri sonuçları Çizelge 9.10.’ da verilmiştir.

Çizelge 9.10. Koyun etlerine 15, 30 ve 45 gün boyunca kaplama materyalleri ve paketlenme işlemleri uygulanması sonucu laktik asit bakteri sayısına ait analiz sonuçları.

Uygulama		0.gün	15.gün	30.gün	45.gün
Laktik Asit Bakterileri (log CFU/g)					
Vakum	Et	1.90±0.02 ^d	2.48±0.07 ^{c1}	3.18±0.08 ^{b1}	3.42±0.05 ^{a1}
	%1 CH+Et	1.90±0.02 ^c	1.83±0.04 ^{c3}	2.17±0.08 ^{b3}	2.96±0.07 ^{a2}
	%1.5 LAE+Et	1.90±0.02 ^a	1.77±0.05 ^{a3}	1.73±0.05 ^{a4}	1.46±0.07 ^{b4}
	CH+LAE+Et	1.90±0.02 ^a	1.70±0.04 ^{b3}	1.62±0.05 ^{b4}	1.43±0.04 ^{c4}
Laktik Asit Bakterileri (log CFU/g)					
MAP	Et	1.90±0.02 ^d	2.22±0.04 ^{c2}	2.78±0.07 ^{b2}	3.36±0.09 ^{a1}
	%1 CH+Et	1.90±0.02 ^a	1.85±0.06 ^{a3}	1.12±0.04 ^{b5}	1.78±0.04 ^{a3}
	%1.5 LAE+Et	1.90±0.02 ^a	1.77±0.04 ^{b3}	1.73±0.04 ^{b4}	1.69±0.04 ^{b3}
	CH+LAE+Et	1.90±0.02 ^a	0.94±0.06 ^{b4}	0.86±0.06 ^{b6}	0.77±0.05 ^{b5}

Farklı üst simgeler içeren satır bazında (alfabe) ve sütun bazında (sayısal) önemli ölçüde farklılık gösterir ($p<0.05$).

MAP’ta kitosan bakteriyostatik etki, LAE ve CH+LAE’ de antimikrobiyal etki göstermiştir. Vakum paketlenmede LAE ve CH+LAE kaplama antimikrobiyal etki göstermiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Fernández-López vd. (2008), farklı paketlenme materyallerinin deve kuşu bifteklerinin üzerine yaptıkları çalışmada, laktik asit bakterilerinin muhafaza süresi boyunca ve paketlenme koşulları bağlı olarak farklılıklar olduğunu bildirmişlerdir ($p<0.05$). Insausti vd. (2001), modifiye atmosfer paketlenmede sığır bifteklerin de laktik asit bakterilerinde 10⁷ kob/g düzeyinden az bulmuşlardır ($p<0.05$). MAP, vakum paketlenmeye göre daha iyi etki göstermiştir.

9.6 Maya-Küf Analiz Sonuçları

Koyun etlerinde yapılan maya küf analizinde başlangıç 1.47 log kob/g, analizin 7. gününde ise 1.78 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Maya-küf analiz sonuçları istatistiki açıdan önemli ölçüde farklılık ($p<0.05$) göstermiştir (Çizelge 9.11.).

Çizelge 9.11. Kaplama materyali uygulanan koyun etlerinin 0-7 gün boyunca maya-küf sayısına ait analiz sonuçları.

	0.gün	3.gün	5.gün	7.gün
	Maya-Küf (log CFU/g)			
Et	1.47±0.08 ^b	1.98±0.09 ^{a1}	1.97±0.13 ^{a1}	1.78±0.04 ^{a1}
%1 CH+Et	1.47±0.08 ^b	1.52±0.08 ^{ab2}	1.64±0.05 ^{ab2}	1.71±0.04 ^{a1}
%1.5 LAE+Et	1.47±0.08 ^a	1.42±0.05 ^{a2}	1.38±0.05 ^{a3}	1.26±0.06 ^{a2}
CH+LAE+Et	1.47±0.08 ^a	1.29±0.06 ^{a2}	1.35±0.05 ^{a3}	1.04±0.05 ^{b3}

Farklı üst simgeler içeren satır bazında (alfabe) ve sütun bazında (sayısal) önemli ölçüde farklılık gösterir ($p<0.05$).

CH+LAE kaplanan et örneklerinde diğer gruplara kıyasla maya-küf sayısında azalış meydana gelmiştir. LAE kaplama maya-küf üzerinde bakteriyostatik etki göstermiştir. CH+LAE kaplama ise maya-küf üzerinde antimikrobiyal etki göstermiştir. Moller vd. (2022), kitosan ve alil izotiyosiyanat ile kaplanan tavukgöğsü etlerinde maya- küf analizinde 3 log azalma meydana geldiğini ($p<0.05$) bildirmiştir. LAE'nin küflere ve mayalara karşı geniş bir antimikrobiyal aktivite spektrumuna sahip olduğu tespit edilmiştir (Zhuang vd., 2020).

Çizelge 9.12.'de maya-küf üzerinde vakum ambalajlama ve modifiye atmosfer paketlenmenin farklı kaplamalar kullanılması sonucu 45 gün boyunca analiz sonuçları gösterilmiştir. Gruplar açısından istatistiki olarak önemli ölçüde farklılık bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 9.12. Koyun etlerine 15, 30 ve 45 gün boyunca kaplama materyalleri ve paketleme işlemleri uygulanması sonucu maya-küf sayısına ait analiz sonuçları.

Uygulama		0.gün	15.gün	30.gün	45.gün
Maya-Küf (log CFU/g)					
Vakum	Et	1.47±0.08 ^b	1.64±0.07 ^{ab1}	1.71±0.06 ^{a1}	1.72±0.06 ^{a1}
	%1 CH+Et	1.47±0.08 ^a	1.36±0.06 ^{a3}	1.57±0.04 ^{a1}	1.43±0.06 ^{a2}
	%1.5 LAE+Et	1.47±0.08 ^a	1.19±0.07 ^{b4}	1.17±0.06 ^{b2}	1.10±0.06 ^{b34}
	CH+LAE+Et	1.47±0.08 ^a	1.23±0.06 ^{b34}	1.12±0.07 ^{b2}	1.05±0.06 ^{b34}
Maya-Küf (log CFU/g)					
MAP	Et	1.47±0.08 ^a	1.56±0.06 ^{a12}	1.58±0.07 ^{a1}	1.59±0.07 ^{a12}
	%1 CH+Et	1.47±0.08 ^a	1.49±0.07 ^{a12}	1.56±0.10 ^{a1}	1.62±0.08 ^{a12}
	%1.5 LAE+Et	1.47±0.08 ^a	1.40±0.07 ^{ab23}	1.22±0.06 ^{b2}	1.20±0.04 ^{b3}
	CH+LAE+Et	1.47±0.08 ^a	0.97±0.06 ^{b5}	1.07±0.08 ^{b2}	0.93±0.10 ^{b4}

Farklı üst simgeler içeren satır bazında (alfabe) ve sütun bazında (sayısal) önemli ölçüde farklılık gösterir ($p<0.05$).

Vakum paketlemede kitosan kaplama bakteriyostatik etki göstermiş olup LAE, CH+LAE ise antimikrobiyal etki göstermiştir. MAP'ta da yine kitosan kaplama bakteriyostatik etki göstermiş olup, LAE, CH+LAE de yine antimikrobiyal etki göstermiştir. 45. günün sonunda modifiye atmosfer paketleme, vakum paketlemeye göre daha iyi etki göstermiştir.

Gaikwad vd. (2017), düşük yoğunluklu polietilen filmlere LAE ilave edilmesiyle miselyum gelişimine karşı önemli antimikrobiyal özellik göstermiştir. Mantar gelişimini azaltarak çileklerin kalitesini korumada LAE'nin etkili olduğu bildirilmiştir.

9.7 *Enterococcus spp.* Analiz Sonuçları

Çalışma sonucunda *Enterococcus spp.* sayısı başlangıçta 1.27 log kob/g, 7. günün sonunda ise 4.78 log kob/g olarak belirlenmiştir (Çizelge 9.13.). Gruplar arasında istatistiki açıdan önemli farklılık ($p<0.05$) bulunmuştur. LAE başlangıçta 1.27 log kob/g değerinde olup 7.günün sonunda 1.44 log kob/g, CH+LAE ise başlangıçta 1.27 kob/g olup 7. günün sonunda 1.33 log kob/g olarak belirlenmiştir.

Çizelge 9.13. Kaplama materyali uygulanan koyun etlerinin 0-7 gün boyunca *Enterococcus spp.* sayısına ait analiz sonuçları.

	0.gün	3.gün	5.gün	7.gün
<i>Enterococcus spp. (log CFU/g)</i>				
Et	1.27±0.03 ^d	2.22±0.02 ^{c1}	3.44±0.03 ^{b1}	4.78±0.02 ^{a1}
%1 CH+Et	1.27±0.03 ^b	1.33±0.03 ^{b2}	1.56±0.03 ^{a2}	1.62±0.03 ^{a2}
%1.5 LAE+Et	1.27±0.03 ^b	1.29±0.03 ^{b2}	1.33±0.03 ^{b3}	1.44±0.03 ^{a3}
CH+LAE+Et	1.27±0.03 ^a	1.27±0.02 ^{a2}	1.29±0.04 ^{a3}	1.33±0.04 ^{a3}

Farklı üst simgeler içeren satır bazında (alfabe) ve sütun bazında (sayısal) önemli ölçüde farklılık gösterir ($p<0.05$).

Enterokoklar gram-pozitif koklardır (Ergin vd., 2013). LAE'nin gram-pozitif bakterilere karşı güçlü bir antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu yapılan çalışmalar sonucunda kanıtlanmıştır. CH+LAE çözeltisi *Enterococcus spp.* üzerinde bakteriyostatik etki göstermiştir. Farklı kaplama materyallerinin 7 gün analizi sonucunda tüm gruplarda üreme hızını düşürücü etki göstermiştir. Wang vd. (2020), yaptıkları çalışma sonucunda kitosanın *E. faecalis* biyofilmi üzerinde önemli bir antibakteriyel etki gösterdiğini bildirmiştir.

Koyun etlerine 45 gün boyunca vakum ambalajlama ve modifiye atmosfer paketleme uygulamalarının *Enterococcus spp.* üzerine etkisini gösteren Çizelge 9.14.'te gösterilmiştir.

