

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**GİLABURU (*VİBURNUM OPULUS* L.) EKSTRAKTI İÇEREN
YENİLEBİLİR JELATİN FİLMLERİNİN TAVUK ETİNİN
OKSİDATİF STABİLİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Büşra CANBAZ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2021**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GİLABURU (*VIBURNUM OPULUS* L.) EKSTRAKTI İÇEREN YENİLEBİLİR JELATİN FİLMLERİNİN TAVUK ETİNİN OKSİDATİF STABİLİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Büşra CANBAZ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kezban CANDOĞAN

Bu çalışmada gilaburu (*Viburnum opulus* L.) meyve ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin özellikleri karakterize edilmiş, bu filmlerin tavuk but etinin oksidatif stabilitesi üzerine etkileri belirlenmiştir. Kemiksiz tavuk but etleri, gilaburu ekstraktı (GBE) içermeyen film (KONT-GBF), %2.5, %5 ve %10 oranında GBE içeren film gruplarıyla (sırasıyla 2.5-GBF, 5-GBF ve 10-GBF) kaplanmış, bir grup (KONT) film uygulaması yapılmadan ayrılmıştır. Tavuk etleri vakum paketlenerek 4°C'de 12 gün depolanmıştır. Başlangıçta (0. gün) tavuk but etinin kimyasal bileşimi belirlenmiş; 1., 3., 6., 9., ve 12. günlerde örneklerin pH, tiyobarbitürik asit reaktif madde (TBARS), CIE açıklık-koyuluk (L^*), kırmızılık (a^*), sarılık (b^*) değerleri, peroksit sayıları, toplam mezofilik-aerobik bakteri sayıları saptanmıştır.

Filmlerde GBE ilavesi pH değerini düşürmüş, film kalınlıklarını, saydamlık, renk farkı (ΔE), suda çözünürlük ve antioksidan aktivite değerlerini ise artırmıştır ($p < 0.05$). Tavuk etlerinde ise depolamanın ilk günlerinde tüm grupların pH değerlerinin kontrol grubuna kıyasla daha düşük olduğu, fakat gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı görülmüştür ($p > 0.05$). Depolama boyunca KONT grubunun TBARS değerlerinin daha düşük olduğu, film grupları arasında bir kıyaslama yapıldığında ise gilaburu ekstraktı içeren film gruplarının daha düşük TBARS değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Peroksit sayısı açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ($p > 0.05$). Tüm grupların L^* değerleri arasında önemli bir farklılık olmadığı ($p > 0.05$), 2.5-GBF, 5-GBF ve 10-GBF grupların ise en yüksek a^* ve b^* değerlerine olduğu saptanmıştır. Depolama boyunca gilaburu ekstraktı içeren filmlerin uygulandığı grupların toplam mezofilik-aerobik bakteri sayılarının KONT ve KONT-GBF gruplarına göre daha düşük olduğu görülmüştür. Yenilebilir filmlerde gilaburu kullanımının et ve et ürünlerinde lipid oksidasyonu geciktirmesi açısından etkisinin tespit edilebilmesi için farklı yöntemlerin kullanıldığı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Ağustos 2021, 116 sayfa

Anahtar kelimeler: Yenilebilir Film, Jelatin, Gilaburu, *Viburnum opulus* L., Tavuk eti, Oksidatif stabilite

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECT OF GELATIN EDIBLE FILMS INCORPORATED WITH GILABURU (*VIBURNUM OPULUS* L.) EXTRACT ON OXIDATIVE STABILITY OF CHICKEN MEAT

Büşra CANBAZ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Kezban CANDOĞAN

In this study, some properties of gelatin/Na-alginate-based edible films incorporated with gilaburu fruit (*Viburnum opulus* L.) extract (GBE) were characterized, and the effects of these films on oxidative stability of chicken thigh meat were investigated. The freshly cut chicken thigh meat pieces were wrapped with films incorporated with 0, 2.5, 5.0 and 10.0% GBE (KONT-GBF, 2.5-GBF, 5-GBF, and 10-GBF, respectively). One group was unwrapped control (KONT). All chicken meat groups were then vacuum packed and stored at 4°C for 12 days for further analysis. The chemical composition of chicken thigh meat was determined at day 0. The pH, thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), CIE lightness (L*), redness (a*), yellowness (b*), and peroxide values, and total mesophilic-aerobic bacteria counts were determined at days 0, 1, 3, 6, 9, and 12.

GBE addition reduced the pH of the films and increased film thickness, transparency, color difference (ΔE), water solubility and antioxidant activity values ($p < 0.05$). In the chicken meats, the KONT group had higher pH values than the groups coated with the edible films during the initial periods of the storage, but there was no statistically significant difference between the groups in terms of pH values ($p > 0.05$). It was observed that the TBARS values of the KONT group during storage were the lowest among all chicken meat groups. The groups incorporated with GBE possessed lower TBARS values than the KONT-GBF. Peroxide value did not exhibit significant difference between the groups ($p > 0.05$). It was found that there was no statistically significant difference between the L* values of all groups ($p > 0.05$), and 2.5-GBF, 5-GBF, and 10-GBF groups had the highest a* and b* values. It was observed that the total mesophilic aerobic bacteria counts of the groups in which films containing gilaburu extract were applied during storage were lower than the KONT and KONT-GBF groups. The results of this study indicate that future studies should be focused on using different methods on determining the effect of gilaburu in edible films in terms of delaying lipid oxidation in meat and meat products.

August 2021, 116 pages

Key Words: Edible Film, Gelatin, Gilaburu, *Viburnum opulus* L., Chicken meat, Oxidative stability

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim hayatım ve tez çalışmam boyunca değerli görüşleri ve önerileriyle bana her konuda yol gösteren, emeğini, ilgisini ve desteğini her daim hissettiren, akademik bilgisi ve tecrübesiyle her şekilde yardımcı olan çok değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Kezban CANDOĞAN'a (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı) öncelikli olarak çok teşekkür ederim.

Analizlerimde laboratuvar olanaklarından yararlandığım Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı öğretim üyelerinden sayın Prof. Dr. Nuray KOLSARICI'ya, Prof. Dr. Kamuran AYHAN'a ve Doç. Dr. Eda DEMİROK SONCU'ya,

Çalışmamda kullandığım tavuk but etini temin eden Beypiliç, Beypi Beypazarı Tarımsal Üretim Paz. San. Tic. A.Ş.'den Alp KÖROĞLU'na, yenilebilir film materyali olarak kullanılan jelatin Kazlıçeşme Deri Ürünleri Araştırma Geliştirme San. Tic. A.Ş.'a,

Çalışmalarım boyunca manevi anlamda bana destek olan sevgili arkadaşlarım Kübra EMEKTAR ve Elif ÇAVUŞOĞLU'na,

Laboratuvar çalışmalarım sırasında her türlü yardım ve desteklerini esirgemeyen sevgili laboratuvar arkadaşlarım Betül GÖKSÜN, Elvan Gökçen BULUT, Tuğba Gözde GÜN, Pınar KADIOĞLU, Ali Mekarim ÖZGÜR ve Gizem ÖZDEMİR'e,

Maddi, manevi desteklerini hayatım boyunca hissettiren sevgili aileme, annem Saliha CANBAZ, babam Süleyman CANBAZ, kardeşlerim Hatice CANBAZ ve Ahmet Selim CANBAZ'a en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Büşra CANBAZ
Ankara, Ağustos 2021

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
2.1 Lipit Oksidasyonu	5
2.1.1 Lipit oksidasyonu ürünlerinin toksisitesi.....	12
2.2 Yenilebilir Film ve Kaplamalar	13
2.2.1 Lipit bazlı yenilebilir filmler	17
2.2.2 Protein bazlı yenilebilir filmler	17
2.2.3 Polisakkarit bazlı yenilebilir filmler.....	20
2.2.4 Kompozit yenilebilir filmler	23
2.2.5 Aktif Antioksidan Yenilebilir Film ve Kaplamalar	25
2.3 Gıdalarda Kullanılan Doğal Antioksidanlar	26
2.3.1 Et ve et ürünlerinde kullanılan doğal antioksidanlar	30
2.4 Gilaburu (Viburnum opulus L.)	33
2.5 Doğal antioksidan ilave edilen aktif yenilebilir filmler.....	37
2.5.1 Doğal antioksidan ilave edilen yenilebilir filmlerin et ürünlerine uygulanması	38
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	41
3.1 Materyal	41
3.2 Yöntem	41
3.2.1 Gilaburu ekstraksiyonu	41
3.2.2 Yenilebilir film üretimi	42
3.2.3 Yenilebilir filmlerin tavuk etine uygulanması.....	44

3.3 Ham Maddede Yapılan Analizler	45
3.3.1 Nem içeriği	45
3.3.2 Yağ içeriği	45
3.3.3 Kül içeriği.....	46
3.3.4 Protein içeriği	46
3.4 Gilaburu Ekstraktlarında Yapılan Analizler	46
3.4.1 Kuru madde içeriği	46
3.4.2 Antioksidan aktivite	46
3.4.3 pH değeri.....	47
3.5 Yenilebilir Filmlerde Yapılan Analizler	47
3.5.1 pH değeri.....	47
3.5.2 Kalınlık.....	48
3.5.3 Nem içeriği	48
3.5.4 Su aktivitesi.....	48
3.5.5 Saydamlık	48
3.5.6 Enstrümental renk	49
3.5.7 Su buharı geçirgenliği.....	49
3.5.8 Suda çözünürlük	49
3.5.9 Antioksidan aktivite	50
3.6 Depolama Süresince Tavuk Etinde Yapılan Analizler	50
3.6.1 pH değeri.....	50
3.6.2 Tiyobarbiturik asit reaktif madde (TBARS) değeri	50
3.6.3 Peroksit sayısı	51
3.6.4 Enstrümental renk	52
3.6.5 Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı.....	52
3.7. İstatistik analiz	52
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	53
4.1 Ham maddenin kimyasal bileşimi	53
4.2 Gilaburu Ekstraktlarının Özellikleri	54
4.3 Yenilebilir Filmlerin Özellikleri	55
4.3.1 pH değeri.....	55
4.3.2 Film kalınlığı.....	55

4.3.3 Nem içeriği	56
4.3.4 Su aktivitesi (aw)	57
4.3.5 Saydamlık	58
4.3.6 Enstrümental renk değeri	59
4.3.7 Su buharı geçirgenliği	60
4.3.8 Suda çözünürlük	62
4.3.9 Antioksidan aktivite	63
4.4 Depolama Süresince Tavuk Eti Kalite Özelliklerindeki Değişimler	65
4.4.1 pH değeri	65
4.4.2 Tiyoobarbiturik asit reaktif madde (TBARS) değeri	68
4.4.3 Peroksit sayısı	72
4.4.4 Enstrümental renk değeri	74
4.4.5 Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı	79
5. SONUÇ	82
KAYNAKLAR	86
ÖZGEÇMİŞ	116

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

α	Alfa
β	Beta
δ	Delta
γ	Gama
μL	Mikrolitre
%	Yüzde
a_w	Su aktivitesi
$^{\circ}\text{C}$	Celcius
Ca	Kalsiyum
CaCl_2	Kalsiyum klorür
cm	Santimetre
CO_2	Karbondioksit
dk.	Dakika
EC_{50}	DPPH radikalinin %50'sini inhibe eden antioksidan madde miktarı
g	Gram
g/l	Gram/litre
GSH	Ekzojen redükte glutatyon
$\text{H}\cdot$	Hidrojen atomu
$\text{HO}\cdot$	Hidroksil radikali
$\text{HO}_2\cdot$	Hidroperoksil radikali
H_2O_2	Hidrojen peroksit
K	Potasyum
kg	Kilogram
KOB/g	Koloni oluşturan birim/gram
kPa	Kilopascal
L	Litre
LA-OOH	Linoleik asit hidroperoksit
m	Metre
m^2	Metrekare
meq	Milieşdeğer
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
M	Molar
N_2	Azot
Na	Sodyum
nm	Nanometre
O_2	Oksijen
Pa	Pascal
$\text{R}\cdot$	Radikal
RH	Lipit molekülü
R'H	Lipit molekülü
$\text{ROO}\cdot$	Serbest radikaller
ROOR	İkincil oksidasyon ürünleri

RR	İkincil oksidasyon ürünleri
sa	Saat
SO ₂	Kükürt dioksit
sn	Saniye
w/w	Ağırlık/ağırlık
w/v	Ağırlık/hacim

Kısaltmalar

ABS	Absorbans
BHA	Bütil hidroksianisol
BHT	Bütillendirilmiş hidroksitoluen
EDTA	Etilendiamin tetraasetik asit
DPPH	2,2-diphenyl-1-pcyrylhydrazyl
G	Guluronik asit
LDL	Low density lipoprotein
M	Mannuronik asit
MDA	Malondialdehit
OPP	Yönlenmiş polipropilen
PCA	Plate count agar
PE	Polietilen
PUFA	Çoklu Doymamış Yağ Asidi
RH	Bağıl nem
RNS	Reaktif azot türleri
ROS	Reaktif oksijen türleri
RS	Reaktif türler
TBA	Tiyobarbiturik asit
TBARS	Tiyobarbiturik asit reaktif madde sayısı
TBHQ	Tersiyer bütil hidrokinon
TCA	Triklorik asit
TMAB	Toplam mezofilik aerobik bakteri
WVP	Su buharı geçirgenliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Lipit oksidasyonu mekanizması.....	10
Şekil 2.2 Antioksidanların oksidasyonu yavaşlatma/engelleme yolları.....	27
Şekil 2.3 Gilaburu (<i>Viburnum opulus</i> L.)	34
Şekil 3.1 Temizlenip yıkanan ve ekstrakt üretimine kadar muhafaza edilecek olan taze gilaburu meyvesi	41
Şekil 3.2 Gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin üretim aşamaları	43
Şekil 3.3 Tavuk etinin yenilebilir filmlerle ambalajlanması.....	44
Şekil 3.4 Film uygulanan tavuk but etlerinin vakum paketlenmesi	45
Şekil 4.1 Farklı oranlarda gilaburu ekstraktları kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin DPPH radikalini yakalama aktivitesi.....	64
Şekil 4.2 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin pH değeri üzerine etkisi.....	66
Şekil 4.3 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin TBARS (mg MDA/kg) değeri üzerine etkisi.....	69
Şekil 4.4 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin peroksit sayısı (meq peroksit/kg) üzerine etkisi.....	72
Şekil 4.5 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin CIE L* (açıklık-koyuluk) değeri üzerine etkisi	75
Şekil 4.6 Şekil 4.6 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin CIE a* (kırmızılık) değeri üzerine etkisi.....	77
Şekil 4.7 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin CIE b* (sarılık) değeri üzerine etkisi	78
Şekil 4.8 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin toplam aerobik-mezofilik bakteri sayısı (log (KOB/g)) üzerine etkisi.....	80

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Ette gelişen lipit oksidasyon ürünleri ve bu ürünlerin etin duyuşsal özellikleri ve kabul edilebilirliği üzerine etkisi.....	9
Çizelge 2.2 Ette Gerçekleşen Lipit Oksidasyonu Sonucunda Ortaya Çıkan Oksidasyon Ürünleri	11
Çizelge 2.3 Lipit oksidasyon ürünlerinin insan sağlığı üzerine etkileri.....	12
Çizelge 2.4 Farklı Antioksidan Grupları ve Fonksiyonları	28
Çizelge 2.5 Doğal kaynaklarda bulunan antioksidanlar.....	28
Çizelge 4.1 Tavuk but etlerinin kimyasal bileşimi	53
Çizelge 4.2 Yenilebilir film üretimi için farklı oranlarda hazırlanmış gilaburu ekstraktlarının kuru madde, pH ve antioksidan aktivite analizi sonuçları ...	54
Çizelge 4.3 Farklı oranlarda gilaburu ekstraktları kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin pH, kalınlık, nem ve su aktivitesi değerleri.....	55
Çizelge 4.4 Farklı oranlarda gilaburu ekstraktları kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin CIE L*, a*, b*, ΔE* ve saydamlık değerleri.....	58
Çizelge 4.5 Farklı oranlarda gilaburu ekstraktları kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenliği, suda çözünürlük, DPPH radikalini yakalama değerleri	61
Çizelge 4.6 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin pH değeri üzerine etkisi.....	66
Çizelge 4.7 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin TBARS (mg MDA/kg) değeri üzerine etkisi	68
Çizelge 4.8 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin peroksit sayısı (meq peroksit/kg) üzerine etkisi	72
Çizelge 4.9 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin CIE L* (açıklık-koyuluk) değeri üzerine etkisi	74
Çizelge 4.10 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin CIE a* (kırmızılık) değeri üzerine etkisi	76
Çizelge 4.11 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin CIE b* (sarılık) değeri üzerine etkisi.....	78

Çizelge 4.12 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin toplam aerobik-mezofilik bakteri sayısı (log (KOB/g)) üzerine etkisi.....	79
---	----



1. GİRİŞ

Tavuk eti, beslenme açısından vitamin, mineral, yüksek biyolojik değere sahip protein, çoklu doymamış yağ asitleri, düşük kolesterol ve yağ içeriğine sahip olmasının yanı sıra sığır, koyun vb. kırmızı etlere kıyasla oldukça ekonomik olması nedeniyle tüm dünyada tüketiciler tarafından sıklıkla tercih edilen bir hayvansal protein kaynağıdır (Pietrzak vd. 2013, Sujiwo vd. 2018). Tavuk eti ayrıca kendine özgü lezzeti, kokusu, sululuğu ve farklı tariflerle pişirilip çeşitli şekillerde sunulabilmesi nedeniyle de birçok farklı ülke ve kültür tarafından ekonomik protein kaynağı olarak yemeklerde sıklıkla kullanılan, tüketiciler tarafından rağbet gören bir gıdadır (Nowak ve Trziszka 2010, Salinas vd. 2012). Son yıllarda tüketicilerde oluşan sağlıklı gıda bilinciyle tavuk ürünleri gibi düşük maliyetli protein kaynaklarına olan talebin artmasına paralel olarak, dünya çapında üretimi artan kanatlı et sektörünün 2023 yılında en büyük sektör olacağı tahmin edilmektedir (Skarp vd. 2016).

Sağlıklı bir diyetin kaçınılmaz bir parçası olarak görülen tavuk eti, kendine has mikroflorası ve işleme koşullarına bağlı olarak gelişen bozulma yapan bakteriler nedeniyle mikrobiyolojik bozulmaya, yüksek doymamış yağ asitleri içeriğinden dolayı da oksidatif reaksiyonlara oldukça hassas olduğundan kısa bir raf ömrüne sahiptir (Salinas vd. 2012, Marcinkowska-Lesiak vd. 2016). Diğer gıdalarda olduğu gibi tavuk eti ve ürünlerinde de ürün tazeliği tüketicilerin satın alma tercihlerini etkiler. Depolama sürecinde tazeliğini kaybeden tavuk etlerinin, renk, görünüş, koku gibi birçok kalite özellikleri bozulmakta ve insan tüketimine uygun olmayan hale gelmektedir (Sujiwo vd. 2018).

Taze et ürünleri genellikle soğuk depolama yapılarak buzdolabı sıcaklıklarında (2-5°C) satışa sunulmaktadır. Buzdolabı sıcaklığında depolanan bu ürünlerde birçok kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler ortaya çıkmakta, ürünlerdeki yüksek protein ve su içeriği mikrobiyel, oksijen varlığı ise oksidatif reaksiyonları desteklemektedir (Petrou vd. 2012, Salinas vd. 2012, Marcinkowska-Lesiak vd. 2016). Et ürünlerinde gerçekleşen kimyasal değişimler içinde en önemlileri protein ve lipid

oksidasyonudur. Bunlar içinde, renk, lezzet, koku, tekstür gibi birçok kalite özelliğinde değişime neden olan lipit oksidasyonu, tavuk etinin besin değerini etkileyen, bozulmaya neden olan ve raf ömrünü kısaltan ana etkindir (Kolakowska 2003).

Taze ve pişmiş et ürünlerinde bulunan çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) oksidasyonu, aldehit ve ketonları içeren karbonil bileşikleri başta olmak üzere birçok toksik oksidasyon ürünlerinin oluşmasına yol açmakta ve bu bileşikler ürünlerde ransidite gelişimine paralel olarak istenmeyen lezzet oluşumuna ve renkte değişimlere neden olmaktadır (Campo vd. 2006, Jo vd. 2006, Dietze vd. 2007). Oksidatif bozulmaların yol açtığı kalite kusurlarının engellenmesi için gıda endüstrisinde sentetik antioksidanların kullanımı oldukça yaygındır. Tüketicilerin kullanılan bu sentetik antioksidanlara olan olumsuz bakış açısı et ürünlerinde oksidatif bozulmalara karşı birçok bitki ekstraktının ve biyomoleküllerin kullanılmasına yönelik ilginin artmasına neden olmuştur (Calo vd. 2015, Vodnar vd. 2015).

Önemli ölçüde polifenolik maddeler ve serbest radikal tutucular içeren çay, kiraz yaprakları, çeşitli baharat, gül gibi birçok bitki ve ekstraktları et ürünlerinin oksidatif stabilitesini korumak amacıyla doğal antioksidan olarak kullanılmaktadır (Fan vd. 2014, Nowak vd. 2016, Venkatesan, vd. 2017, Zhang vd. 2017, Noor vd. 2018). Bitki ekstraktları et ürünlerinde lipit oksidasyonunu önleyici etki sağlamasına rağmen etkili oldukları konsantrasyonlarda ürünlerin duyuşal özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilir. Ayrıca, et ürünlerinin yüksek sıcaklıklarda işlenmesi kullanılan bitki ekstraktlarının koruyucu etkilerini kaybetmelerine neden olabilmektedir (Vodnar vd. 2015). Bu yüzden, et endüstrisinde ürünün kalite özelliklerini iyileştirmek ve raf ömrünü artırmak amacıyla kullanılan biyoaktif bileşiklerin doğrudan ürüne değil de ambalaj materyaline dahil edilerek uygulanması son yıllarda gündemde olan araştırma konularındandır (Noor vd. 2017).

Dünyada artan çevre bilinci sayesinde tüketicilerin tek kullanımlık ambalajların oluşturduğu ekolojik kirliliği azaltma talebi doğrultusunda, geri dönüştürülebilir

materyaller kullanılarak üretilen çevre dostu doğal polimer bazlı ambalajlara yönelik araştırma ve geliştirmeler artmaya başlamıştır (Al-Hassan ve Norzioh 2012, Santos vd. 2019). Çevresel katı atık sorununa çözüm olabilmesi amacıyla protein, polisakkarit ve lipid bazlı doğal polimerler sentetik ambalaj materyallerinin yerine alternatif bir paketleme materyali olarak ortaya çıkmıştır (Koshy vd. 2015, Cazon vd. 2017). Bu bağlamda, gıda ile çevre arasında nem, oksijen, karbondioksit ve lipid için bariyer özelliği göstererek gıdaların kalite özelliklerini geliştirmek ve raf ömrünü uzatmak amacıyla yenilebilir ve doğada biyolojik olarak parçalanabilen filmlere olan ilgi giderek artmaktadır (Jridi vd. 2014). Kullanılan doğal polimerler doğada hızlı ve kolayca çözünbilmeleri, çevreye uyumlu, yenilenebilir ve yenilebilir olmaları gibi birçok olumlu özellikleri nedeniyle gıda ürünleri için yeni bir ambalajlama şekli olan yenilebilir filmlerin üretimi için oldukça elverişlidir (Castro-Rosas vd. 2016). Mikrobiyel ve oksidatif değişimleri azaltan ve engelleyen yenilebilir filmlerin bünyelerinde taşıdıkları biyoaktif bileşikler gıda yüzeyine doğrudan temas eder ve daha yüksek konsantrasyonlarda kullanılarak ürünlerde yüksek koruma sağlarlar. Antioksidan ve antimikrobiyel aktivite gösteren bitki ekstraktlarının bu filmlerin üretim aşamasında kullanımı oldukça önemlidir (Oussalah vd. 2004).

Gilaburu (*Viburnum opulus* L.) meyvesi ülkemizde Kayseri ve çevresinde yetişmekte ve yüksek oranda polifenolik (Rop vd. 2010), fenolik asit (Velioglu vd. 2006), flavonoid, antosiyanin (Velioglu vd. 2006, Cesoniene vd. 2012), askorbik asit ve L-malik asit gibi organik asitleri içermektedir (Çam ve Hisil 2007). Yüksek antioksidan aktiviteye sahip olan gilaburu meyvesinin geleneksel olarak hazırlanan içecekleri özellikle Kayseri ili ve çevresinde tüketilmektedir. Ayrıca bazı hastalıkların tedavisinde de alternatif olarak kullanılmaktadır (Velioglu vd. 2006, Rop vd. 2010, Boyacı vd. 2016, Alifaki vd. 2018).