Çizelge 9.14. Koyun etlerine 15, 30 ve 45 gün boyunca kaplama materyalleri ve paketleme işlemleri uygulanması sonucu *Enterococcus spp.* sayısına ait analiz sonuçları.

Uygulama		0.gün	15.gün	30.gün	45.gün
<i>Enterococcus spp. (log CFU/g)</i>					
Vakum	Et	1.27±0.03 ^b	1.51±0.04 ^{a1}	1.60±0.04 ^{a1}	1.63±0.03 ^{a1}
	%1 CH+Et	1.27±0.03 ^c	1.45 ±0.04 ^{b1}	1.56±0.03 ^{a1}	1.60±0.03 ^{a1}
	%1.5 LAE+Et	1.27±0.03 ^b	1.32±0.03 ^{ab2}	1.36±0.04 ^{ab2}	1.42±0.05 ^{a2}
	CH+LAE+Et	1.27±0.03 ^a	1.23±0.02 ^{ab2}	1.13±0.03 ^{b3}	1.03±0.04 ^{c34}
<i>Enterococcus spp. (log CFU/g)</i>					
MAP	Et	1.27±0.03 ^a	1.23±0.04 ^{ab2}	1.17±0.03 ^{ab3}	1.14±0.03 ^{b3}
	%1 CH+Et	1.27±0.03 ^a	1.22±0.03 ^{ab2}	1.12±0.03 ^{b3}	1.13±0.04 ^{b3}
	%1.5 LAE+Et	1.27±0.03 ^a	1.20±0.06 ^{ab2}	1.12±0.03 ^{bc3}	1.02±0.04 ^{c34}
	CH+LAE+Et	1.27±0.03 ^a	1.05±0.04 ^{b3}	0.97±0.03 ^{b4}	0.95±0.04 ^{b4}

Farklı üst simgeler içeren satır bazında (alfabe) ve sütun bazında (sayısal) önemli ölçüde farklılık gösterir ($p<0.05$).

Vakum paketleme kontrol grubunda başlangıç değeri 1.27 log kob/g olan koyun etleri 45. günün sonunda 1.63 log kob/g olarak belirlenmiştir. Vakum paketlemede 45. günün sonunda kitosan, LAE, CH+LAE sırasıyla 1.60 log kob/g, 1.42 log kob/g

ve 1.03 log kob/g olarak saptanmıştır. Vakum paketleme uygulanan CH+LAE grubu analiz süresi boyunca antimikrobiyal etki göstermiştir. Gruplar arasında CH+LAE uygulanan etler en iyi sonucu vermiştir.

Modifiye atmosfer paketlemede kontrol grubunda koyun etinin başlangıç değeri 1.27 log kob/g olarak bulunmuş bu değer 45. günün sonunda 1.14 log kob/g olarak bulunmuştur. MAP'ta kitosan, LAE, CH+LAE gruplarının 45. günün sonunda analiz sonuçları 1.13 log kob/g, 1.02 log kob/g ve 0.95 log kob/g olarak saptanmıştır. Modifiye atmosfer paketlemede LAE çözeltisi en iyi antimikrobiyal etkiyi göstermiştir. MAP uygulaması vakum paketlemeye göre daha iyi sonuç vermiştir. CH+LAE ile kaplanan etler *Enterococcus spp.* artış hızını azaltmış ve başlangıç değerine oranla azalma görülmüştür.

9.8 Koagülaz pozitif *Staphylococcus* Sonuçları

0 ila 7 gün arasında analizi gerçekleşen koyun etleri başlangıçta 1.56 log kob/g olup 7. günde 4.30 log kob/g olarak tespit edilmiştir (Çizelge 9.15.).

Çizelge 9.15. Kaplama materyali uygulanan koyun etlerinin 0-7 gün boyunca Koagülaz pozitif *Staphylococcus* sayısına ait analiz sonuçları.

	0.gün	3.gün	5.gün	7.gün
Koagülaz pozitif <i>Staphylococcus</i> (log CFU/g)				
Et	1.56±0.04 ^d	2.92±0.04 ^{c1}	3.77±0.02 ^{b1}	4.30±0.02 ^{a1}
%1 CH+Et	1.56±0.04 ^d	2.60±0.05 ^{b2}	2.36±0.05 ^{c2}	3.44±0.04 ^{a2}
%1.5 LAE+Et	1.56±0.04 ^c	1.79±0.02 ^{b3}	1.85±0.03 ^{b3}	1.97±0.03 ^{a3}
CH+LAE+Et	1.56±0.04 ^a	1.27±0.04 ^{b4}	1.17±0.02 ^{b4}	0.93±0.03 ^{c4}

Farklı üst simgeler içeren satır bazında (alfabe) ve sütun bazında (sayısal) önemli ölçüde farklılık gösterir ($p<0.05$).

Kitosan, LAE ve CH+LAE 7. günün sonunda sırası ile 3.44 log kob/g, 1.97 log kob/g ve 0.93 log kob/g olarak bulunmuştur. CH+LAE kaplanan etler analiz süresi boyunca antimikrobiyal etki göstermiştir ve kontrol grubuna kıyasla yavaşlatıcı etki sağlamıştır. Koagülaz pozitif *Staphylococcus*'un en önemli gruplarından bir tanesi *Staphylococcus aureus*'tur. Yapılan farklı çalışmalar sonucunda LAE'nin *Staphylococcus aureus* üzerinde etkili olduğu kanıtlanmıştır (Becerril vd., 2013; Ma vd., 2013; Nair vd., 2014; Sharma vd., 2013). Pattanayaiying vd. (2014) ve Soni vd. (2010), tarafından yapılan çalışmalarda, LAE'nin *Staphylococcus aureus*'u kısa bir

süre içerisinde bakteri popülasyonunun en az 3.5 log CFU/mL azaltığı gözlemlenmiştir.

Vakum ve MAP uygulanmış koyun etleri Çizelge 9.16.'da gösterilmiştir. Vakum paketlemede kontrol grubunda başlangıç değeri 1.56 log kob/g olup 45.günün sonunda bu değer 1.76 log kob/g'a ulaşmıştır.

Çizelge 9.16. Koyun etlerine 15, 30 ve 45 gün boyunca kaplama materyalleri ve paketleme işlemleri uygulanması sonucu Koagülaz pozitif *Staphylococcus* sayısına ait analiz sonuçları.

Uygulama		0.gün	15.gün	30.gün	45.gün
Koagülaz pozitif <i>Staphylococcus</i> (log CFU/g)					
Vakum	Et	1.56±0.04 ^c	1.88±0.04 ^{a1}	1.53±0.02 ^{c1}	1.76±0.03 ^{b1}
	%1 CH+Et	1.56±0.04 ^a	1.53±0.02 ^{a2}	1.24±0.02 ^{b2}	1.22±0.02 ^{b3}
	%1.5 LAE+Et	1.56±0.04 ^a	1.22±0.02 ^{b3}	1.06±0.02 ^{c34}	0.89±0.04 ^{d56}
	CH+LAE+Et	1.56±0.04 ^a	1.19±0.02 ^{b3}	1.02±0.03 ^{c34}	0.77±0.06 ^{d6}
Koagülaz pozitif <i>Staphylococcus</i> (log CFU/g)					
MAP	Et	1.56±0.04 ^a	1.38±0.06 ^{a2}	1.46±0.04 ^{a1}	1.48±0.05 ^{a2}
	%1 CH+Et	1.56±0.04 ^b	1.74±0.06 ^{a1}	1.18±0.05 ^{c23}	1.03±0.04 ^{c4}
	%1.5 LAE+Et	1.56±0.04 ^a	1.14±0.05 ^{b34}	0.97±0.09 ^{b4}	0.93±0.05 ^{b45}
	CH+LAE+Et	1.56±0.04 ^a	1.04±0.06 ^{b4}	0.78±0.08 ^{c5}	0.43±0.04 ^{d5}

Farklı üst simgeler içeren satır bazında (alfabe) ve sütun bazında (sayısal) önemli ölçüde farklılık gösterir ($p<0.05$).

Kitosan, LAE ve CH+LAE kaplanan koyun etleri 45. günün sonunda 1.22 log kob/g, 0.89 log kob/g ve 0.77 log kob/g değerinde saptanmıştır. LAE ve CH+LAE uygulaması vakum ambalajlamada Koagülaz pozitif *Staphylococcus* üzerinde antimikrobiyal etki göstermiştir. *Staphylococcus aureus*, Koagülaz pozitif *Staphylococcus*'un önemli bir grubudur. Modifiye atmosfer paketleme uygulamasında ise başlangıç değeri kontrol grubunda 1.56 log kob/g olup 45. günün sonunda 1.48 log kob/g olarak belirlenmiştir. Modifiye atmosfer paketlemede kitosan, LAE ve CH+LAE grupları 45. günün sonunda 1.03 log kob/g, 0.93 log kob/g ve 0.43 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Paketlemeler kıyaslandığında modifiye atmosfer paketleme, vakum paketlemeye göre daha iyi etki göstermiştir.

Economou vd. (2022), çalışmalarında kitosan kaplamaların, sığır ve koyun eti parçalarındaki *S. aureus* konsantrasyonlarını yaklaşık 1.5 log kob/g azalttığını bildirmiştir.

Kanatt vd. (2013), çalışmalarında koyun eti kebablarında kitosan kaplamanın (%2) *Staphylococcus aureus* sayısını 2-3 log kob/g oranında azalttığını ve kitosanın bakterisidal etkisi olduğunu bildirmiştir.



10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada farklı konsantrasyonlarda LAE ve CH ile kaplanmış koyun etleri soğuk ortam koşullarında (4 °C) vakum ambalajlama ve modifiye atmosfer paketlenme uygulanarak iki grup halinde yedi gün ve kırk beş gün boyunca muhafaza edilmiştir. Sadece kaplama materyali uygulanan ve herhangi bir paketlenme işlemine tabii tutulmayan etler ise 7 gün boyunca 4 °C muhafaza edilmiştir. Numunelerin bu süreçler boyunca mikrobiyolojik ve kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. %1.5 LAE eklenen grupların mikrobiyolojik değerlerinde kitosana oranla azalış gözlemlenmiştir. LAE, TVB-N ve TBA değerlerinde de aynı başarıyı göstermiştir. Özellikle CH+LAE ile muamele edilen numunelerin değerleri tüm gruplarda düşük bulunmuştur. Çalışmada kullanılan LAE'nin %1.5 konsantrasyonu mikroorganizmalara karşı hızlı ve güçlü bir antimikrobiyal etki göstermiştir. Güçlü bir antimikrobiyal olan LAE'nin çalışmada hem tek başına kullanılması hem de kitosan ile kullanılması sonucunda koyun etlerinin kimyasal, mikrobiyolojik kalitesi ve depolama süresi üzerinde olumlu sonuçlar göstermiştir. Çıkan bu sonuçlar ışığında %1.5 LAE'nin kullanılması koyun etlerinin raf ömürlerinin uzatılmasında ve bozulmayı geciktirmede etkili olduğu görülmüştür.