Bu çalışmada, yüksek antioksidan aktiviteye sahip gilaburu meyvesi ekstraktı farklı konsantrasyonlarda jelatin bazlı yenilebilir filmlere ilave edilmiş, bu şekilde üretilen yenilebilir filmlerin bazı özelliklerinin karakterizasyonu ve bu yenilebilir filmlerin soğuk depolama (4°C) süresince tavuk etinin oksidatif stabilitesi üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR ÖZETİ

Taze et ürünleri buzdolabı sıcaklıklarında depolanıp satışa sunulur ve bu sıcaklıklarda ürünlerde mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmalar gerçekleşerek ürünlerin birçok kalite parametresinde bozulmaya ve raf ömrünün kısılmasına neden olur. Taze et ürünlerinde gerçekleşen kimyasal bozulmaların başında oksidatif değişimler gelmektedir (Kolakowska 2003, Petrou vd. 2012).

Et ürünleri içerdiği çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) ile beslenme açısından önemli bir yere sahip olmasının yanında lipit oksidasyonuna karşı da oldukça hassastır (Bourre 2005, Mielnick vd. 2006). Lipit oksidasyonu ransit koku, istenmeyen lezzet oluşumu, besin değerlerinin kaybı ve raf ömrünün kısılmasına neden olmaktadır (Cao vd. 2018). Ayrıca miyoglobin oksidasyonunu da hızlandırarak et renginde, tüketicinin ürünü satın almasını olumsuz yönde etkileyen, kahverengileşmeye neden olur (Faustman vd. 1989, Gueraud vd. 2015). Bunların yanı sıra lipit oksidasyonu sonucunda insan sağlığı açısından birçok risk taşıyan bileşikler de oluşmaktadır (Gueraud vd. 2015, Cao vd. 2018).

Et ürünlerinde lipit oksidasyonu olgunlaşma ve paketleme sırasında ışık, oksijen varlığı, sıcaklık, ürünün kendisinde bulunan doğal antioksidanların/oksidanların varlığı ve yağ asitlerinin doymamışlık derecesi gibi birçok faktörden etkilenir (Buettner ve Jurkiewicz 1996, Sampels 2013). Lipit oksidasyonunun derecesi etin cinsine ve paketlenme şekline bağlı olarak da değişmektedir (Gobert vd. 2010). Et içeriğinde oksidasyon reaksiyonları için başlatıcı, katalizör ve ara ürünler bir arada bulunmaktadır. Ürünlerin içeriğinde bulunan demir (Fe), hidroksil radikali oluşumuyla lipit oksidasyonunun başlaması için ana katalizördür. Et ürünleri ayrıca metal iyonlarını bağlayıcı ya da serbest radikal yakalayıcı fonksiyon gösteren antioksidan enzim, peptit ve proteinler gibi birçok endojen antioksidan da içermektedir (Buettner ve Jurkiewicz 1996, Zou vd. 2019).

Lipit oksidasyonunu engellemek ve yavaşlatmak amacıyla ürünlere doğrudan antioksidan madde ilave edilmesi ve depolama sırasında ürüne oksijen girişini sınırlandıran vakum paketlenmesi gibi uygulamalar yapılmaktadır (Tang vd. 2001).

Taze ya da ileri işlenmiş et ürünlerine ilave edilen antioksidan maddeler oksidatif acılaşmayı önler, kötü koku oluşumunu geciktirir ve ürün renginde stabilite sağlar (Nam ve Ahn 2003). Taze et ürünlerinde meydana gelen oksidasyon engellenir ya da yavaşlatılabilirse bu ürünlerin soğuk depolama süreleri uzayarak raf ömrü artırılabilir (Cardoso vd. 2016).

Et ve et ürünlerinde lipit oksidasyonunu kontrol altına almak amacıyla bütül hidroksianisol (BHA) ve bütülhidroksitoluen (BHT) gibi sentetik antioksidanlar kullanılmaktadır (Shahidi vd. 1987). Bu antioksidanların koruyucu etkilerinin yanında insanlar için karsinojenik etkileri de bulunmaktadır (Sun ve Fukuhara 1997). Ayrıca tüketiciler de ürünlerin raf ömrünü uzatmak için bu tarz karsinojenik etkisi bulunan sentetik antioksidanların kullanılmasını istememektedir. Bu yüzden üreticiler de bitki ekstraktlarından elde edilen doğal koruyuculara yönelmektedir. Bitki ekstraktlarının içerdiği fenolik bileşikler antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri nedeniyle oldukça büyük önem taşımaktadır (Adhami ve Mukhtar 2006). İçerdikleri fenolik bileşikler dolayısıyla doğal antioksidanlar sentetik antioksidanlara benzer şekilde etki göstermektedir (Fecka ve Turek 2008). Fenolik bileşiklerin antioksidan aktiviteleri sayesinde hem taze hem de işlenmiş et ürünlerinde kullanıldıklarında lipit oksidasyonunu azalttıkları (Vaithyanathan vd. 2009), protein oksidasyonu üzerinde de yavaşlatıcı etki gösterdikleri belirtilmiştir (Batifoulier vd. 2002). Bitki ekstraktlarından elde edilen doğal antioksidanlar oksidasyonu kontrol altına almalarına ek olarak gıdanın duyuşal özelliklerini geliştirmek amacıyla da kullanılmaktadır (Fecka ve Turek 2008).

Son yıllarda et ürünlerinde, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmaları kontrol altına almak amacıyla kullanılan geleneksel ambalaj yöntemlerine alternatif olarak yenilebilir ambalaj materyallerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar hız kazanmıştır.

2.1 Lipit Oksidasyonu

Oksidatif prosesler, elektron/hidrojen atomu kaybedilmesiyle veya oksijen kazanılmasıyla meydana gelen kimyasal reaksiyonlardır. Pro-oksidan olarak da

adlandırılan reaktif oksijen türleri (ROS) ve reaktif azot türleri (RNS) lipid ve protein oksidasyonlarını teşvik eden maddelerdir. Reaktif türler (RS) serbest radikaller, radikal olmayanlar ve yüksek indirgeme potansiyeline sahip metal iyonlarını içermektedirler. Serbest radikaller atom, atom grubu ve bir veya daha fazla eşleştirilmemiş elektron içeren, kararlı bir türe dönüştürülmeden önce kısa süre var olan bir molekül olabilir (Halliwell ve Chirico 1993).

Birçok biyokimyasal değişim et ürünlerinde ölüm öncesi (antemortem) ve sonrasında (postmortem) kasın dönüşümü sırasında meydana gelmektedir (Greaser 1986). Postmortem dönemde hücresel bütünlüğün zamanla bozulması, oksijen kullanımının değişmesiyle mitokondrinin şişmesi gibi bazı fizikokimyasal değişiklikler et stabilitesini etkileyen oksidatif prosesleri tetikler (Tang vd. 2005). Oksijenin hücre zarında yer alan doymamış yağ asitlerine ulaşması ve serbest radikal ara maddelerinin oluşması oksidatif proseslerin hızlanmasına yol açmaktadır (Faustman vd. 2010).

İki veya daha fazla değerliğe sahip geçiş metalleri ette oksidasyonu hızlandırıcı (pro-oksidan) etki göstermektedir. En güçlü pro-oksidanlardan biri olan demir, iskelet kasının dokusunda bulunan ana geçiş metalidir (Ahn ve Kim 1998).

Etin işlenmesi sırasında geçiş metalleri, metal ekipman yüzeyleri ve metal bileşenlerin ürün ile teması sonucunda etin içerisine nüfuz edebilir (Faustman vd. 2010). Çiğ ve pişmiş ette, heme demirinden ayrılan demir iyonu, lipid oksidasyonu için güçlü bir katalizör olabilmektedir (Min ve Ahn 2005). Düşük pH, geçiş metallerinin lipid oksidasyonunda aktif olma kabiliyetini artırmaktadır ve demir iyonunun heme demirinden salınmasını sağlamaktadır (Reeder ve Wilson 2001).

Et ve et ürünlerinde gerçekleşen lipid oksidasyonunun demirin hangi formu tarafından katalizlendiğini belirlemek için sığır ve balık eti gibi çeşitli et türleri ile kurulan deneysel modellerde araştırmacılar heme proteinlerinden gelen demirin lipid oksidasyonunda önemli bir rol oynadığını belirtmişlerdir (Min ve Ahn 2005, Min vd. 2008, Shleikin ve Medvedev 2014). Çiğ sığır, tavuk ve domuz etleri ile yapılan bir çalışmada 2-6 günlük depolama süresince farklı et türlerinde gerçekleşen lipid

oksidasyonu ile miyogloblin ve toplam pigment konsantrasyonu incelenmiş ve lipit oksidasyonunun yoğunluğunun hayvanın türüne ve kas tipine bağlı olduğu bulunmuştur. Ayrıca sığır etinin tavuk ve domuz etine kıyasla lipit oksidasyonuna daha duyarlı olduğu ve üç farklı et türünde depolama süresinde gerçekleşen lipit oksidasyonunun yoğunluğunun kaslardaki miyogloblin konsantrasyonu/toplam pigment oranı ile bağlantılı olduğu belirtilmiştir (Rhee ve Ziprin 1987).

Çiğ ette bulunan porfirinler, riboflavin ve miyogloblin gibi ışığa duyarlı bileşikler ışığın absorbe edilmesiyle birlikte oldukça güçlü oksidanların oluşumuna neden olur (Min ve Boff 2002). Bu aşamadan sonra oluşan güçlü bir oksidan olan tekli oksijen PUFA ile reaksiyona girerek doymamış hidroperoksitleri oluşturabilir. Oksijenin PUFA ile reaksiyon hızının yağ asidinin doymamışlık derecesi ile arttığı ve çift bağ pozisyonlarına (konjüge/konjüge olmayan) bağlı olmadığı ileri sürülmüştür (Min ve Boff 2002).

Post rigor sonrasında kas dokusunda laktik asit birikimi gerçekleşir ve kasın pH'sı 5.5-6.0'a düşer. Böylece O_2 'nin %10-%20'si protonlar ile reaksiyona girerek düşük pH'da süperoksit radikalinden oluşan hidroperoksil radikalini ($HO_2\bullet$) oluşturur. Süperoksit radikalleri elektron yükleri nedeniyle hücre zarlarından geçemez. pH düşmesinin ardından gerçekleşen reaksiyon sonucunda oluşan hidroperoksil radikalleri yüksüz oldukları için hücre zarındaki çift tabakalı fosfolipide nüfuz edebilmektedir. Hücre zarına nüfuz eden hidroperoksil radikali fosfolipitlerin çoklu doymamış açıl radikalinden bir hidrojen atomu ayırarak lipit oksidasyonu zincirini başlatır (Choe ve Min 2006). Hidroperoksil radikali ayrıca daha önceden oluşan hidroperoksitlerle de reaksiyona girerek lipit oksidasyonunu uyarabilmektedir (Schaur vd. 2015).

Kesim sonrasında pH'ın düşmesi, miyofibrillerin parçalanması ve kofaktörlerin kaybolması hücre bütünlüğünün bozulmasına neden olur ve böylece metal iyonlarını kontrol eden mekanizma çalışamaz hale gelir (Bekhit vd. 2013). Bu durumda kas dokusunda bulunan antioksidan sistemlerinin serbest radikalleri yakalama gücünün azalmasıyla birlikte en reaktif ROS olan hidroksil radikali ($HO\bullet$) konsantrasyonu

ölüm sonrasında (postmortem) artarak lipit oksidasyonu başlatıp etin kalitesini olumsuz yönde etkiler (Pabuc vd. 2017).

Lipit oksidasyonu ve kesim sonrasında gerçekleşen diğer oksidatif değişimler et kalitesi açısından oldukça önemlidir. Lipit oksidasyonu etin kalitesini üç farklı açıdan etkilemektedir;

1. Güvenlik: Ette insan için toksik etkisi bulunan ikincil lipit oksidasyon ürünlerinin oluşumu
2. Biyoyararlılık: Elzem yağ asitlerinin okside olması sonucunda etin besin değerinin düşmesi
3. Duyusal kalite: Etin lezzetinde değişim, istenmeyen tipik okside olmuş ürün kokusu ve kahverengi renk oluşumu (Wood vd. 2003, Pabuc vd. 2017)

Ette lipit oksidasyonunun gerçekleşmesi için ürünün moleküler oksijen ve ışıkla temas etmesi, üründe miyogloblin varlığı ve ürünün vitamin savunma mekanizmasının çalışmaması gerekmektedir (Wood vd. 2003, Pabuc vd. 2017).