LAE'nin hem gram-pozitif hem de gram-negatif bakteriler üzerindeki potansiyel aktivitesi hem de antimikrobiyal etkinliği açısından önemli ve yeni bir antimikrobiyal ajandır buda LAE'nin kullanımını ilgi çekici kılmaktadır. Literatür incelemesinde LAE ile ilgili olarak genellikle mikroorganizmalar üzerinde yapılan çalışmalar görülmektedir. LAE'nin düşük dozlarda yüksek etkinlik gösterebilmesi, toksitesinin olmaması ve güvenli olarak kabul edilmesinden dolayı gıda sektörü için kullanım potansiyeli oldukça yüksektir. Etil lauroil arginat yeni çalışma alanlarının oluşturulmasında ve farklı gıdalar üzerinde kullanılarak etkisi genişletilebilir.

KAYNAKLAR

- Aksoy, A. R., 2003. Hayvan ıslahı ders notları, Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Kars.
- Akkaya, E., 2019. Farklı enzim uygulamalarının ve olgunlaştırma yöntemlerinin sığır etlerinin kalite parametreleri ve raf ömrü üzerine etkisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Agunbiade, S. O., Akintobi, O. A. ve Ighodaro, O. M., 2010. Some biochemical and organoleptic changes due to microbial growth in minced beef packaged in aluminium polyethylene trays and stored under chilled condition, life science journal 7, 2, 47-51.
- Altieri C., Srocco C., Sinigaglia M. ve Del-Nobile, M. A., 2005. Use of chitosan to prolong mozzarella cheese, shelf life, Journal of Dairy Science, 88, 2683-2688.
- Arashisar, Ş., Hisar, O., Kaya, M. ve Yanik, T., 2004. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets, International Journal of Food Microbiology, 97, 209-214.
- Assanti, E., Karabagias, V. K., Karabagias, I. K., Badeka, A. ve Kontominas, M. G., 2021. Shelf life evaluation of fresh chicken burgers based on the combination of chitosan dip and vacuum packaging under refrigerated storage, Journal of Food Science and Technology, 58, 3, 870-883.
- Azeredo, H. M. C., Otoni, C. G. ve Mattoso, L. H., 2022. Edible films and coatings- Not just packaging materials, Current Research in Food Science, 5, 1590-1595.
- Aşık, E. ve Candoğan, K., 2014. Effects of chitosan coatings incorporated with garlic oil on quality characteristics of shrimp, Journal of Food Quality, 37, 4, 237-246.
- Aldayel, M. F., 2022. The synergistic effect of capsicum aqueous extract (*Capsicum annuum*) and chitosan against multidrug-resistant bacteria, Journal of King Saud University- Science, 35, 2, 102438.
- Alves, J. S., Reis, K. C., Menezes, E. G. T., Pereira, F. V. ve Pereira, J., 2015. Effect of cellulose nanocrystals and gelatin in corn starch plasticized films, Carbohydrate Polymers, 115, 215-222.
- Aloui, H. ve Khwaldia, K., 2016. Natural antimicrobial edible coatings for microbial safety and food quality enhancement, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 15, 6, 1080-1103.
- Andrade, R., Skurtys, O., Osorio, F., Zuluaga, R., Gañán, P. ve Castro, C., 2014. Wettability of gelatin coating formulations containing cellulose nanofibers on banana and eggplant epicarps, LWT-Food Science and Technology, 58, 1, 158-165.

- Abere, D. V., Ojo, S.A., Paredes-Epinosa, M.B. ve Hakami, A., 2022. Derivation of composites of chitosan-nanoparticles from crustaceans source for nanomedicine: a mini review, *Biomedical Engineering Advances*, 4, 100058.
- Arshad, M., Huang, L. ve Ullah, A., 2016. Lipid-derived monomer and corresponding bio-based nanocomposites, *Polymer International*, 65, 6, 653-660.
- Akşehir, K., 2013. Ak Dut (*Morus alba*) ve Kara Dut (*Morus nigra*) meyvelerinden elde edilen yenilebilir filmlerin karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Anis, A., Pal, K. ve Al- Zahrani, S.M., 2021. Essential oil-containing polysaccharide-based edible films and coatings for food security applications, *Polymers*, 13, 4, 575.
- Abdel-Naeem, H. H. S., Zayed, N. E. R. ve Mansour, H. A., 2021. Effect of chitosan and lauric arginate edible coating on bacteriological quality, deterioration criteria, and sensory attributes of frozen stored chicken meat, *LWT-Food Science and Technology*, 150, 111928.
- Ansorena, M. R., Zubeldía, F. ve Marcovich, N. E., 2016. Active wheat gluten films obtained by thermoplastic processing, *LWT-Food Science and Technology* 69, 47-54.
- Al-Rooqi, M. M., Hassan, M. M., Moussa, Z., Obaid, R. J., Suman, N. H., Wagner, M. H., Natto, S. S. A. ve Ahmed, S. A., 2022. Advancement of chitin and chitosan as promising biomaterials, *Journal of Saudi Chemical Society*, 26, 6, 101561.
- Aguirre-Joya, J. A., Pastrana-Castro, L., Nieto-Oropeza, D., Ventura-Sobrevilla, J., Rojas-Molina, R. ve Aguilar, C. N., 2018. The physicochemical, antifungal and antioxidant properties of a mixed polyphenol based bioactive film, *Heliyon*, 4, 12, e00942.
- Anonymous (1984a). Difco Manual, Tenth Edition, Detroit Michigan USA.
- Anonymous (1984b). International Organization For Standardization: Enumeration of *Lactobacteriaceae* in meat and meat products. ISO/TC 34/SC 6/WG 15, No: 3 and 5.
- Anonymous (1995). The oxoid manual, compiled by EY Bridson, 7th. Ed. Oxoid Ltd. Basingstoke, Hampshire.
- Beyaz, D., 2007. Koyun karkaslarının mikrobiyal kalitesi üzerine laktik asit sprey uygulamasının etkisi, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Binnie, M. A., Barlow, K., Johnson, V. ve Harrison, C., 2014. Red meats: Time for a paradigm shift in dietary advice, *Meat Science*, 98, 3, 445-451.

- Barbosa, M. A., Pego, A. P. ve Amaral, I. F., 2011. Chitosan, *Comprehensive Biomaterials*, 2, 221-237.
- Becerril, R., Manso, S., Nerin, C. ve Gómez-Lus, R., 2013. Antimicrobial activity of Lauroyl Arginate Ethyl (LAE), against selected food-borne bacteria, *Food Control*, 32, 2, 404-408.
- Bourtoom, T., 2008. Edible films and coatings: characteristics and properties, *International Food Research Journal*, 15, 3, 237-248.
- Brasil, L. M., Gomes, C., Gomez, A. P., Castell-Perez, M. E. ve Moreira, R. G., 2012. Polysaccharide-based multilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh-cut papaya, *LWT-Food Science and Technology*, 47, 1, 39-45.
- Bodbodak, S. ve Moshfeghifar, M., 2016. Advances in controlled atmosphere storage of fruits and vegetables, *Eco-Friendly Technology for Postharvest Produce Quality*, 39-76.
- Berk, Z., 2018. Food packaging, *Food Process Engineering and Technology*, Third Edition, *Food Science and Technology*, 625-641.
- Bechstein, D.V., Popp, J., Sudhaus-Joern, N. ve Krischek, C., 2019. Effect of ethyl-lauroyl-arginate hypochloride in combination with high hydrostatic pressure processing on the microbial load and physico-chemical characteristics of minced and portioned chicken breast meat, *Poultry Science*, 98, 2, 966-976.
- Beterams, A., Tolksdorf, T., Martin, A., Stingl, K., Bandick, N. ve Reich, F., 2023. Change of *Campylobacter*, *Escherichia coli* and *Salmonella* counts in packaged broiler breast meat stored under modified atmosphere and vacuum conditions at 4 and 10 °C based on cultural and molecular biological quantification, *Food Control*, 145, 109337.
- Bishnoi, S., Trifol, J., Moriana, R. ve Mendes, A. C., 2022. Adjustable polysaccharides-proteins films made of aqueous wheat proteins and alginate solutions, *Food Chemistry*, 391, 133196.
- Bennett, R. W., ve Lancette, G. A., 1998. *Staphylococcus aureus* In “FDA’s Bacteriological Analytical Manual” 8 th Edition, Revision A, Chapter 12.
- Bağdatlı, A. B. ve Kayaardı, S., 2010. Et ve et ürünlerinde kullanılan paketleme yöntemleri, *Akademik Gıda*, 8, 2, 24-30.
- Bingöl, E. B., 2009. Farklı modifiye atmosfer paketleme (MAP) uygulamalarının deveduğu etinin mikrobiyolojik kalitesi ve raf ömrü üzerine etkileri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Can, Ö. P. ve Patır, B., 2012. Kitosan Kaplamanın Gökkuşuğı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) Filetolarının Raf Ömrü Üzerine Etkisi, *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 42, 4, 148-154.