Et ve et ürünlerinde bulunan PUFA oksijen ve ışığa duyarlı maddelerin varlığında ışığa maruz kaldıktan sonra kolayca oksitlenebilmektedir. Böylece de üründe ransidite (acıklık) ve renk bozulması gibi istenmeyen etkilere neden olan biyokimyasal değişimlere yol açmaktadır (Kubow 1992, Wood vd. 2003). Çizelge 2.1’de ette lipit oksidasyonu sonucunda oluşan ürünlerin etin kalite özellikleri üzerine etkileri verilmiştir. İstenmeyen lezzet ve kokunun yanı sıra lipit oksidasyon ürünleri etin besin değerlerinde de azalmaya neden olmaktadır.

Lipit oksidasyonunda serbest radikal zincir reaksiyonu başlangıcının ana yolları hidroksil radikali, demir-oksijen kompleksleri ve oksijendir (Pabuc vd. 2017). Ette okside olan ilk grup kas lifi membranlarından (sarkolemma, mitokondri ve sarkoplazmik retikulum) fosfolipitlerin doymamış yağ asit grubudur (Shleikin ve Medvedev 2014). Lipoproteinlerin ve çift katmanlı membranların en önemli bileşenleri olan serbest ve esterlenmiş araşidonik ve linoleik asitler çiğ ette yüksek

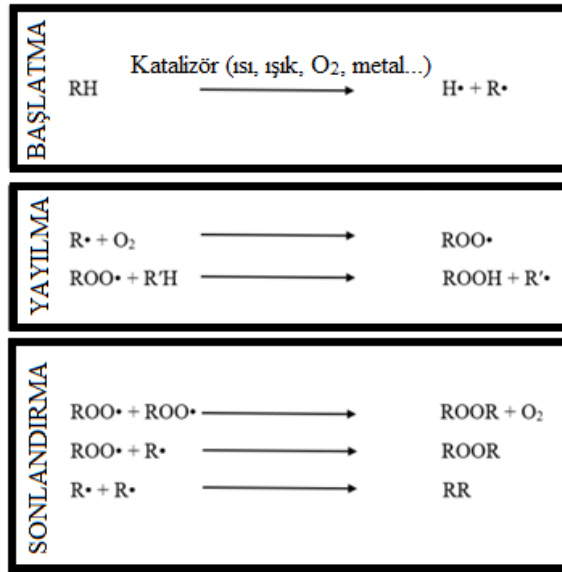
konsantrasyonlarda bulunurlar ve kesim sonrasında kıyma, ısınlama, paketleme ve depolama işlemleri sırasında oksidasyona uğrarlar (Amaral vd. 2018).

Çizelge 2.1 Ette gelişen lipit oksidasyon ürünleri ve bu ürünlerin etin duyuşal özellikleri ve kabul edilebilirliğı üzerine etkisi (Papuc vd. 2017)

Lipit Oksidasyon Ürünü	Etin duyuşal özellikleri ve kabul edilebilirliğı üzerine etkisi	Kaynak
Hidroperoksitler	Elzem yağ asitlerinin oksidasyonu nedeniyle besin değerlerinde azalma	Wood vd. (2003)
Karboniller	İstenmeyen koku, istenmeyen lezzet, ransidite, renk değışimi	Campo vd. (2006), Dietze vd. (2007)
Hidrokarbonlar ve alkoller	İstenmeyen koku	Schriber vd. (1994)
Kolesterol oksidasyon ürünleri	Besin değerlerinde azalma	Sasaki vd. (2010), Boselli vd. (2012)

Kesimden sonra pH düşüşü, heme pigmentlerinden demir iyonunun ayrılması ve bazı antioksidan enzimlerin inaktive olması gibi çeşitli olaylar sonucunda lipit oksidasyonu hızlanarak et lezzetinde değışikliklere neden olur (Morrissey vd. 1998, Amaral vd. 2018).

Enzimatik olmayan lipit oksidasyonu serbest radikal zincir reaksiyonudur ve başlatma, yayılma, sonlandırma olmak üzere 3 ana aşamadan oluşmaktadır. Şekil 2.1’de lipit oksidasyonun ana aşamalarının mekanizmaları verilmiştir. Başlatma aşaması ısı, ışık, metal veya oksijen gibi katalizörlerin etkisiyle lipit molekülünden (RH) reaktif bir hidrojen atomunu ($H\bullet$) ayırmaya yetecek kadar elektron indirgenme potansiyeline (E^0) sahip herhangi bir reaktif türün (RS) saldırısıyla başlayarak yağ asidi radikallerinin ($R\bullet$) oluşmasıyla sonuçlanır. Lipit oksidasyonunu başlatan en önemli türler reaktif oksijen türleridir (ROS) ve en güçlü reaktif tür hidroksil radikali ($HO\bullet$)’dir (Schafer vd. 2000).



Şekil 2.1 Lipit oksidasyonu mekanizması (Embuscado 2015’den değiştirilerek alınmıştır)

Oluşan yağ asidi radikalleri ($\text{R}^\bullet$) yayılma aşamasında O_2 ile tepkimeye girerek farklı serbest radikallerin oluşmasına ($\text{ROO}^\bullet$) ve bu serbest radikallerin de farklı lipit molekülüyle ($\text{R}'\text{H}$) reaksiyona girerek oksidasyonu devam ettirmesine yol açmaktadır. Başlatma ve yayılma aşamalarında oluşan serbest radikaller ($\text{R}^\bullet$, $\text{ROO}^\bullet$) birbirleriyle ya da farklı serbest radikallerle tepkimeye girerek aldehitler, ketonlar gibi kararlı ikincil oksidasyon ürünlerini (ROOR , RR) oluşturmaktadır ve böylece lipit oksidasyonunun sonlandırma aşaması da gerçekleşmiş olur (Pabuc vd. 2017).

Çizelge 2.2’de etlerde gerçekleşen lipit oksidasyonu sonucunda oluşan oksidasyon ürünleri verilmiştir. Oksidasyon çığ etlerde istenmeyen tat oluşumundan sorumlu olan karboniller (örneğin ketonlar ve aldehitler), alkoller, hidrokarbonlar (örneğin, alkan, alken, dienler) ve furanlar gibi birçok uçucu ve uçucu olmayan bileşiklerin oluşumuna neden olur (Pabuc vd. 2017). PUFA’lar yapısal çeşitliliklerinden dolayı ransiditeye ve istenmeyen lezzet oluşumuna neden olan çok sayıda ikincil oksidasyon ürünlerini oluşturabilir. Bu sebeple n-6 yağ asitlerinin peroksidasyonu hexanal, 2-octenal, locten-3-ol, 2-nonenal, ve 4-hydroxy-2-trans-nonenal bileşiklerinin oluşumuna; n-3 yağ asitlerinin peroksidasyonu ise propanal, 2-pentenal, 2-hexenal, 4-heptenal, 2,4-heptadienal, 2,4,7-decatrienal, 1,5-octadien-3-ol, 2,5-octadien-1-ol, 1,5-octadien-3-one, ve 2,6-nonadienal bileşiklerinin oluşumuna neden olur (Min ve Ahn 2005).

Çizelge 2.2 Ette Gerçekleşen Lipit Oksidasyonu Sonucunda Ortaya Çıkan Oksidasyon Ürünleri (Papuc vd. 2017)

Lipit Oksidasyon	Ürün Grubu	Ürün	Kaynak
Yağ asitlerinin enzimatik olmayan oksidasyonu	Hidroperoksitler	Alil hidroperoksitler	Choe ve Min (2006)
	Karboniller (Ketonlar ve aldehitler)	Propanal, pentenal, MDA, heksanal, 2-heksanal, 4-heptenal, 2,4-heptadienal, 2-nonenal, 2,6-nonadienal, 4-hidroksi-2-trans-nonenal	Min ve Ahn (2005)
	Alkoller	1-Okten-3-ol, 1,5-oktadien-3-ol, 2,5-oktadien-1-ol	Min ve Ahn (2005)
Yağ asitlerinin enzimatik olmayan oksidasyonu	Hidrokarbonlar (Alkanlar, alkenler, dienler)	Heksan, oktan, pentadekan, 1-buten, 2-buten, 1-heksen, 1-hepten, 1-okten, tetradeken, heptadeken, heksadekadien	Du vd. (2002)
Yağ asitlerinin enzimatik oksidasyonu	Furanlar	2-Pentil furan	Ruiz vd. (1999)
Kolesterolün enzimatik olmayan oksidasyonu	Kolesterol hidroperoksitleri	5-, 6-, 7-Hidroperoksikolesterol	Choe ve Min (2006), Orczewska-Dudek vd. (2012)
	Hidroksikolesterol	7 α -Hidroksikolesterol, 7 β -hidroksikolesterol, 20 α -Hidroksikolesterol, 25-hidroksikolesterol	Orczewska-Dudek vd. (2012)
	Ketokolesterol	7-Ketokolesterol	Orczewska-Dudek vd. (2012)
	Epoksikolesterol	5,6- Epoksikolesterol	Orczewska-Dudek vd. (2012)
Kolesterolün enzimatik oksidasyonu	Oksisteroller	7 α -Hidroksikolesterol, 20 α - Hidroksikolesterol, 22R- Hidroksikolesterol, 22S-hidroksikolesterol, 24S-hidroksikolesterol, 25-hidroksikolesterol, (25R)- 26-hidroksikolesterol, 27-hidroksikolesterol	Mariutti vd. (2008), Brown (2009)

2.1.1 Lipit oksidasyonu ürünlerinin toksisitesi

Lipit oksidasyonu ürünlerinin toksisitesi hakkındaki görüşler farklılık göstermektedir. İkincil oksidasyon ürünlerinin toksisitesi birincil oksidasyon ürünlerinin toksisitesine kıyasla oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir (Kubow 1992). Bergan ve Draper (1970) lipit hidroperoksidinin bağırsaktaki emilim oranının düşük olduğunu, emilim öncesinde ve emilim sırasında lipit hidroperoksidinin bazı değişikliklere uğradığını belirtmiştir. Kowalski vd. (1990) ise ekzojen redükte glutatyonun (GSH) ince bağırsakta lipit peroksitlerin emilimine karşı önemli bir rol oynadığını öne sürmüştür. Kanazawa ve Ashida (1998), linoleik asit hidroperoksitlerinin (LA-OOH) midede aldehitlere ayrıldığını ve bunun daha sonra vücut tarafından kısmen absorbe edildiğini ileri sürmüştür. Çizelge 2.3'te lipit oksidasyon ürünlerinin insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri verilmiştir. Birçok araştırmacı, gıdalardan oksitlenmiş lipitlerin damar sertleşmesi (ateroskleroz) riskini artırdığını (Khan-Merchant vd. 2002), karboniller, furanlar gibi ileri oksidasyon ürünlerinin ise sitotoksik, mutajenik ve karsinojenik etkileri olduğunu belirtmiştir (Marquez-Ruiz vd. 2008).

Çizelge 2.3 Lipit oksidasyon ürünlerinin insan sağlığı üzerine etkileri (Papuc vd. 2017)

Lipit oksidasyon ürünü	İnsan sağlığı üzerine etkileri	Kaynak
Oksitlenmiş lipitler	Damar sertleşmesi riskini artırır	Khan-Merchant vd. (2002)
Lipit hidroperoksitleri	Tümör gelişimini güçlendirir	Earles vd. (1991)
	Sitotoksik, mutajenik ve kanserojen bileşiklerdir	Marquez-Ruiz vd., (2008)
İleri lipit oksidasyon ürünleri (Karboniller, alkoller, hidrokarbonlar ve furanlar) MDA	İnflamasyonu etkinleştirir	Kanner (2007)
	Karaciğer hücrelerinde hasara neden olur	Kanazawa vd. (1985)
	Damar içinde daralmanın artmasına ve köpük hücre oluşumuna neden olur	Esterbauer (1993)
	Kırmızı kan hücrelerinde bozulma yapar	Tesoriere vd. (2002)
Kolesterol oksidasyon ürünleri	Hücre zarlarına verilen zararı, damar sertliğini ve kanseri teşvik eder	Pietras vd. (2012)

Khan-Merchant vd. (2002) diyetle oksitlenmiş yağ asitlerinin aterosklerotik lezyon gelişimi ve farelerde plazma kolesterol konsantrasyonu üzerindeki etkisini değerlendirmiş ve okside yağ asitlerinin sadece LDL reseptör nakavt farelerinde (gen ifadesi durdurulmuş fareler) ateroskleroza teşvik ettiğini öne sürmüşlerdir. Lipit hidroperoksitlerinin bazı dejeneratif bağırsak bozukluklarında, özellikle kalın bağırsak kanseri üzerinde, hücre ve moleküler olarak gerçekleşen olaylardaki rolü araştırılmıştır. Çoklu doymamış yağ asitlerinin birincil ootoksidasyon ürünlerinin DNA sentezini uyardığı ve kalın bağırsak mukozasında ornitin dekarboksilaz aktivitesini tetikleyerek tümör oluşumunun artmasına neden olduğu belirtilmiştir (Earles vd. 1991).

2.2 Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Ambalajlama gıda endüstrisinde oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Gıda ambalajlarının temel görevi gıdayı, kalitesini etkileyebilecek dış etmenlerden korumak, raf ömrünü uzatmak ve gıda atığının önüne geçmektir (Marsh ve Bugusu 2007, Schmid 2013). Dünyada artan tüketimle birlikte gıdalardan arta kalan plastik ambalaj malzemeleri çevre için oldukça büyük bir problem oluşturmaktadır. Plastik ambalaj malzemelerinin kullanımının azaltılması amacıyla doğal polimerlerden elde edilen ambalaj malzemelerinin kullanımı dikkat çekmektedir (Farris vd. 2009).

Plastik ambalajların neden olduğu atık sorunu gibi çevresel kaygılarla birlikte tüketicilerin doğal ve sağlıklı ürünlere olan talebi yenilebilir film kavramının gelişmesine yol açmıştır. Yenilebilir film ve kaplamalar gıdanın bozulmasına neden olan dış etmenlerden korunarak ambalajlanması için geliştirilen doğal polimerler kullanılarak üretilen materyallerdir. Bu amaçla et, tavuk ve balık gibi gıdalarda nem kaybını önleyen, renk stabilitesi sağlayan, oksidatif prosesleri engelleyip yavaşlatan ve bu şekilde gıdanın raf ömrünü uzatan, doğada biyolojik olarak parçalanabilen, yenilebilir ambalajlar üzerine çalışılmaktadır (Umaraw ve Verma 2017).

Yenilebilir filmlerin meyve ve sebzelerde nem kaybını azaltması, oksidatif ve solunum reaksiyonları sonucunda gerçekleşen bozulmaları yavaşlatması gibi olumlu etkileri sayesinde ürünlerin raf ömrünü uzatmaları amacıyla kullanımına yönelik oldukça fazla sayıda çalışma olmasına rağmen, bu yenilebilir filmlerin et ürünlerinde

özellikle taze ette kullanımı yeterli düzeyde araştırılmamıştır (Campos vd. 2011, Cardoso vd. 2016). Et endüstrisinde deniz ürünleri de dahil olmak üzere farklı hayvan türlerinden üretilen taze ve dondurulmuş et ürünlerinin tekstür, renk ve lezzet gibi kalite özelliklerini korumak, ürün yüzeyindeki su kaybını azaltmak, mikrobiyel gelişimi engellemek amacıyla karbonhidrat ve protein bazlı film ve kaplamaların kullanımı incelenmiştir (López-Caballero vd. 2005, Antoniewski vd. 2007).

Yenilebilir film ve kaplamaların üretiminde polisakkaritler, proteinler ve lipidler gibi birçok doğal polimer farklı fonksiyonel özelliklere sahip olmaları nedeniyle ayrı ayrı ya da iki ve daha fazla doğal polimer bir arada kullanılabilmektedir (Bourtoom 2008).

İnsanlar için önemli ve zengin bir besin kaynağı olan et ürünlerinin depolanma ve satış aşamalarında oluşabilecek fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmalara karşı korunması için özel paketlenme sistemleri gerekmektedir (Soni vd. 2016) En temel görevi gıdanın kalitesini olumsuz yönde etkileyebilecek çevresel etkenlerden gıdayı korumak olan ambalaj sistemleri, gıda endüstrisi için oldukça önemli bir yere sahiptir (Schmid 2013). Bu amaçla gıda endüstrisinde en çok kullanılan ambalaj materyalleri polietilen ve ko-polimer bazlı malzemelerdir (Soni vd. 2016). Ayrıca endüstride plastiğin yanı sıra metal, kâğıt ve cam gibi birçok farklı ambalaj materyali de kullanılmaktadır (Marsh ve Bugusu 2007). Büyük bir pazara sahip olan ambalaj sektöründe ham petrolden üretilen, sentetik ve doğada biyolojik olarak çözünmeyen poliolefin, polyester bazlı ambalajlar kullanılmaktadır (Ahmad vd. 2015). Doğaya uyumlu olmadıkları ve biyolojik olarak parçalanamadıkları için atıkları karada ve suda birikerek ekolojik problemlere neden olmaktadır (Marsh ve Bugusu 2007, Ahmad vd. 2015). Doğada parçalanamayan bu sentetik ambalaj atıkları yüzünden artan çevresel kirlilik dünya çapında büyük bir sorundur ve yenilenebilir, çevre dostu doğal polimerlerden elde edilen materyallerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır (Khwaldia vd. 2010).

Plastik atıklarından kaynaklanan çevresel kirlilik nedeniyle modern tüketiciler tek kullanımlık ambalajların kullanımını azaltıp geri dönüştürülebilir malzemelerden üretilmiş ambalajları tercih etmektedir, bu yüzden de üreticilerden gıdaların kalite özelliklerini koruyan, raf ömrünü uzatan çevre dostu ambalaj materyallerinin

kullanılması talep edilmektedirler (Rhim vd. 2000, Jongjareonrak vd. 2006a). Tüketicilerin bu talepleri doğrultusunda gıdaya nem, oksijen, karbondioksit geçmesine engel olan, gıdanın tat ve aromasını koruyan, kalite özelliklerini iyileştiren ve raf ömrünü uzatan yenilebilir, doğada biyolojik olarak parçalanabilen filmlere ilgi artmıştır (Jongjareonrak vd. 2006a). Doğal polimerler kullanılarak üretilmiş bu tür filmler sayesinde sentetik polimerlerden üretilmiş ambalajların kullanımında azalmalar görülebilir (Soares vd. 2005).

Çevre dostu bir paketlenme şekli olan yenilebilir filmler toksik olmaması, düşük maliyetli olması, doğada parçalanabilmesi ve geri dönüştürülebilir olması gibi olumlu özellikleri nedeniyle son zamanlarda ilgi odağı olmuş, bu filmlerin geliştirilmesine yönelik araştırmalar da artış göstermiştir (Ahmad vd. 2015, Soo ve Sarbon 2018). Doğal ambalaj materyallerinin doğada kendiliğinden parçalanabilmesi, toksik olmaması gibi istenilen bu özelliklere sahip olmasının yanında ürünün besin değerini, kalite özelliklerini koruması, üründe mikrobiyolojik ve oksidatif stabilite sağlaması gerekmektedir. Bunlar da doğal, çevre dostu ambalajların üretiminde karşılaşılan en büyük zorluklardandır (Battisti vd. 2017). Doğal polimerler kullanılarak üretilen çevre dostu ambalajların bazı olumsuz fiziko-kimyasal özelliklerinden dolayı petrol türevi polimerlerden üretilmiş ambalajları tam olarak ikame etmesi beklenemez, fakat kısmen de olsa sentetik plastiklerin yerini alabilmesi için bu özelliklerinin iyileştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmalıdır (Gómez-Estaca vd. 2011).

Doğal polimerlerin doğada biyolojik olarak hızla parçalanabilmeleri, yenilebilir (Krochta 2002), doğaya uyumlu, yenilenebilir olmaları ve içerdikleri biyoaktif bileşikler sayesinde yenilebilir film üretiminde kullanım potansiyelleri oldukça yüksektir (Cao vd. 2009). Bu filmlerin yenilebilirliklerinin korunması için film üretiminde kullanılan bütün bileşenlerin “food-grade” olması, üretim ekipman ve tesisinin gıda işlemeye elverişli olması gerekmektedir (Guilbert vd. 1996).

Gıdalar, gıda ve ortam, gıda ve ambalaj malzemesi veya ürünün yapısındaki heterojen bileşiklerin kendi arasında meydana gelen kütle transferi sonucunda nem ve yağ absorpsiyonu, oksijen geçişi, tat kaybı, istenmeyen koku oluşması ve ambalajdan gıdaya madde geçişiyle bozulmaktadır (Miller vd. 1998, Krochta 2002).

Yenilebilir film ve kaplamalar gıdayı sararak bu madde geçişlerini ve kalite bozulmalarını önleyebilmektedir (Guilbert vd. 1997, Krochta 2002). Yenilebilir film ve kaplamaların en önemli fonksiyonu gıdanın kalitesini iyileştirebilmesidir. Gıdanın nem çekmesini, nem kaybetmesini, aroma kaybetmesini, oksidasyona uğramasını, mikrobiyolojik açıdan bozulmasını, olgunlaşmasını geciktirebilir ve ambalaj açıldıktan sonra bile gıdanın kalitesini koruyabilmektedir (Krochta 1997).

Yenilebilir film ve kaplamalar genel olarak yağ, gaz ve buhara karşı bariyer, antioksidan, antimikrobiyel, renklendirici ve aroma verici maddeler için de taşıyıcı görevi görebilir (Miller vd. 1998). Yenilebilir film ve kaplamaların çoğu özelliği sentetik ambalajlarla benzerlik gösterir, ancak gıdalar için kullanılacak yenilebilir film ve kaplamaların mutlaka uygulanacağı gıdanın özelliklerine uygun olması gerekmektedir (Guilbert 2002). Yenilebilir film ve kaplamalar birincil ambalaj olarak kısmen ya da tümüyle sentetik ambalaj materyallerinin yerini alabilir ve böylece sentetik malzemelerin kullanımını azaltabilir (Petersen vd. 1999).

Sosis, fileto ve kurutulmuş et gibi yüksek yağ içeren gıdaların yenilebilir kaplama uygulanmasının sonrasında oksidatif stabilitesi korunmaktadır (Guilbert vd. 1997). Balıkların raf ömrünü uzatması amacıyla yenilebilir film uygulaması yapılan bir çalışma sonucunda bu filmlerin su buharı geçişine engel olduğu ve diğer kalite parametrelerinde bozulmaların önüne geçtiği için balıkların bozulmasını geciktirdiği belirtilmiştir (Tharanathan 2003).

Yenilebilir film ve kaplamalar antioksidan, antimikrobiyel, emülgatör, aroma verici, renklendirici ve nutrasötik maddeler gibi gıdaların kalite özelliklerini iyileştirmek ve gıdayı korumak amacıyla kullanılan ajanlar için bir taşıyıcı görevi görüp, ilave edilen ajanın özelliklerine bağlı olarak gıdanın kalitesini ve güvenliğini artırabilmektedir (Han 2002, Han 2003, Candoğan vd. 2017). Antioksidan ve antimikrobiyel aktivite gösteren ajanlar gıdayı oksidatif ve mikrobiyel bozulmalara karşı korumak amacıyla film solüsyonlarına ilave edilirler (Han 2002, Han 2003). Böylece yenilebilir film ve kaplamaların sağladığı korumaya ek olarak bir koruma sağlarlar ve gıdanın kalitesinin iyileştirilmesinde ve güvenliğinin artırılmasında aktif bir şekilde görev alırlar (Kim vd. 2012, Lee vd. 2012, Kang vd. 2013). Bu şekilde biyoaktif

maddelerin doğrudan gıdaya eklenmesi önlenerek son ürünün kalitesi ve raf ömrü uzatılmış olur (Lee 2010, Zhou vd. 2010, Yemiş ve Candoğan 2017).

Yenilebilir filmler proteinler (kolajen, jelatin, soya, peynir altı suyu), polisakkaritler [karbonhidrat (aljinat, kitozan, selüloz, nişasta), gamlar] ya da lipitler (mum, yağ asitleri) gibi çeşitli doğal kaynaklar kullanılarak (Tharanathan 2003) üretilebileceği gibi bu bileşiklerin kombinasyonları kullanılarak da üretilebilmektedir (Pereda vd. 2011, Al-Hassan ve Norziah 2012). Doğal polimer bazlı yenilebilir filmlerin özellikleri kullanılan polimerin kimyasal yapısına bağlıdır (Fabra vd., 2008). Protein ve polisakkarit kullanılarak üretilen yenilebilir filmler oksijen geçişine karşı, lipit kullanılarak üretilen filmler ise su buharı geçişine karşı bariyer özelliği göstermektedir (Dutta vd. 2009).