- Ching, X. L., Zainal, N. A. A. B., Luang-in, V. ve Ma, N. L., 2022. Lab-based meat the future food, *Environmental Advances*, 10, 100315.
- Church, I. J. ve Parsons, A. L., 1995. Modified atmosphere packaging technology: a review, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 67, 143-152.
- Casteleijn, M. G., Richardson, D., Parkkila, P., Granqvist, N., Urtti, A. ve Viitala, T., 2018. Spin coated chitin films for biosensors and its analysis are dependent on chitin-surface interactions, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 539, 261-272.
- Carneiro-da-Cunha, M. G., Cerqueira, M. A., Souza, B. W. S, Souza, M. P., Teixeira, J. A. ve Vicente, A. A., 2009. Physical properties of edible coatings and films made with a polysaccharide from *Anacardium occidentale* L., *Journal of Food Engineering*, 95, 3, 379-385.
- Croisier, F. ve Jérôme, C., 2013. Chitosan-based biomaterials for tissue engineering, *European Polymer Journal*, 49, 4, 780-792.
- Cabiroğlu, S., 2022. Yağ, şeker ve protein ağırlıklı beslenmenin *Drosophila melanogaster*'de genotoksik potansiyele etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Cheong, J.H., Kim, K.H. ve Kim, C.R. 2001. Quality evaluations of refrigerated korean beef loins treated with trisodium phosphate and chitosan, *Korean, Journal Food Science Animal Resources*, 21, 10-17.
- Chinma, C. E., Ariahu, C. C. ve Abu. J. O., 2014. Shelf life extension of toasted groundnuts through the application of cassava starch and soy protein-based edible coating, *Nigerian Food Journal*, 32, 1, 133-138.
- Cao, Y., Gu, W., Zhang, J., Chu, Y., Ye, X., Hu, Y. ve Chen, J., 2013. Effects of chitosan, aqueous extract of ginger, onion and garlic on quality and shelf life of stewed-pork during refrigerated storage, *Food Chemistry*, 141, 3, 1655-1660.
- Chen, Y., Ye, R., Liu, J., 2014. Effects of different concentrations of ethanol and isopropanol on physicochemical properties of zein-based films, *Industrial Crops and Products*, 53, 140-147.
- Cruz-Romero, M. C., Murphy, T., Morris, M., Cummins, E. ve Kerry, J.P., 2013. Antimicrobial activity of chitosan, organic acids and nano-sized solubilisates for potential use in smart antimicrobially-active packaging for potential food applications, *Food Control*, 34, 2, 393-397.
- Cutter, C. N., 2006. Opportunities for bio-based packaging technologies to improve the quality and safety of fresh and further processed muscle foods, *Meat Science*, 74, 1, 131-142.

- Cardoso, G. P., Dutra, M. P., Fontes, P. R., Ramos, A. L. S., Gomide, L. A. M. ve Ramos, E. M., 2016. Selection of a chitosan gelatin-based edible coating for color preservation of beef in retail display, *Meat Science*, 114, 85-94.
- Çelikel, A. ve Akın, B. M., 2017. Yenilebilir filmler ve peynir teknolojisinde kullanımı, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 7, 2/2, 50-58.
- Duan, C., Meng, X., Meng, J., Khan, M. I. H., Dai, L., Khan, A., An, X., Zhang, J., Huq, T. ve Ni, Y., 2019. Chitosan as a preservative for fruits and vegetables: a review on chemistry antimicrobial properties, *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 4, 1, 11-21.
- Darmadji, P. ve Izumimoto, M., 1994. Effect of Chitosan in Meat Preservation, *Meat Science*, 38, 243-254.
- Dini, H., Fallah A. A., Bonyadian, M., Abbasyali, M. ve Soleimani, M., 2020. Effect of edible composite film based on chitosan and cumin essential oil-loaded nanoemulsion combined with low-dose gamma irradiation on microbiological safety and quality of beef loins during refrigerated storage, *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 1501-1509.
- Deepika, Prasad, M., Salar, A. ve Salar, R.K., 2022. In vitro anticancer activity of curcumin loaded chitosan nanoparticles (CLCNPs) against Vero cells, *Pharmacological Research-Modern Chinese Medicine*, 3, 100116.
- Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W. ve Lorenzo, J. M., 2019. A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products, antioxidants, 8, 429.
- Domínguez, R., Benjamin, B., Pateiro M., Munekata, P. E. S. ve Lorenzo, J. M., 2021. Chapter 4-Packaging systems, *Sustainable Production Technology in Food*, 49-69.
- Dhole, N. P., Phuge, S., Dar, M. A. ve Pandit, R. S., 2022. Screening of chitin degrading bacteria from the gut of Asian common toad *Duttaphrynus melanostictus*: Implication for valorization of chitin rich seafood waste, *Environmental Technology & Innovation*, 28, 102929.
- Dagevos, H. ve Verbeke' W., 2022. Meat consumption and flexitarianism in the low countries, *Meat Science*, 192, 108894.
- Daniels, J. A., Krishnamurthi, R. ve Rizvi, S. S. H., 1985. A review of effects of carbon dioxide on microbial growth and food quality, *Journal of Food Protection*, 48, 6, 532-537.
- Dang, T.T., Rode, T. M. ve Skipnes, D., 2021. Independent and combined effects of high pressure, microwave, soluble gas stabilization, modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and physicochemical shelf life of precooked chicken breast slices, *Journal of Food Engineering*, 292, 110352.

- Duncan, D.B., 1955, Multiple Rang, Multiple F. Test. Biometrics. 11:1-42.
- Elsabee, M. Z. ve Abdou, E. S., 2013. Chitosan based edible films and coatings: a review, Materials Science and Engineering: C, 33, 4, 1819-1841.
- Emragi, E., Kalita, D. ve Jayanty, S. S., 2022. Effect of edible coating on physical and chemical properties of potato tubers under different storage conditions, LWT, 153, 112580.
- Eldaly, E. A., Mahmoud, A. F. A. ve Abobakr, H. M. 2018. Preservative effect of chitosan coating on shelf life and sensory properties of chicken fillets during chilled storage, Journal of Nutrition and Food Security, 3, 3, 139-148.
- Ergutay F. M. ve Tomar, O., 2004. Yenilebilir film ve kaplamalar, Akademik Gıda Dergisi, 2, 4-8.
- Ebrahimi, P., Lante, A., Riccardo, M. S., Zannoni, S., Contiero, B., Catellani, P. ve Giaccone, V., 2022. Evaluation of quality and safety of beef hamburgers fortified with ozonated extra virgin olive oil, LWT, 170, 114100.
- Espitia, P. J. P., Du, W. X., Avena-Bustillos, R. J., Soares, N. F. F. ve McHugh, T. H., 2014. Edible films from pectin: physical-mechanical and antimicrobial properties-A Review, Food Hydrocolloids, 35, 287-296.
- Economou, V., Tsitsos, A., Theodoridis, A., Ambrosiadis, I. ve Arsenos, G., 2022. Effects of chitosan coatings on controlling *Listeria monocytogenes* and methicillin resistant *Staphylococcus aureus* in beef and mutton cuts, Applied Sciences, 12, 11345, 1-12.
- Estévez-Moreno, L. X. ve Lama, G. C. M., 2022. Meat consumption and consumer attitudes in México: Can persistence lead to change ?, Meat Science, 193, 108943.
- Ergin, Ö. Y., Bayram, E. D., Uzun, B., Güngör, S. ve Demirdal, T., 2013. İdrar kültürlerinden izole edilen *Enterococcus* türleri ve antibiyotik dirençleri, Ankem Dergisi, 27, 4, 173-178.
- Escamilla-García, M., Calderón-Domínguez, G., Chanona-Pérez, J.J., Farrera-Rebollo, R. R., Andraca-Adame, J. A., Arzate-Vázquez, I., Mendez-Mendez, J. V. ve Moreno-Ruiz L. A., 2013. Physical and structural characterisation of zein and chitosan edible films using nanotechnology tools, International Journal of Biological Macromolecules, 61, 196-203.
- EFSA, “Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food on a request from the Commission related to an application on the use of ethyl lauroyl arginate as a food additive”. EFSA Journal, 511, 1-27, 2007.

- EFSA (European Food Safety Authority), 2013. Refined exposure assessment of ethyl lauroyl arginate based on revised proposed uses as a food additive. EFSA Journal, 11, 6, 3294, 15.
- Falguera, V., Quintero, J. P., Jiménez, A., Muñoz, J. A. ve Ibarz, A., 2011. Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use, Trends in Food Science & Technology, 22, 6, 292-303.
- Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., Muñoz, T., Sendra, E., Navarro, C., Pérez-Alvarez, J. A., 2008. Effect of packaging conditions on shelf-life of ostrich steaks, Meat Science, 78, 1-2, 143-152.
- Floros, J. D. ve Matsos, K. I., 2005. Introduction to modified atmosphere packaging, Innovations in Food Packaging, 159-172.
- Gil, M. I. ve Kader, A. A., 2018. Fresh-cut fruit and vegetables, improving the health-promoting properties of fruit and vegetable products, Technology and Nutrition, 475-504.
- Gupta, R. K., Guha, P. ve Srivastav, P. P., 2022. Natural polymers in biodegradable / edible film: a review on environmental concerns, cold plasma technology and nanotechnology application on food packaging-A recent trends, Food Chemistry Advances, 1, 100135.
- Gounga, M. E., Xu, S. Y. ve Wang, Z., 2007. Whey protein isolate-based edible films as affected by protein concentration, glycerol ratio and pullulan addition in film formation, Journal Of Food Engineering, 83, 4, 521-530.
- Giatrakou, V., Ntzimani, A. ve Savvaidis, I. N., 2010. Combined chitosan-thyme treatments with modified atmosphere packaging on a ready-to-cook poultry product, Journal of Food Protection, 73, 4, 663-669.
- Galus, S. ve Kadzińska, J., 2015. Food applications of emulsion-based edible films and coatings, Trends in Food Science & Technology, 45, 2, 273-283.
- Guerreiro, A. C., Lago, C. M. L., Faleiro, M. L., Miguel, M. G. C. ve Antunes, M. D. C., 2015. The effect of alginate-based edible coatings enriched with essential oils constituents on *Arbutus unedo* L. fresh fruit storage, Postharvest Biology and Technology, 100, 226-233.
- García, M. A., Ferrero, C., Bertola, N., Martino, M. ve Zaritzky, N., 2002. Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 3, 4, 391-397.
- Gahruie, H. H., Hosseini, S. M. H., Taghavifard, M. H., Eskandari, M. H., Golmakani, M.T. ve Shad, E., 2017. Lipid oxidation, color changes, and microbiological quality of frozen beef burgers incorporated with shirazi thyme, cinnamon, and rosemary extracts, Journal of Food Quality, 1-9.

- Gaikwad, K. K., Lee, S. M., Lee, J. S. ve Lee, Y. S., 2017. Development of antimicrobial polyolefin films containing lauroyl arginate and their use in the packaging of strawberries, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11, 4, 1706-1716.
- Gill, C. O. ve Jones, T., 1996. The display life of retail packaged pork chops after their storage in master packs under atmospheres of N₂, CO₂ or O₂+CO₂, *Meat Science*, 42, 2, 203-213.
- Gill, C. O., 2003. Active packaging in practice: Meat, *Novel Food Packaging Techniques*, 365-383.
- Ghebleh, F., 2019. Propolis ve kekik yağı katkılı kitosan kaplamanın tavuk göğüs etlerinin kalitesine etkisi, *Doktora Tezi*, Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Gennadios, A. ve Weller, C. L., 1990. Edible films and coatings from wheat and corn proteins, *Food Technology*, 44, 10, 63-69.
- Gennadios, A., Hanna, M. A. ve Kurth, L. B., 1997. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: a review, *LWT-Food Science and Technology*, 30, 4, 337-350.
- Gurunathan, K., Tahseen, A. ve Manyam, S., 2022. Effect of aerobic and modified atmosphere packaging on quality characteristics of chicken leg meat at refrigerated storage, *Poultry Science*, 101, 12, 102170.
- Guo, Y., Huang, J., Sun, X., Lu, Q., Huang, M. ve Zhou, G., 2018. Effect of normal and modified atmosphere packaging on shelf life of roast chicken meat, *Journal of Food Safety*, 38, e12493.
- Hu, F., Zou, P. R., Zhang, F., Thakur, K., Khan, M. R., Busquets, R., Zhang, J., G. ve Wei, Z. J., 2022. Wheat gluten proteins phosphorylated with sodium tripolyphosphate: changes in structure to improve functional properties for expanding applications, *Current Research in Food Science*, 5, 1342-1351.
- Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M. ve Akhtar, N., 2018. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review, *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 1095-1107.
- Harrigan, W. F., 1998. *Laboratory methods in food microbiology*, Third Edition, Gulf Professional Publishing, London.
- Hirota, N. ve Nagai, K., 2022. Helical structures and water vapor sorption properties of carrageenan membranes derived from red algae, *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 3, 100200.
- Hoa, V. B., Song, D. H., Seol, K. H., Kang, S. M., Kim, H. W., Kim, J. H. ve Cho, S. H., 2022. Coating with chitosan containing lauric acid (C12:0) significantly

extends the shelf-life of aerobically-packaged beef steaks during refrigerated storage, *Meat Science*, 184, 108696.

Hanani, Z. A. N., Roos, Y. H. ve Kerry, J. P., 2012. Use of beef, pork and fish gelatin sources in the manufacture of films and assessment of their composition and mechanical properties, *Food Hydrocolloids*, 29, 1, 144-151.

Insausti, K., Beriain, M. J., Purroy, A., Alberti, P., Gorraiz, C., ve Alzueta, M. J., 2001. Shelf-life of beef from local Spanish cattle breeds stored under modified atmosphere, *Meat Science*, 57, 3, 273-281.

Inns, R., 1987. Modified atmosphere packaging, *Modern Processing, Packaging and Distribution Systems for Food*, 4, 36-51.

ISO 4833-2, 2013, Microbiology of the food chain-Horizontal method for the enumeration of microorganisms.

ISO 7954 (08/1988). General guidance for enumeration of Yeasts and Molds. Geneva, Switzerland.

ISO 6888-2, 1999, Microbiology of food and animal feeding stuffs- Horizontal method for the enumeration of coagulase- positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species).

Joshi, P., Becerra-Mora, N., Vargas-Lizarazo, A. Y., Kohli, P., Fisher, D. J. ve Choudhary, R., 2021. Use of edible alginate and limonene-liposome coatings for shelf-life improvement of blackberries, *Future Foods*, 4, 100091.

Jouki, M., Mortazavi, S. A., Yazdi, F. T., Koocheki, A. ve Khazaei, N., 2014. Use of quince seed mucilage edible films containing natural preservatives to enhance physico-chemical quality of rainbow trout fillets during cold storage, *Food Science and Human Wellness*, 3, 2, 65-72.

Jay, J., 1986. *Modern Food Microbiology*. (3rd Ed.), New York: Van Nostrand Reinhold Co.

Jovanović, G. D., Klaus, A. S., Nikšić, M. P., 2016. Antimicrobial activity of chitosan coatings and films against *Listeria monocytogenes* on black radish, *Revista Argentina de Microbiología*, 48, 2, 128-136.

Jo, C., Lee, J. W., Lee, K. H. ve Byun, M. W., 2001. Quality properties of pork sausage prepared with water-soluble chitosan oligomer, *Meat Science*, 59, 4, 369- 375.

Jayasingh, P., Cornforth, D. P., Brennand, C. P., Carpenter, C. E. ve Whittier, D. R., 2002. Sensory evaluation of ground beef stored in high-oxygen modified atmosphere packaging, *Journal of Food Science*, 67, 9, 3493-3496.

- Kandemir, Ç., Adanacıoğlu, H., Taşkın, T. ve Koşum, N., 2019. Koyun ve koyun eti fiyatlarının ölçekleme analizi ile karşılaştırılması, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 16, 3, 315-327.
- Khorshidi, S., Mehdizadeh, T. ve Ghorbani, M., 2021. The effect of chitosan coatings enriched with the extracts and essential oils of *Elettaria Cardamomum* on the shelf-life of chicken drumsticks vacuum-packaged at 4 °C, Journal of Food Science and Technology, 58, 8, 2924-2935.
- Küçük, G. S., Çelik, Ö. F. ve Türe, H., 2017. Yenilebilir aljinat ve zein filmlerin gıda ambalajlamasında kullanımı, Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7, 2, 295-311.
- Kennedy, C., Buckley, D. J., ve Kerry, J. P., 2004. Display life of sheep meats retail packaged under atmospheres of various volumes and compositions, Meat Science, 68, 4, 649-658.
- Kang, H. J., Kim, S. J., You, Y. S., Lacroix, M. ve Han, J., 2013. Inhibitory effect of soy protein coating formulations on walnut (*Juglans regia* L.) kernels against lipid oxidation, LWT-Food Science and Technology, 51, 1, 393-396.
- Kokoszka, S., Debeaufort, F., Hambleton, A., Lenart, A. ve Voilley, A., 2010. Protein and glycerol contents affect physico-chemical properties of soy protein isolate-based edible films, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11, 3, 503-510.
- Kozlu, A., 2020. Ayva çekirdeği müsilajının yenilebilir film kaplaması olarak bazı meyvelere uygulanması ve depolama süresince kalite özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kanatt, S. R., Chander, R. ve Sharma, A., 2004. Effect of irradiated chitosan on the rancidity of radiation-processed lamb meat, International Journal of Food Science and Technology, 39, 997-1003.
- Kanatt, S. R., Rao, M. S., Chawla, S. P. ve Sharma, A., 2013. Effects of chitosan coating on shelf-life of ready-to-cook meat products during chilled storage, LWT-Food Science and Technology, 53, 1, 321-326.
- Khan, A., Salmieri, S., Frascini, C., Bouchard, J., Riedl, B. ve Lacroix, M., 2014. Genipin cross-linked nanocomposite films for the immobilization of antimicrobial agent, ACS Applied Materials and Interfaces, 6, 17, 15232-15242.
- Kadak, A. E. ve Çelik, M., 2015. Kitosan eklenmiş hamsi marinatlarının soğuk depolanmasında meydana gelen fiziksel ve duyuşal değişimler, Alınır Ziraat Bilimleri Dergisi, 28, 1, 33-44.

- Kumar, A., Hasan, M., Mangaraj, S., Pravitha, M., Verma, D. K. ve Srivastav, P. P., 2022. Trends in edible packaging films and its prospective future in food: A Review, *Applied Food Research*, 2, 1, 100118.
- Kumirska, J., Czerwicka, M., Kaczyński, Z., Bychowska, A., Brzozowski, K., Thöming, J. ve Stepnowski, P., 2010. Application of spectroscopic methods for structural analysis of chitin and chitosan, *Marine Drugs*, 8, 5, 1567-1636.
- Kalkan, S., 2014. Farklı Antimikrobiyel maddeler içeren yenilebilir film kaplamaların Macar salamında kullanım olanakları ve *Listeria innocua* inaktivasyonu üzerine etkileri, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kayıoğlu, S., 1996. Tekirdağ ilinde tüketime sunulan kırmızı et ve tavuk eti dönerlerinin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin incelenmesi üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Koç, G., 2022. Farklı plastikleştiricilerle elde edilen protein bazlı yenilebilir filmlerin bazı mekanik ve fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Kester, J. J. ve Fennema, O. R., 1986. Edible Films and Coatings: A Review, *Food Technology*, 40, 12, 47-59.
- Kayaardı, S. ve Akkara, M., 2010. Yenilebilir film ve kaplamalar, IV. Uluslararası Ambalaj Kongresi, İstanbul, 79-90.
- Koshy, R. R., Reghunadhan, A., Mary, S. K., Pillai, P. S., Joseph, S. ve Pothan, L. A., 2022. pH indicator films fabricated from soy protein isolate modified with chitin nanowhisker and *Clitoria ternatea* flower extract, *Current Research in Food Science*, 5, 743-751.
- Kraskouski, A., Hileuskaya, K., Nikalaichuk, V., Ladutska, A., Kabanava, V., Yao, W. ve You, L., 2022. Chitosan-based Maillard self-reaction products: Formation, characterization, antioxidant and antimicrobial potential, *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 4, 100257.
- Kuzgun, N. K. ve İnanlı, A. G., 2013. Kitosan üretimi ve özellikleri ile kitosanın kullanım alanları, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6, 2, 16-21.
- Kurt, Ş. ve Zorba, Ö., 20kes05. Kitin (Chitin), kitosan (chitosan) ve türevlerinin gıdalarda kullanım olanakları, *Gıda*, 30, 6, 371- 378.
- Karabagias, I., Badeka, A. ve Kontominas, M. G., 2011. Shelf life extension of lamb meat using thyme or oregano essential oils and modified atmosphere packaging, *Meat Science*, 88, 1, 109-116.