2.2.1 Lipit bazlı yenilebilir filmler

Film üretimi için kullanılan doğal polimerlerden olan lipitler ve reçineler yenilebilir, doğada kendiliğinden parçalanabilir ve kohezif ürünlerdir. Oda sıcaklığında birçoğu yumuşak katı fazda olan lipit ve reçineler kendilerine has belirli sıcaklıklarda faz değişimine uğrarlar. Bu sebeple de ısı işlem gördükten sonra herhangi bir şekli alabildikleri için akışkan, yumuşak katı ve kristal katı gibi farklı fazlarda üretilebilirler. Hidrofobik yapıya sahip olan lipit ve reçineler film üretiminde kullanıldıklarında üretilen filmler suya karşı oldukça dirençlidirler ve yüzey enerjileri düşüktür. Yenilebilir filmlerin su penetrasyonuna karşı dayanıklılıklarını artırmak için emülsiyon halinde ya da çok katmanlı olarak protein ve polisakkaritlerle birlikte kullanılabilirler (Mehyar vd. 2012).

2.2.2 Protein bazlı yenilebilir filmler

Proteinler kendilerine özgü moleküler yapıları ve aminoasit dizilimleri olan makromoleküllerdir ve film üretimi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Proteinleri film üretimi için kullanılan diğer doğal polimerlerden ayıran önemli özellikleri yapısal denatürasyonları, elektrostatik yükleri ve amfifilik (hem hidrofilik hem hidrofobik) yapıda olmalarıdır. Proteinlerin ikincil, üçüncül ve kuaterner yapıları, ısı denatürasyonu, basınç, ışınlama, mekanik işlemler, kimyasal hidroliz, enzimatik

işlemler, kimyasal çapraz bağlamayla ve asit, alkali, metal iyonu, tuz kullanımıyla istenen film özelliklerini elde etmek için kolayca değiştirilebilmektedir. Bu işlemler sonucunda üretilen film ve kaplamaların mekanik ve fiziksel özellikleri kontrol altına alınabilir. Protein bazlı film üretimi için kullanılacak doğal polimerler hayvansal dokular, süt, yumurta, tahıllar ve yağlı tohumlar gibi birçok farklı hayvansal ve bitkisel kaynaktan elde edilebilmektedir (Krochta 2002). Protein bazlı yenilebilir film üretiminde kullanılan doğal polimerlerden bazıları; jelatin, kolajen, zein, kazein, gluten ve soya proteinidir (Wittaya 2012).

Protein bazlı yenilebilir filmler olumlu mekanik ve organoleptik özelliklere sahiptir ve oksijen (O₂), karbondioksit (CO₂), azot (N₂) gazları ve aromalar için iyi bariyer özelliği göstermektedir (Bermudez-Oria vd. 2019). Bunun yanı sıra protein bazlı filmler protein moleküllerinin hidrofilik özellikleri nedeniyle yüksek nem adsorpsiyonuna sahiptir (Prodpran vd. 2007) ve su buharı geçirgenlikleri oldukça yüksektir (Bermudez-Oria vd. 2019). Protein bazlı filmler gıda endüstrisinde sentetik ambalajların yerini almak için kullanılabilir, ancak bazı mekanik özelliklerinin ve su buharı geçirgenliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Zink vd. 2016).

Peynir altı suyu, soya ve gluten kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin de iyi bariyer özelliği gösterdiği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Schmid 2013, Zink vd. 2016).

Etlerde bağ dokuda bulunan yapısal bir protein olan kolajen, jelleşme, kalınlaşma ve film oluşturma özellikleri nedeniyle gıda, ilaç, tıp ve fotoğrafçılık alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Malcor vd. 2016). Doğada biyolojik olarak çözünebilir olması, doğaya uyumlu olması ve birçok farklı kaynaktan elde edilebilir olması gibi nedenlerden dolayı da son yıllarda yenilebilir film üretiminde kullanılmak üzere ilgi çekmektedir (Rath vd. 2016).

Düşük maliyetli, doğaya uyumlu ve biyolojik olarak parçalanabilen bir protein olan jelatin ise iyi film oluşturma kabiliyeti, su bağlama kapasitesi ve emülsifiye edici özellikleri gibi çeşitli fonksiyonel özelliklere sahiptir (Wang vd. 2015). Bu özellikleri nedeniyle dikkat çeken jelatin diğer proteinlere kıyasla yenilebilir film ve kaplama üretiminde yaygın bir şekilde kullanılan, üzerinde en çok araştırma yapılan doğal

polimerdir (Bigi vd. 2002, Gómez-Guillén vd. 2009). Jelatin kullanılarak üretilen yenilebilir filmler, doğaya uyumlu olmaları, doğada parçalanabilir olmaları, jelatinin birçok farklı kaynaktan elde edilebilir olması ve düşük maliyetli olması gibi nedenlerden dolayı gıdaların korunması amacıyla endüstride kaplama ve film materyali olarak kullanılabilir (Gómez-Guillén vd. 2009, Liu vd. 2012, Benbettaieb vd. 2014, Jridi vd. 2014). Bunun yanı sıra jelatin bazlı yenilebilir filmler hidrofilik yapıları nedeniyle yüksek su buharı geçirgenliğine sahiptirler ve nem içeriği yüksek olan bir yüzeyle temas ettiklerinde mekanik kuvvetleri azalmaktadır. Bu dezavantajları dolayısıyla ambalaj materyali olarak kullanılmaları oldukça sınırlıdır (Chiono vd. 2008).

Hayvansal bir protein olan jelatinin jelleştirme fonksiyonu sayesinde et ürünlerine uygulanması için esnek filmlerin üretiminde kullanılabileceği belirtilmiştir (Krochta ve De Mulder-Johnson 1997). Jelatin filmler gıdayı mikrobiyel gelişmeye, nem kaybına, su geçişine, sızıntı yağ oluşumuna ve kızartma işlemi sırasında yağ çekmesine karşı korumak amacıyla direkt gıdanın yüzeyine veya daha farklı şekilde uygulanabilmektedirler (Cutter 2006). Jelatin su ve oksijene karşı bir bariyer özelliği gösterdiğinden gıdanın su kaybetmesini engelleyerek miyogloblin ve lipit oksidasyonunu kontrol altına alarak gıdanın raf ömrünü uzatmaktadır (Krochta ve De Mulder-Johnson 1997, Herring vd. 2010, Cardoso vd. 2016). Mendis vd. (2005) et ürünlerinde özellikle jelatin kaplama kullanılmasını önermiştir.

Sığır, domuz, kümes hayvanları ve balık gibi farklı etlerde jelatin kaplama uygulanan çalışmalarda jelatin kaplamanın ürünlerin renklerinde oluşan bozulmaları engellediği görülmüştür (López-Caballero vd. 2004). Ayrıca kümes hayvanları, domuz ve balık etlerinde uygulanan jelatin kaplamanın lipit oksidasyonunun sonucunda gerçekleşen aroma kayıplarının azalmasını da sağladığı belirtilmiştir (Ou vd. 2001).

Belirli bir çözücü madde içerisinde, belirli sıcaklık ve pH değerlerine sahip koşullar altında elde edilen jelatinin (Liu vd. 2009) başlıca kaynakları sığır ve domuz gibi memeli hayvanların kemikleri ve derileridir (Gómez-Guillén vd. 2002, Liu vd. 2012). Ülkemiz dahil olmak üzere bazı bölgelerde dini sebeplerden dolayı domuzdan elde edilen jelatinin kullanımının yasaklanması ve deli dana hastalığı salgını nedeniyle sığır kullanımının tüketiciyi endişelendirmesi (Liu vd. 2012)

endüstrinin farklı jelatin kaynaklarına yönelmesine neden olmuştur. Bu amaçla balık jelatininin kullanımı önem kazanmıştır. Balık kemikleri ve derileri de jelatin elde edilmesi amacıyla kullanıma oldukça uygundur (Gómez-Guillén vd. 2002). Balık işleme endüstrisinde önemli bir yan ürün olan ve kirliliğe neden olan balık derisi de değerli bir jelatin kaynağıdır (Badii ve Howell 2006). Önemli bir jelatin kaynağı olan yumurta kabuğu zarı da biyokimyasal özellikleri, alerjik ve otoimmün reaksiyonlar açısından da risksiz olması, genotoksik ve sitotoksik etkisi olmaması gibi nedenlerle jelatin üretimi için memeli kaynaklarının yerini alabilecek bir üründür (Mohammadi vd. 2016).

Farklı kaynaklardan ve farklı ekstraksiyon koşulları ile ekstrakte edilen jelatinlerin molekül yapısı, amino asit dizilimi ve fonksiyonel özelliklerinde önemli farklılıklar olduğu (Chiono vd. 2008), sığır ve domuz derisinden elde edilen jelatin kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin su buharı geçişini engelleme açısından zayıf oldukları belirtilmiştir (Sobral vd. 2001). Tavuk derisinden elde edilen jelatin güçlü hidrojen bağları içermesi nedeniyle daha yüksek jel mukavemetine, yapışkan ve elastik modülüne sahiptir (Sarbon vd. 2013). Hangi kaynaktan elde edilmiş olursa olsun jelatin filmlerin mekanik özellikleri ve suya karşı gösterdikleri direnç oldukça zayıftır. Jelatin filmlerin bu özelliklerini iyileştirmek amacıyla geliştirilen yöntemler kimyasal ve enzimatik işlemler uygulanması (Zhang vd. 2010) ve diğer doğal polimerlerle kombine edilerek yeni kompozit filmler oluşturulmasıdır (Garcia vd. 2004).

2.2.3 Polisakkarit bazlı yenilebilir filmler

Polisakkaritler, gıdayı korumak amacıyla ambalaj materyali olarak üretilen yenilebilir film ve kaplamalar için biyomateryal olarak kullanılabilir (Zhang vd. 2008, Han 2014). Film üretimi için en çok kullanılan polisakkaritler kitosan, nişasta, aljinat, karragenan, selüloz, pektin, pullulan, gellan gam, ksantan gam, pirinç unu vb. polimerlerdir (Durango vd. 2006). Nötr yapıdaki karbonhidratların çok sayıda hidroksil gruplara sahip olmaları ve hidrofilik kısımları nedeniyle yapılarındaki hidrojen bağları film oluşumunda ve film özelliklerinde en önemli role sahiptir.

Polisakkarit bazlı filmler gazların geçişi için oldukça iyi bariyer özelliği göstermektedirler. Böylece depolama sırasında gıdaya herhangi bir gaz geçişini önleyebilmekte, gıdanın aroma bileşiklerini kaybetmesini geciktirebilmekte ve gıdada kalite kaybına neden olabilecek maddelerin gıdaya geçişini önleyebilmektedir (Acevedo-Fani vd. 2015). Yenilebilir filmlerin oksijen gibi gazların geçişine karşı bariyer görevi göstermesi doymamış yağ asitleri içeren gıdaların oksidatif stabilitesini koruması açısından önemlidir (Dutta vd. 2009). Polisakkarit bazlı yenilebilir filmler uygun mekanik ve optik özellik göstermelerine rağmen hidrofilik özelliği nedeniyle neme karşı oldukça hassastır ve bu yüzden su buharı geçişini engelleme kapasiteleri de oldukça düşüktür (Fabra vd. 2018).

Suda çözünebilen higroskopik bir polisakkarit olan pektin, jelleşme, stabilize etme ve kalınlaştırma gibi fonksiyonel özelliklerinden dolayı gıda ve ilaç endüstrilerinde kaplama ve kapsül malzemesi olarak kullanılmaktadır (Ahn vd. 2017). Kang vd. (2007) yaptıkları çalışmada pektin bazlı ürettikleri yenilebilir filmleri köfte kaplaması olarak kullanmışlardır.