- Liu, W. ve Foster, T., 2022. Phase separation of a milk protein and guar gum: The effect of guar gum molecular weight and oil addition on the phase diagram, *Food Hydrocolloids for Health*, 2, 100048.
- López, D., Márquez, A., Gutiérrez-Cutiño, M., Venegas-Yazigi, D., Bustos, R. ve Matiacevich, S., 2017. Edible film with antioxidant capacity based on salmon gelatin and boldine, *LWT-Food Science and Technology* 77, 160-169.
- Laith, S. A. ve Al- Hashimi, A. G., 2019. Mechanical properties of carboxymethyl cellulose edible films, *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 32, 1, 68-78.
- López-Caballero, M. E., Gómez-Guillén, M. C., Pérez-Mateos, M. ve Montero, P., 2005. A chitosan-gelatin blend as a coating for fish patties, *Food Hydrocolloids*, 19, 303-311.
- Luchese, C. L., Sperotto, N., Spada, J. C. ve Tessaro, I. C., 2017. Effect of blueberry agro-industrial waste addition to corn starch-based films for the production of a pH-indicator film, *International Journal of Biological Macromolecules*, 104, Part A, 11-18.
- Li, T., Liu, Y., Qin, Q., Zhao, L., Wang, Y., Wu, X. ve Liao, X., 2021. Development of electrospun films enriched with ethyl lauroyl arginate as novel antimicrobial food packaging materials for fresh strawberry preservation, *Food Control*, 130, 108371.
- Lawrence, T. E. ve Kropf, D. H., 2018. Vacuum packaging of meat, *Reference Module in Food Science*.
- Lambert, A. D., Smith, J. P. ve Dodds, K. L., 1991. Shelf life extension and microbiological safety of fresh meat-A Review, *Food Microbiology*, 8, 4, 267-297.
- Matsuishi, M., 2022. Science and technology of meat and meat products in Japan-Pursuit of their palatability under the influence of Washoku, traditional Japanese cuisine, *Meat Science*, 192, 108919.
- Mastromatteo, M., Conte, A., Faccia, M., Del-Nobile, M. A. ve Zambrini, A. V., 2014. Combined effect of active coating and modified atmosphere packaging on prolonging the shelf life of low-moisture Mozzarella cheese, *Journal of Dairy Science*, 97, 1, 36-45.
- Martiñon, M. E., Moreira, R. G., Castell-Perez, M. E. ve Gomes, C., 2014. Development of a multilayered antimicrobial edible coating for shelf-life extension of fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo* L.) stored at 4 °C, *LWT-Food Science and Technology*, 56, 2, 341-350.
- Magrinyà, N., Terjung, N., Loeffler, M., Gibis, M., Bou, R. ve Weiss, J., 2015. Influence of fat addition on the antimicrobial activity of sodium lactate, lauric arginate and methylparaben in minced meat, *International Journal of Food Microbiology*, 215, 86-94.

- Miller, K. S. ve Krochta, J. M., 1997. Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review, *Trends in Food Science and Technology*, 8, 7, 228- 237.
- Mazzetto, A. M., Falconer, S. ve Ledgard, S., 2023. Carbon footprint of New Zealand beef and sheep meat exported to different markets, *Environmental Impact Assessment Review*, 98, 106946.
- Manju, S., Jose, L., Gopal, T. K. S., Ravishankar, C. N. ve Lalitha, K. V., 2007. Effects of sodium acetate dip treatment and vacuum-packaging on chemical, microbiological, textural and sensory changes of Pearlsplot (*Etroplus suratensis*) during chill storage, *Food Chemistry*, 102, 1, 27-35.
- Mohamed, S. A. A., El-Sakhawy, M. ve El-Sakhawy, M. A. M., 2020. Polysaccharides, protein and lipid-based natural edible films in food packaging: A Review, *Carbohydrate Polymers*, 238, 116178.
- Mullan, M. ve McDowell, D., 2011. Modified atmosphere packaging, food and beverage packaging technology, Second Edition., Blackwell Publishing.
- Mantilla, N., Castell-Perez, M. E., Gomes, C. ve Moreira, R. G., 2013. Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*), *LWT-Food Science and Technology*, 51, 1, 37-43.
- Meydanju, N., Pirs, S. ve Farzi, J., 2022. Biodegradable film based on lemon peel powder containing xanthan gum and TiO₂-Ag nanoparticles: Investigation of physicochemical and antibacterial properties, *Polymer Testing*, 106, 107445.
- Mahan, F. I., 2007. Kitosanla kaplanmış soyulmuş sosislerin mikrobiyolojik kalitesi ve raf ömürlerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Manuhara, G. J., Praseptianga, D. ve Riyanto, R. A., 2016. Extraction and characterization of refined K-carrageenan of red algae [*Kappaphycus Alvarezii* (Doty ex P.C. Silva, 1996)] Originated from Karimun Jawa Islands, *Aquatic Procedia*, 7, 106-111.
- Mokhtar, S. F. S., 2017. Dünya, AB ülkeleri ile Türkiye’de koyun eti üretiminin mevcut durumu, sorunları ve geleceği, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Muşabak, C., 2008. Kitosanla kaplama ve modifiye atmosfer ambalajlamanın palamut (Sarda sarda) filetoalarının kimyasal parametreleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Mourya, V. K. ve Inamdar, N. N., 2008. Chitosan-modifications and applications: opportunities galore, *Reactive and Functional Polymers*, 68, 6, 1013-1051.
- Madsen, M., Westh, P., Khan, S., Ipsen, R., Almdal, K., Aachman, F.L. ve Svensson, B., 2021. impact of alginate mannuronic-guluronic acid contents and pH on

- protein binding capacity and complex size, *Biomacromolecules*, 22, 2, 649-660.
- Ma, Q., Davidson, P. M. ve Zhong, Q., 2013. Antimicrobial properties of lauric arginate alone or in combination with essential oils in tryptic soy broth and 2% reduced fat milk, *International Journal of Food Microbiology*, 166, 1, 77-84.
- Ma, Q., Davidson, P. M. ve Zhong, Q., 2020. Properties and potential food applications of lauric arginate as a cationic antimicrobial, *International Journal of Food Microbiology*, 315, 16 108417.
- Ma, T., Deng, K., Tu, Y., Zhang, N., Zhao, Q., Li, C., Jin, H. ve Diao, Q., 2022. Recent advances in nutrient requirements of meat-type sheep in China: A review, *Journal of Integrative Agriculture*, 21, 1, 1-14.
- Muriel-Galet, V., López-Carballo, G., Gavara, R. ve Hernández-Muñoz, P., 2012. Antimicrobial food packaging film based on the release of LAE from EVOH, *International Journal of Food Microbiology*, 157, 2, 239-244.
- Muriel-Galet, V., Carballo, G. L., Hernández-Muñoz, P. ve Gavara, R., 2016. Ethyl Lauroyl Arginate (LAE): usage and potential in antimicrobial packaging, *Antimicrobial Food Packaging*, 313-318.
- Moller, A., Leone, C., Kataria, J., Sidhu, G., Rama, E.N., Kroft, B., Thippareddi, H. ve Singh, M., 2022. Effect of a carrageenan/chitosan coating with allyl isothiocyanate on microbial spoilage and quality of chicken breast, *Poultry Science*, 102, 3, 102442.
- Ngapo, T. M., 2022. Meat analogues, the canadian meat industry and the canadian consumer, *Meat Science*, 191, 108846.
- Nair, D. V. T., Nannapanen, R., Kiess, A., Mahmoud, B. ve Sharma, C.S., 2014. Antimicrobial efficacy of lauric arginate against *Campylobacter jejuni* and spoilage organisms on chicken breast fillets, *Poultry Science*, 93, 10, 2636-2640.
- Nisar, T., Wang, Z. C., Yang, X., Tian, Y, Iqbal, M. ve Guo, Y., 2018. Characterization of citrus pectin films integrated with clove bud essential oil: physical, thermal, barrier, antioxidant and antibacterial properties, *International Journal of Biological Macromolecules*, 106, 670-680.
- Novi, C. D. ve Marenzi, A., 2022. Improving health and sustainability: patterns of red and processed meat consumption across generations, *Health Policy*, 126, 12, 1324-1330.
- Nogueira, G. F., Fakhouri, F. M. ve Oliveira, R. A., 2018. Extraction and characterization of arrowroot (*Maranta arundinaceae* L.) starch and its application in edible films, *Carbohydrate Polymers*, 186, 64-72.

- Narasimha-Rao, D. ve Sachindra, N. M., 2002. Modified atmosphere and vacuum packaging of meat and poultry products, *Food Reviews International*, 18, 4, 263-293.
- Nerin, C., Becerril, R., Manso, S. ve Silva, F., 2016. Ethyl Lauroyl Arginate (LAE): antimicrobial activity and applications in food systems, *Antimicrobial Food Packaging*, 305-312.
- Nóbrega-Santos, E., Albuquerque-Sousa, T. C., Santana-Neto, D. C., Grisi, C. V. B., Silva-Ferreira, V. C. ve Silva, F. A. P., 2022. Edible active film based on gelatin and *Malpighia emarginata* waste extract to inhibit lipid and protein oxidation in beef patties, *LWT-Food Science and Technology*, 154, 112837.
- Olgunoğlu, İ.A., 2007. Marine edilmiş hamside (*Engraulis Engrasicholus L.*, 1758) duyuşal, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Osorio, F. A., Molina, P., Matiacevich, S., Enrione, J. ve Skurtys, O., 2011. Characteristics of hydroxy propyl methyl cellulose (HPMC) based edible film developed for blueberry coatings, *Procedia Food Science*, 1, 287-293.
- Öztürk, S. ve Baysan, İ., 2022. 2003-2019 döneminde Türkiye’de kırmızı et sektörü: seçili göstergeler üzerine bir inceleme, *Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 51, 223-239.
- Özkılıç, B., 2012. Bitkisel proteinlerden yenilebilir film elde edilmesi ve özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Özüak, A., 2021. Kırmızı et tüketim tercihlerinin konjoint analizi ile belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Pillai, C. K. S., Paul, W. ve Sharma, C. P., 2009. Chitin and chitosan polymers: chemistry, solubility and fiber formation, *Progress in Polymer Science*, 34, 7, 641-678.
- Pawar, R., Jadhav, W., Bhusare, S., Borade, R., Farber, S., Itzkowitz, D. ve Domb, A., 2008. Polysaccharides as carriers of bioactive agents for medical applications, *Natural-Based Polymers for Biomedical Applications*, 3-53.
- Petrou, S., Tsiraki, M., Giatrakou, V. ve Savvaidis, I. N., 2012. Chitosan dipping or oregano oil treatments, singly or combined on modified atmosphere packaged chicken breast meat, *International Journal of Food Microbiology*, 156, 3, 264-271.
- Parreidt, T. S., Müller, K. ve Schmid, M., 2018. Alginate-based edible films and coatings for food packaging applications, *Foods* 2018, 7, 10, 170.
- Pirnia, M., Shirani, K., Yazdi, F.T., Moratazavi, S.A. ve Mohebbi, M., 2022. Characterization of antioxidant active biopolymer bilayer film based on

gelatin-frankincense incorporated with ascorbic acid and *Hyssopus officinalis* essential oil, Food Chemistry: X, 14, 100300.

- Park, H. J., Bunn, J. M., Weller, C. L., Vergano, P. J. ve Testin, R. F., 1994. Water vapor permeability and mechanical properties of grain protein based films as affected by mixtures of polyethylene glycol and glycerin plasticizers, American Society of Agricultural Engineers, 37, 4, 1281-1285.
- Rux, G., Labude, C., Herppich, W. B. ve Geyer, M., 2023. Investigation on the potential of applying bio-based edible coatings for horticultural products exemplified with cucumbers, Current Research in Food Science, 6, 100407.
- Pranoto, Y., Salokhe, V. M. ve Rakshit, S. K., 2005. Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil, Food Research International, 38, 3, 267-272.
- Praxedes, A. P. P., Silva, A. J. C., Silva, R. C., Lima, R. P. A., Tonholo, J., Ribeiro, A. S. ve Oliveira, I. N., 2012. Effects of UV irradiation on the wettability of chitosan films containing dansyl derivatives, Journal of Colloid and Interface Science, 376, 1, 255-261.
- Pérez, L. M., Balagué, C. E., Rubiolo, A. C. ve Verdini, R. A., 2011. Evaluation of the biocide properties of whey-protein edible films with potassium sorbate to control non-O157 shiga toxin-producing *Escherichia coli*, Procedia Food Science, 1, 203-209.
- Ponnampalam, E. N., Holman, B. ve Scollan, N., 2016. Sheep: meat, Encyclopedia of Food and Health, 4, 750-757.
- Pattanayaiying, R., H-Kittikun, A. ve Cutter, C.N., 2014. Effect of lauric arginate, nisin z, and a combination against several food-related bacteria, International Journal of Food Microbiology, 188, 135-146.
- Rohasmizah, H. ve Azizah, M., 2022. Pectin-based edible coatings and nanoemulsion for the preservation of fruits and vegetables: A review, Applied Food Research, 2, 2, 100221.
- Roberts, D. ve Greenwood, M., 2003. *Listeria monocytogenes*, Practical Food Microbiology, Third Edition, Blackwell Publishing, USA.
- Roller, S., Sagoo, S., Board, R., Mahony, T. O., Caplice, E., Fitzgerald, G., Fogden, M., Owen, M. ve Fletcher, H., 2002. Novel combinations of chitosan, carnocin and sulphite for the preservation of chilled pork sausages, Meat Science, 62, 2, 165-177.
- Ryu, S. Y., Rhim, J. W., Roh, H. J. ve Kim, S. S., 2002. Preparation and physical properties of zein-coated high-amylose corn starch film, Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 35, 680-686.

- Rahman, S., Konwar, A., Majumdar, G. ve Chowdhury, D., 2021. Guar gum-chitosan composite film as excellent material for packaging application, *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 100158.
- Rydz, J., Musioł, M., Zawidlak-Węgrzyńska, B. ve Sikorska, W., 2018. Chapter 14- Present and future of biodegradable polymers for food packaging Applications, *Biopolymers for Food Design*, 431-467.
- Ruckman, S., A., Rocabayera, X., Borzelleca, J. F. ve Sandusky, C. B., 2004. Toxicological and metabolic investigations of the safety of N- α -Lauroyl-L-arginine ethyl ester monohydrochloride (LAE), *Food and Chemical Toxicology*, 42, 2, 245-259.
- Rodríguez, E., Seguer, J., Rocabayera, X. ve Manresa, A., 2004. Cellular effects of monohydrochloride of L-arginine, N $^{\alpha}$ -lauroyl ethylester (LAE) on exposure to *Salmonella typhimurium* and *Staphylococcus aureus*, *International Journal of Food Microbiology*, 96, 903-912.
- Robles-Sánchez, R. M., Rojas-Graü, M. A., Odriozola-Serrano, I., González-Aguilar, G. ve Martin-Belloso, O., 2013. Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes, *LWT-Food Science and Technology*, 50, 1, 240- 246.
- Rhim, J. W. ve Shellhammer, T. H., 2005. Lipid-based edible films and coatings, *Innovations in Food Packaging*, 362-383.
- Sucheta, Rai, S.K., Chaturvedi, K. ve Yadav, S.K., 2019. Evaluation of structural integrity and functionality of commercial peçtin based edible films incorporated with corn flour, beetroot, orange peel, muesli and rice flour, *Food hydrocolloids*, 91, 127- 135.
- Sánchez-Ortega, I., García-Almendárez, B. E., Santos-López, E. M., Amaro-Reyes, A., Barboza-Corona, J. E. ve Regalado, C., 2014. Antimicrobial edible films and coatings for meat and meat products preservation, *The Scientific World Journal*, 248935.
- Sánchez-Ortega, I., García-Almendárez, B. E., Santos-López, E. M., Reyes-Gonzalez, L. R. ve Regalado, C., 2016. Characterization and antimicrobial effect of starch-based edible coating suspensions, *Food Hydrocolloids*, 52, 906- 913.
- Singh, P., Magalhães, S., Alves, L., Antunes, F., Miguel, M., Lindman, B. ve Medronho, B., 2019. Cellulose-based edible films for probiotic entrapment, *Food Hydrocolloids*, 88, 68-74.
- Singh, P., Baisthakur, P. ve Yemul, O.S., 2020. Synthesis, characterization and application of crosslinked alginate as green packaging material, *Heliyon*, 6, 1, e03026.

- Sipahi, R. E., Castell-Perez, M. E., Moreira, R. G., Gomes, C. ve Castillo, A., 2013. Improved multilayered antimicrobial alginate-based edible coating extends the shelf life of fresh-cut watermelon (*Citrullus lanatus*), *LWT-Food Science and Technology*, 51, 1, 9-15.
- Sothornvit, R. ve Krochta, J. M., 2005. Plasticizers in edible films and coatings, *Innovations in Food Packaging*, 403-433.
- Sheng, Z., Guo, A., Wang, J. ve Chen, X., 2022. Preparation, physicochemical properties and antimicrobial activity of chitosan from fly pupae, 8, 10, e11168.
- Skudlarek, J. R. G., 2012. Antimicrobial efficacy of edible soy protein isolate films and coatings incorporated with hop ethanol extract and the influence on shelf-life and sensory attributes of bologna, *Theses and Dissertations-Animal and Food Sciences*.
- Sharma, S. ve Rao, R. T. V., 2015. Xanthan gum based edible coating enriched with cinnamic acid prevents browning and extends the shelf-life of fresh-cut pears, *LWT-Food Science and Technology*, 62, 1, 2, 791-800.
- Sun, X. X., Wang, Z., Kadouh, H., ve Zhou, K., 2014. The antimicrobial, mechanical, physical and structural properties of chitosan-gallic acid films, *LWT-Food Science and Technology*, 57, 1, 83-89.
- Samelis, J., Bedie, G. K., Sofos, J. N., Belk, K. E., Scanga, J. A. ve Smith, G. C., 2002. Control of *Listeria monocytogenes* with combined antimicrobials after postprocess contamination and extended storage of frankfurters at 4 °C in vacuum packages, *Journal of Food Protection*, 65, 2, 299-307.
- Soultos, N., Tzikas, Z., Abraham, A., Georgantelis, D. ve Ambrosiadis, I., 2008. Chitosan effects on quality properties of Greek style fresh pork sausages, *Meat Science*, 80, 4, 1150-1156.
- Seyfioğlu, D., 2021. Türkiye’de hayvancılık ve kırmızı et sektörü: mevcut durum ve politikalar, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Suseno, N., Savitri, E., Sapei, L. ve Padmawijaya, K.S., 2014. Improving Shelf-life of Cavendish Banana Using Chitosan Edible Coating, *Procedia Chemistry*, 9, 113-120.
- Salman, M., 2019. Ambalajlı ithal kırmızı et tüketiminde tüketici tercihleri, tutum ve davranışlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma: Kahramanmaraş ili örneği, Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Sajjad, A., Zia, M., Xiao, X., Olsson, R. T., Capezza, A. J., ve Rasheed, F., 2023. Wheat gluten hydrolysates with embedded Ag-nanoparticles; a structure-function assessment for potential applications as wound sorbents with antimicrobial properties, *Polymer Testing*, 118, 107896.

- Shokri, S., Javanmardi, F., Mohammadi, M. ve Khaneghah, A., M., 2022. Effects of ultrasound on the techno-functional properties of milk proteins: a systematic review, *Ultrasonics Sonochemistry*, 83, 105938.
- Sharafati-Chaleshtori, F., Taghizadeh, M., Rafieian-kopaei, M. ve Sharafati-chaleshtori, R., 2016. Effect of chitosan incorporated with cumin and eucalyptus essential oils as antimicrobial agents on fresh chicken meat, *Journal of Food Processing and Preservation*, 40, 396-404.
- Sayanjali, S., Ghanbarzadeh, B. ve Ghiassifar, S., 2011. Evaluation of antimicrobial and physical properties of edible film based on carboxymethyl cellulose containing potassium sorbate on some mycotoxigenic *Aspergillus* species in fresh pistachios, *LWT-Food Science and Technology*, 44, 4, 1133-1138.
- Sekar, A., Dushyanthan, K., Radhakrishnan, K. T. ve Babu, R. N., 2006. Effect of modified atmosphere packaging on structural and physical changes in buffalo meat, *Meat Science*, 72, 2, 211-215.
- Soni, K. A., Nannapaneni, R., Schilling, M.W. ve Jackson, V., 2010. Bactericidal activity of lauric arginate in milk and Queso Fresco cheese against *Listeria monocytogenes* cold growth, *Journal of Dairy Science*, 93, 10, 4518-4525.
- Sharma, C. S., Ates, A., Joseph, P., Nannapaneni, R. ve Kiess, A., 2013. Reduction of *Salmonella* in skinless chicken breast fillets by lauric arginate surface application, *Poultry Science*, 92, 5, 1419-1424.
- Shivangi, S., Dorairaj, D., Negi, P. S. ve Shetty, N. P., 2021. Development and characterisation of a pectin-based edible film that contains mulberry leaf extract and its bio-active components, *Food Hydrocolloids*, 121, 107046.
- SCCP (Scientific Committee on Consumer Products), 2008. Opinion on ethyl lauroyl arginate HCl, 15 April 2008, SCCP/1106/07.
- SCCS (Scientific Committee on Consumer Safety), 2013. Opinion on Ethyl lauroyl arginate HCl-submission IV, 19 September 2013, SCCS/1519/13, revision of 12 December 2013.
- SCCS (Scientific Committee on Consumer Safety), 2015. Addendum to the opinion on Ethyl lauroyl arginate HCl, SCCS/1543/14, 16 December 2014, revision of 25 March 2015.
- Şahin, B., 2021. Türkiye’de cumhuriyet döneminde kırmızı et sektörünün gelişimi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Tezcan, E. E., 2020. Kırmızı etlerin B₁, B₂ ve B₃ vitamini pişirme kayıplarının ve in vitro gastrointestinal sistemde biyoerişilebilirliğinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