Nişasta birçok farklı kaynaktan elde edilebilir, düşük maliyetli, gıdayla temasa uygun, yenilebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir olması nedeniyle gıda ambalaj materyali olarak birçok çalışmada kullanılmıştır (Cazón vd. 2017). Fakat nişasta bazlı üretilen yenilebilir filmler de diğer polisakkaritler gibi hidrofilik olduğu için neme karşı oldukça hassastırlar ve su buharı geçirgenlikleri oldukça yüksektir. Bu zayıf özelliğini iyileştirmek amacıyla farklı nişasta kaynakları, modifiye nişasta türleri ve filmlere ilave edilebilecek doğal katkı maddeleri üzerine araştırmalar yapılmıştır (Mali vd. 2006, Viga-Santos vd. 2007).

Kitosan kabuklu canlıların dış iskeletinin temel bileşeni olan kitinden alkali varlığında deasetilasyon yoluyla elde edilen bir polisakkarittir (Bonilla vd. 2012, Jung vd. 2010). Diğer polimerlerle kıyaslandığında kitosanın doğaya uyumlu olması, doğada biyolojik olarak parçalanabilmesi ve toksik olmaması gibi birçok avantajı vardır (Dutta vd. 2009, Benbettaieb vd. 2014). Ayrıca antioksidan ve antimikrobiyel aktivitesi olan kitosan iyi film oluştırma kabiliyetine de sahiptir (Jung vd. 2010, şahin vd. 2017). Kitosanın özellikle *Staphylococcus aureus*'a karşı oldukça etkili olduğu bilinmektedir. (Fernandes vd. 2008). Çeşitli biyomedikal uygulama için de

kullanılan kitosanın (Pereda vd. 2011) gıdaların raf ömrünü uzatmak, mikrobiyolojik gelişimi engellemek için kullanımına yönelik ilgi oldukça artış göstermektedir (Martins vd. 2012). Bunların yanı sıra kitosanın yüksek su buharı geçirgenliği ambalaj malzemesi olarak kullanımını sınırlandırmaktadır. Yapılan bazı kimyasal işlemler sonucunda kitosanın suya karşı dayanıklılığının arttığı, fakat bunun sonucunda da antimikrobiyel aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir (Gomez-Estaca vd. 2011).

Phaeophyceae adı verilen kahverengi deniz alglerinden alkali eşliğinde elde edilen aljinat, mannuronik asit (M) ve guluronik asitten (G) oluşan bir ko-polimerdir ve aljinik asidin tuzudur (Lee ve Mooney 2012). Toksik olmaması, doğada kendiliğinden parçalanabilmesi, doğaya uyumlu olması ve düşük maliyeti nedeniyle yenilebilir film üretiminde kullanılması açısından dikkat çekici bir biyomateryaldir (Vu ve Won 2013). Doğrusal yapıda olmasından dolayı aljinat güçlü filmler oluşturabilmektedir ve katı haldeyken lifli bir yapıya sahiptir. Bu özellikleri nedeniyle de film üretimi için oldukça elverişlidir (Blanco-Pascual vd. 2014).

Diğer polisakkaritler gibi hidrofilik olan aljinat, su buharı geçişi için zayıf bariyer özelliği göstermektedir ve oldukça da higroskopiktir (Bourtoom 2008). Higroskopik özellik göstermeleri sayesinde uygulandıkları gıdanın dehidrasyonunu yavaşlatabilmektedirler (Olivas ve Barbosa-Cánovas 2008, Benavides vd. 2012). Aljinat gıda endüstrisinde et ürünlerinin (Varela ve Fiszman 2011), balıkların ve meyvelerin (Hambleton vd. 2011) dehidrasyonunu önlemek amacıyla, içecek endüstrisinde ise kıvam arttırıcı, jel oluşturucu ve koloidal stabilize edici ajanlar olarak kullanılabilirler (Liakoset vd. 2013). Ayrıca dondurma, pudingler, reçeller için kıvam arttırıcı, jöleler için ise jelleştirici olarak da kullanılmaktadır (Draget vd. 2016).

Film oluşturmak için iki ve üç değerlikli katyonlarla reaksiyona girebilmeleri aljinatların en önemli özelliğidir. Reaksiyona girdikleri iyonlar, M ve G blokları arasında bir bağ kurarak “yumurta kutusu” modeli olarak adlandırılan düzenli ve kararlı üç boyutlu bir ağ oluşturmaktadırlar (Benavides vd. 2012). Aljinat bazlı filmlere üretim aşamasında kalsiyum (Ca) ilave edilmesi filmlerin çapraz bağlanmasını, mekanik ve bariyer özelliklerini geliştirebilmektedir (Olivas ve

Barbosa-Cánovas 2008, Benavides vd. 2012). Üretim sırasında kalsiyum (Ca) kullanılması aljinat bazlı filmlerin su buharı geçirgenliğini azaltarak suda çözünmelerini engellemektedir (Olivas ve Barbosa-Cánovas 2008).

2.2.4 Kompozit yenilebilir filmler

Doğal polimerler bir arada kullanıldıklarında birbirlerinin zayıf özelliklerini geliştirebilecek yeni bağlar oluşturabilmektedirler (Denavi vd. 2009). İki ya da daha fazla doğal polimerin bir arada kullanılmasıyla üretilen kompozit filmler, tek bir doğal polimerden üretilen filmlerin bazı zayıf özelliklerini iyileştirmek ya da belirli uygulamalar için istenilen film yapısına ulaşmak için üretilmektedirler. Çok katmanlı kompozit filmler farklı doğal polimerlerden üretilmiş iki veya daha fazla filmin üst üste uygulanmasıyla elde edilmektedir ve uygulanan son filmin özellikleri optimize edilmektedir. Doğal polimerlerin kendilerine has özelliklerinin bir arada bulunduğu benzersiz bir film elde etmek için (Wu vd. 2002) kompozit filmler iki veya daha fazla doğal polimerin karıştırılmasıyla homojen bir film çözeltisi oluşturularak da üretilmektedir (Were vd. 1999).

Protein bazlı filmlerin çoğunda karşılaşılan bir problem olan yüksek su buharı geçirgenliği jelatin filmlerde de görülmektedir. Jelatin filmlerin bu zayıf özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla kazein (Chambi ve Grosso 2006), pektin (Liu vd. 2007), kitosan (Kolodziejska ve Piotrowska 2007), nişasta (Arvanitoyannis vd. 1998) ve soya proteini (Denavi vd. 2009) pirinç unu ve ksantan gam gibi farklı doğal polimerlerle birlikte kullanımları üzerine çalışmalar yapılmıştır (Hosseini vd. 2013). Jelatin filmlere farklı polisakkarit türlerinin dahil edilmesinin film çözünürlüğünü, şeffaflığını, su buharı geçirgenliğini azaltırken, filmlerin erime sıcaklığını ve kristallliğini artırdığını gösteren çalışmalar mevcuttur (Hosseini vd. 2013). Lipitlerin jelatin ile birlikte kullanılmasıyla üretilen yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenliğinde azalma olduğu görülmüştür (Limpisophon vd. 2010).

Kitosan filmler fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla polisakkarit ve proteinlerle karıştırılarak kompozit film olarak da üretilmektedir (Aşık ve Candoğan 2014, Benbettaieb vd. 2014). Kitosan ve jelatinin birbirlerine affinite göstermeleri ve uyumlu olan hidrofilik polimerler olmalarından dolayı

birlikte kullanıldıklarında gelişmiş özelliklere sahip filmler üretilmektedir (Benbettaieb vd. 2014) ve bu kitosan-jelatin bazlı filmler oldukça homojen bir yapıya sahip olmaktadır (Elsabee ve Abdou 2013).

Balık ürünlerinin kalite özelliklerini iyileştirmek ve raf ömrünü uzatmak için kitosan-jelatin filmler kullanılmıştır (Nowzari vd. 2013). Kitosan ve jelatinden oluşan kompozit filmlerin, jelatin bazlı ve kitosan bazlı filmlerle kıyaslandığında mekanik ve fiziksel özelliklerin daha üstün olduğu birçok çalışma ile ortaya konmuştur (Hosseini vd. 2013, Benbettaieb vd. 2014). Kitosan bazlı kompozit filmler uygun mekanik özellikleri, iyi film oluşturma kabiliyetleri ve gaz geçişini engellemeleri nedeniyle gıda ambalajı üretiminde kullanılabilirler (Martins vd. 2012).

Pektin-jelatin bazlı kompozit filmlerin pektin ve başka herhangi bir protein kullanılarak üretilen kompozit filmlere göre mekanik ve su buharı geçirgenliği gibi özellikler açısından daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir (Di Pierro vd. 2013).

Lipit bazlı filmler neme karşı dayanıklı olmalarına rağmen oksidasyona karşı hassastırlar ve kırılgan bir yapıya sahiptirler (Perez-Gago ve Krochta 2001, Gómez-Guillén vd. 2009). Bu nedenlerle gıda ambalajı olarak kullanmak üzere kompozit filmlerin üretilmesi üzerine çalışılmaktadır (Gómez-Guillén vd. 2009). İçerikteki lipit su buharı geçirgenliğine karşı iyi bir bariyer özelliği gösterirken (Garcia vd. 2000) polisakkarit ve proteinler gaz geçişine karşı bariyer özelliği gösterebilmektedir (Arvanitoyannis vd. 1996).

Lipit-protein kompozit filmlerin su buharı geçirgenliği, optik ve mekanik özellikleri incelenmiş ve emülsiyon tipi kompozit filmlerde lipit damlacık boyutu, dağılımları ve bunların üretilen filmlerin bazı özellikleri üzerine etkileri araştırılmış, fakat damlacık boyutu ile filmlerin su buharı geçirgenliği ve mekanik özellikleri arasında bir ilişki olup olmadığı belirlenememiştir (Atarés vd. 2010).

Perez-Gago ve Krochta (2001), peynir altı suyu ve balmumu kullanarak ürettikleri emülsiyon tipi kompozit filmlerin su buharı geçirgenliği ve mekanik özelliklerini incelemişler, %60 oranında balmumu içeren filmlerin emülsiyon damlacık boyutu azaldıkça su buharı geçirgenliğinin azaldığını ve gerilme kuvveti (tensile strength) ve

uzama (elongation) gibi mekanik özelliklerinin de arttığını bildirmişler. Lipit-polisakkarit bazlı kompozit filmlerin emülsiyon tipi film olarak üretilibilmelerinin yanı sıra iki katmanlı film şeklinde de hazırlanabileceği, lipit-polisakkarit bazlı kompozit filmlerin mekanik özelliklerinin iyileştiği ve su buharı geçirgenliğinin de azaldığı belirtilmiştir (Fabra vd. 2016).

2.2.5 Aktif Antioksidan Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Gıdaların kalite özelliklerini korumak ve raf ömrünü uzatmak için gıda endüstrisinde yeni ambalaj sistemlerinin geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmalar içinde aktif ambalajlama sistemleri önemli bir yer tutmaktadır (Battisti vd. 2017, Lorenzo vd. 2014). Aktif ambalajlama tüketicilerin güvenilir ürün talebini karşılamak amacıyla geliştirilen, gıda güvenliği, teknolojisi ve ambalajlama alanlarındaki gelişmeleri birleştiren yenilikçi bir gıda ambalajlama şeklidir (Scannell vd. 2000).

Aktif ambalajlama konseptine dahil olan aktif filmler, gıdayı nem, gaz ve madde geçişine karşı korumasının yanı sıra antioksidan ve antimikrobiyel aktivitesi olan birçok fonksiyonel madde için taşıyıcı görevi görmektedir. Aktif bileşiklerin ürün yüzeyine direkt olarak uygulanması ile kıyaslandığında aktif ajanlar gıdaya daha yavaş nüfuz etmekte ve bileşenler aktivitelerini daha uzun süre, daha yüksek konsantrasyonlarda sürdürmektedir (Muppala vd. 2014).