- Tural, S., Sarıcaoğlu, F. T. ve Turhan, S., 2017. Yenilebilir film ve kaplamalar: üretimleri, uygulama yöntemleri, Fonksiyonları ve Kaslı Gıdalarda Kullanımları, Akademik Gıda, 15, 1, 84-94.
- TSE (1978). Et ve mamullerinde pH tayini. Referans Metot. TS 3136, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tkaczewska, J., 2020. Peptides and protein hydrolysates as food preservatives and bioactive components of edible films and coatings-a review, Trends in Food Science and Technology, 106, 298-311.
- Teekamp, N., Tian, Y., Visser, J. C., Olinga, P., Frijlink, H. W., Woerdenbag, H. J. ve Hinrichs, W. L. J., 2017. Addition of pullulan to trehalose glasses improves the stability of β -galactosidase at high moisture conditions, Carbohydrate Polymers, 176, 374-380.
- Teixeira, B., Marques, A., Pires, C., Ramos, C., Batista, I., Saraiva, J.A. ve Nunes, M. L., 2014. Characterization of fish protein films incorporated with essential oils of clove, garlic and origanum: Physical, antioxidant and antibacterial properties, LWT-Food Science and Technology, 59, 1, 533-539.
- Tarladgis, B. G., Watts, B. M., Younathan, M. T., ve Dugan, L. R., 1960. A distillation method for the quantitative determination of manolaldehyde in rancid foods, Journal of the American Oil Chemists Society, 37, 44-48.
- Tørngren, M. A., Darré, M., Gunvig, A. ve Bardenshtein, A., 2018. Case studies of packaging and processing solutions to improve meat quality and safety, Meat Science, 144, 149-158.
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Kırmızı Et Ürünleri İstatistikleri 2020-2021 Verileri.
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Canlı Hayvan ve Hayvansal Ürün Fiyatları ve Üretim Değeri 2020 Verileri.
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Hayvansal Üretim İstatistikleri Haziran 2022 Verileri.
- TAGEM, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, 2021. Kırmızı et sektör politika belgesi 2020-2024.
- TEPGE, (Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü), Tarım ürünleri piyasaları dana eti, 2021.
- Umaraw, P. ve Verma, A. K., 2017. Comprehensive review on application of edible film on meat and meat products: an eco-friendly approach, Critical Reviews in Food Science and Nutrition Volume, 57, 6, 1270- 1279.
- Umaraw, P., Munekata, P. E. S., Verma, A. K. Barba, F. J., Singh, V. P., Kumar, P. ve Lorenzo, J. M., 2020. Edible films/coating with tailored properties for

active packaging of meat, fish and derived products, Trends in Food Science and Technology, 98, 10-24.

Uyttendaele, M., Jozwik, E., Tutenel, A., Zutter, L., Uradzinski, J., Pierard, D. ve Debevere, V., 2001. Effect of acid resistance of *Escherichia coli* O157:H7 on efficacy of buffered lactic acid to decontaminate chilled beef tissue and effect of modified atmosphere packaging on survival of *Escherichia coli* O157:H7 on red meat, Journal of Food Protection, 64, 11, 1661-1666.

Vargas, M., Albors, A. ve Chiralt, A., 2011. Application of chitosan-sunflower oil edible films to pork meat hamburgers, Procedia Food Science, 1, 39-43.

Vidal, C. P., Velásquez, E., Galotto, M. J. ve Dicastillo, C. P., 2021. Antimicrobial food packaging system based on ethyl lauroyl arginate-loaded core/shell electrospun structures by using hydrophilic and hydrophobic polymers, Polymer Testing, 93, 106937.

Vasilatos, G. C. ve Savvaidis, I. N., 2013. Chitosan or rosemary oil treatments, singly or combined to increase turkey meat shelf-life, International Journal of Food Microbiology, 166, 1, 54-58.

Yapıcı, Ö., 2022. Farklı yerleşim merkezlerinde yaşayan ilköğretim çağı çocukların beslenme bilgi düzeyi ve beslenme alışkanlıklarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Kış Sporları ve Spor Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Yang, Y., Shen, H., Wang, X. ve Qiu, J., 2019. Preparation of nanolignocellulose/chitin composites with superior mechanical property and thermal stability, Journal of Bioresources and Bioproducts, 4, 4, 251-259.

Youn, S. K., Park, S. M., Kim, Y. J. ve Ahn, D. H., 1999. Effect on storage property and quality in meat sausage by added chitosan, Journal of Chitin and Chitosan, 4, 4, 189-195.

Yıldız, P. O. ve Yangılar, F., 2014. Gıda Endüstrisinde Kitosanın Kullanımı, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 30, 3, 198-206.

Yaghoubi, M., Ayaseh, A., Alirezalu, K., Nemati, Z., Pateiro, M. ve Lorenzo, J. M., 2021. Effect of Chitosan Coating Incorporated with Artemisia fragrans Essential Oil on Fresh Chicken Meat during Refrigerated Storage, Polymers, 13, 5, 716.

Yu, D., Luo, Q., Yang, C., Li, S., Wang, Z., Wang, Q., Liu, W., Wang, H. ve Ji, D., 2022. Electrostatic complexes of ethyl lauroyl arginate/nano-montmorillonite as a food-grade pickering stabiliser: emulsification performance and mechanism, LWT-Food Science and Technology, 168, 113934.

Younes, M., Aquilina, G., Engel, K. H., Fowler, P., Fernandez, M. J. F., Fürst, P., Gürtler, R., Gundert-Remy, U., Husøy, T., Mennes, W., Moldeus, P., Oskarsson, A., Shah, R., Waalkens-Berendsen, I., Wölflé, D., Gott, D.,

- Leblanc, J.C., Smeraldi, C., Tard, A. ve Castle, L., 2019. Safety of ethyl lauroyl arginate (E243) as a food additive in the light of the new information provided and the proposed extension of use, *EFSA Journal*, 17, 3, 5621.
- Zhao, Z., Xiong, X., Zhou, H. ve Xiao, O., 2019. Effect of lactoferrin on physicochemical properties and microstructure of pullulan-based edible films, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99, 4150-4157.
- Zavareze, E. R., Pinto, V. Z., Klein, B., El-Halal, S. L. M., Elias, M. C., Prentice-Hernández, C. ve Dias, A. R. G., 2012. Development of oxidised and heat-moisture treated potato starch film, *Food Chemistry*, 132, 1, 344-350.
- Zhao, D., Wang, S., Hu, Y., Liu, X., Tao, J., Sagratini, G. ve Xiang, O., 2022. Insight into the antibacterial activity of lauric arginate against *Escherichia coli* O157:H7: Membrane disruption and oxidative stress, *LWT-Food Science and Technology*, 162, 113449.
- Zhong, Y., Cavender, G. ve Zhao, Y., 2014. Investigation of different coating application methods on the performance of edible coatings on Mozzarella cheese, *LWT-Food Science and Technology*, 56, 1, 1-8.
- Zhuang, S., Li, Y., Hong, H., Liu, Y., Shu, R. ve Luo, Y., 2020. Effects of ethyl lauroyl arginate hydrochloride on microbiota, quality and biochemical changes of container-cultured largemouth bass (*Micropterus salmoides*) fillets during storage at 4 °C, *Food Chemistry*, 324, 126886.
- Wagle, B. R., Shrestha, S., Arsi, K., Upadhyaya, I., Donoghue, A. M. ve Donoghue, D. J., 2019. Pectin or chitosan coating fortified with eugenol reduces *Campylobacter jejuni* on chicken wingettes and modulates expression of critical survival genes, *Poultry Science*, 98, 3, 1461-1471.
- Wu, S. ve Chen, J., 2013. Using pullulan-based edible coatings to extend shelf-life of fresh-cut 'Fuji' apples, *International Journal of Biological Macromolecules*, 55, 254-257.
- Wagh, Y. R., Pushpadass, H. A., Emerald, F. M. E., ve Nath, B. S., 2014. Preparation and characterization of milk protein films and their application for packaging of Cheddar cheese *Journal of Food Science and Technology*, 51, 3767-3775.
- Watkins, C. A., Bartley, D. J., Ergün, B. G., Yıldızhan, B., Ross-Watt, T., Morrison, A. A., Sanmartín, M. J. R., Strathdee, F., Andrews, L. ve Free, A., 2021. Interactions between *Teladorsagia circumcincta* infections and microbial composition of sheep with or without successful monepantel treatment-A Preliminary Study, *Ruminants*, 1, 1, 31-45.
- Wang, N., Ji, Y., Zhu, Y., Wu, X., Mei, L., Zhang, H., Deng, J. ve Wang, S., 2020. Antibacterial effect of chitosan and its derivative on *Enterococcus faecalis* associated with endodontic infection, *Experimental and Therapeutic Medicine*, 19, 6, 3805-3813.

Xu, A., Chang, R. ve Z., Q., 2022. Effect of electrical stimulation on red meat Neu5Gc content reduction: a combined experimental and DFT study, Food Science and Human Wellness, 11, 4, 982-991.

Qian, J., Zhao, Y., Yan, L., Luo, J., Yan, W. ve Zhang, J., 2022. Improving the lipid oxidation of beef patties by plasma-modified essential oil/protein edible composite films, LWT-Food Science and TechnologyVolume, 154, 112662.



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Merve KOÇAK

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 2015-2019

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı,
2020-2023