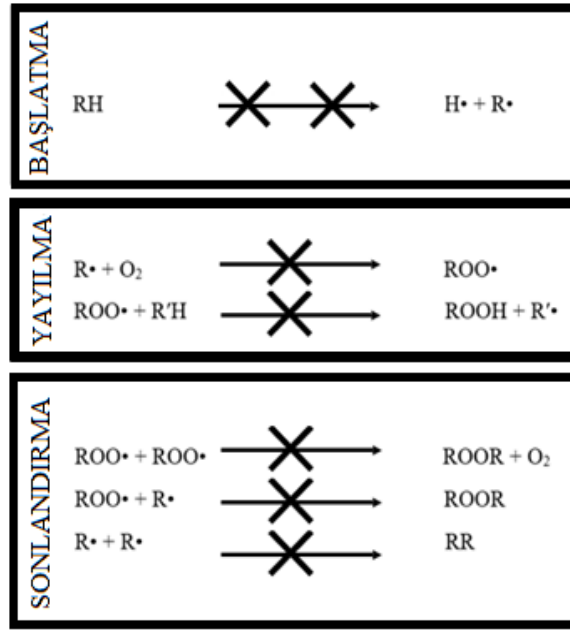
Antioksidan aktif paketlenme üründe oksidatif değişimleri geciktirmek ya da önlemek amacıyla gıda ile etkileşime girerek etki gösteren antioksidan maddeler içeren bir aktif ambalaj çeşididir (Lee 2010, Barbosa-Pereira vd. 2014, Coşkun vd. 2014, Martucci vd. 2015, Adilah ve Hanani 2016). Bu sistemlerde gıdayı oksidasyonuna karşı korumak amacı için ambalaj materyaline ilave edilen sentetik antioksidanların yanı sıra, tüketicilerin doğal ürün talebi doğrultusunda doğal antioksidanların kullanımına yönelik ilgi giderek artış göstermektedir (Barbosa-Pereira vd. 2014, Sanches-Silva vd. 2014, Fang vd. 2017). Bu bağlamda, özellikle çeşitli bitki ekstraktları, uçucu yağlar, vitaminler ve pigment maddeleri gibi doğal antioksidan özellikte maddelerin kullanımı yaygınlaşmaktadır.

2.3 Gıdalarda Kullanılan Doğal Antioksidanlar

Oksidasyon gıdalarda hasat, işleme ve depolama sürecinde lipit, protein ve karbonhidrat bileşenlerinde gerçekleşip istenmeyen lezzet oluşumuna, elzem yağ asitlerinin, vitaminlerin, biyoaktif bileşiklerin kaybına ve toksik etkisi olan bileşiklerin oluşumuna yol açarak gıdanın tüketilebilirlik açısından uygun olmayan bir hale gelmesine neden olur (Shahidi ve Zhong 2005). Isı, ışık, oksijen, enzim, geçiş metalleri, metaloproteinler ve mikroorganizmalar oksidatif reaksiyonların başlamasına neden olan etmenlerdir ve oksidasyonu kontrol altına almak için geliştirilen birçok yöntemin hedef noktasıdır (Shahidi ve Zhong 2010a). Oksidatif değişimleri önleyerek gıdanın kalitesini kontrol altına almak amacıyla geliştirilen yöntemlerden en etkili, uygun ve ekonomik olan gıdaya antioksidan madde ilave edilmesidir (Wanasundra ve Shahidi 2005).

Antioksidanlar düşük konsantrasyonlarda bile oksidatif reaksiyonları geciktirebilen bileşiklerdir. Gıdalarda doğal olarak bulunan antioksidanlar genellikle işleme aşamasında kayba uğradıkları için gıdalara dış kaynaklardan antioksidan madde ilave edilmesi gerekir. Antioksidanlar gıdalarda gerçekleşen oksidatif değişimleri kontrol altına alarak gıdanın kalite özelliklerini korumak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla dünya çapında birçok gıda üreticisi tarafından katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Shahidi ve Zhong 2010b).

Antioksidanlar serbest radikal tutucu, tekli oksijen söndürücü, peroksitleri, diğer ROS'ları ve metal iyon şelatörleri inaktive edici, ikincil oksidasyon ürünlerini söndürücü ve pro-oksidatif enzimleri inhibe edici gibi etkilere sahiptirler (Shahidi ve Zhong 2010b). Şekil 2.2'de antioksidanların lipit oksidasyonunu yavaşlatma ve engelleme yolları X işaretleri ile gösterilmiştir. Lipit oksidasyonunu yavaşlatmak ya da engellemek için antioksidanlar başlatma aşamasında oksijen tutucu ya da şelat oluşturucu, yayılma aşamasında oksijen tutucu ya da serbest radikal yakalayıcı ve sonlandırma aşamasında ise serbest radikal yakalayıcı fonksiyon göstermektedirler (Embuscado 2015).



Şekil 2.2 Antioksidanların oksidasyonu yavaşlatma/engelleme yolları (Embuscado 2015'den değiştirilerek alınmıştır).

Gıda endüstrisinde 1940'lı yıllardan beri kullanılan sentetik antioksidanlar içinde bütil hidroksianisol (BHA) ve bütilhidroksitoluen (BHT) gibi bileşiklerin hayvanlarda karsinojenik etki gösterdiği ortaya çıkmış, Tersiyer bütil hidrokinon (TBHQ)'nın kullanımı da bazı ülkelerde kısıtlanmıştır. Bu sebeple bitkilerden elde edilen doğal antioksidanlar gıda endüstrisinde geniş çapta kullanım alanı bulmuştur (Shahidi 2000, Shahidi ve Zhong 2010b). Tokoferoller, tokotrienoller, askorbik asit, karotenoidler, fenolik maddeler ve polifenoller sebze ve meyvelerde bulunan doğal antioksidanlardır. Çizelge 2.5'da farklı doğal kaynaklarda bulunan doğal antioksidan gruplarına örnekler verilmiştir. Yapısal çeşitliliğe sahip olan polifenoller en geniş doğal antioksidan grubudur ve kimyasal yapısı, kaynakları, antioksidan aktivitesi ve insan sağlığı üzerine etkileri açısından üzerinde oldukça fazla araştırma yapılmıştır (Shahidi ve Naczki 2004, Shahidi 2000, Shahidi ve Ho 2007).

Çizelge 2.4'te farklı antioksidan gruplarında yer alan sentetik ve doğal antioksidan örneklerinin gıdada oksidasyonu önlemek amacıyla gösterdiği fonksiyonlar verilmiştir.

Çizelge 2.4 Farklı Antioksidan Grupları ve Fonksiyonları (Embuscado 2015).

Antioksidan Grubu	Örnekler	Fonksiyonu
Serbest Radikal Yakalayıcı	BHA	Hidrojen atomu vererek serbest radikalleri engeller
	BHT	
	TBHQ	
	Propil gallat tokoferoller	
	Bitkilerden ve baharattan elde edilen ekstraktlar (Biberiye, karanfil, mercanköşk, adaçayı)	
Oksijen Tutucular	Askorbik asit	Oksijenle reaksiyona girer
	Eritorbik asit	
	Sülfidler, bisülfidler	
	Askorbik palmitat	
Şelat Oluşturucu	Sitrik asit	Oksidasyonu katalizleyen metal iyonlarıyla reaksiyona girer
	EDTA	
	Fosfatlar	

Çizelge 2.5 Doğal kaynaklarda bulunan antioksidanlar (Shahidi ve Zhong 2010a)

Antioksidan Grubu	Antioksidan Bileşik	Bulunduğu Doğal Kaynak
Tokoferoller	α -, β -, γ -, δ - tokoferoller	Tohumlar, tahıl ve baklagil taneleri, sert kabuklu yemişler, bitkisel yağlar vb.
Tokotrienoller	α -, β -, γ -, δ - tokotrienoller	Palm yağı, pirinç kepeği yağı vb.
Askorbik asit	Askorbik asit ve askorbatlar	Sebze ve meyveler
Karotenoidler	B-karoten, likopen, astaksantin, fukoksantin	Havuç, domates, balıklar, kabuklu deniz hayvanları, deniz yosunu vb.
Fenolik bileşikler/ Polifenoller	Ferulik asit, kuersetin, kateşin, resveratrol, siyanidin	Sebzeler, meyveler, kuruyemişler, tahıllar vb.

Bitkisel materyallerde, hayvansal dokularda ve mikroorganizmalarda bulunan doğal antioksidanlar oksidatif reaksiyonlara karşı koruma sağlamakla birlikte, uzun süreli tüketimlerinde insan sağlığı açısından olumlu etkilere sahiptirler (Shahidi ve Zhong 2010b). Doğal antioksidanlar gıda üreticilerinin tamamen doğal bileşenlerden oluşan temiz etiketli gıdalar üretebilmelerini sağlamaktadır (Oswell vd. 2018).

Meyve-sebzeler, çeşitli baharat ve otlar, tahıllar, hububatlar, yağlı tohumlar, çay, kahve ve kakao fenolik maddeler ve karotenoidler gibi bitki bazlı doğal antioksidanların ana kaynaklarıdır. Fenolik maddeler bitkilerin işleme sırasında atılan kısımlarında, çekirdek ve tohumlarına göre daha konsantre şekilde bulunduğu belirtilmiştir (Hosseinian ve Mazza 2009). Algler, balıklar, kabuklu deniz hayvanları ve denizde yaşayan bakteriler de doğal antioksidan kaynağı olarak kullanılmak üzere oldukça dikkat çekmektedir (Athukorala vd. 2003). Ayrıca gıda işleme ve tarımsal üretim sırasında ortaya çıkan tahıl ve kuruyemiş kabukları, turunçgillerin kabukları ve tohumları, balıkların iç organları gibi yan ürünlerin de antioksidan aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir (Cumby vd. 2008).

Doğal olarak içeriğinde bulundukları bitkilerin ve ekstraktların renginden ve duyuşal özelliklerinden sorumlu olan flavonoid (flavonlar, izoflavonlar, flavonoller, flavononlar, flavanoller, antosiyaninler ve yoğunlaştırılmış veya hidrolize edilebilir tanenler) ve flavonoid olmayan (fenolik asitler, stilbenler ve lignanlar) fenolik bileşikler, doğal kaynaklardan elde edilen ve en bol miktarda bulunan doğal antioksidanlardır (Shahidi ve Zhong 2010b).

Protein, protein hidrolizatları, peptitler ve aminoasitler gibi azotlu bileşikler de önemli ölçüde antioksidan aktivite gösterirler (Shahidi ve Zhong 2010a). Protein hidrolizatlarının antioksidan aktivitesi peptit yapısına (peptit büyüklüğüne, amino asit dizilimine) ve hidroliz koşullarına (pH, enzim, sıcaklık, reaksiyon süresi, substrate/enzim oranı vb.) bağlıdır. Peptit yapısı ise protein kaynağına ve hidroliz derecesine bağlı olarak değişmektedir (Shahidi ve Zhong 2008).

Fosfatidilkolin, fosfatigiletanolamin ve fosfatidilinositol gibi fosfolipitlerin de antioksidan aktivite gösterdiği bilinmektedir (Shahidi ve Zhong 2010b). Fosfolipitlerin tokoferollerle sinerjik etki göstermesi, pro-oksidanlarla şelat

oluşturması, Maillard reaksiyonu ürünleri oluşturması ve yağ ile hava arasında oksijen geçişini engelleyici bariyer görevi görmesi gibi farklı mekanizmalarla antioksidan aktivite gösterdikleri düşünülmektedir (Hidalgo vd. 2006).

Düşük molekül ağırlığa sahip polisakkaritler de ekstratların antioksidan aktivitesinde önemli rol oynamaktadır. Yapılan birçok çalışma, bitkilerden, mantarlardan ve bakterilerden elde edilen polisakkaritlerin in vivo ve in vitro sistemlerde antioksidan madde görevi gördüğünü ortaya koymuştur (Zhang vd. 2003, Chen vd. 2005, Tannin-Spitz vd. 2005, Guo vd. 2010).

Maillard reaksiyonu ürünleri, lipolik asit, ürik asit, ksantin gibi sülfür ve nitrojen içeren heterosiklik bileşiklerin çeşitli sistemlerde (Lee ve Shibamoto 2002), bitkisel yağlarda bulunan b-sitosterol gibi sterollerin de soya fasulyesi yağında antioksidan madde görevi gördüğü belirtilmiştir (Devi vd. 2007).

2.3.1 Et ve et ürünlerinde kullanılan doğal antioksidanlar

Yüksek lipit ve protein içeriğine sahip et ve ürünlerinde oksidatif stabilitenin sağlanması amacıyla çeşitli şekillerde doğal antioksidan maddelerin kullanımına yönelik birçok çalışma literatürde yer almaktadır.

Choe vd. (2011) domuz etiyle yaptıkları çalışmada nilüfer ve arpa yaprağı tozu ilave ettikleri çalışmada 10 gün soğuk depolama sonunda BHT ilave edilen kontrol gruplarına kıyasla lipit oksidasyonunda önemli ölçüde azalma olduğunu bildirmişlerdir. Çin Kanton Sosisi'ne nilüfer çekirdeği kabuğu ekstraktı ilave edilen diğer bir çalışmada, doğal antioksidanın TBARS ve peroksit değerlerinin artışını geciktirdiği bulunmuştur (Qi ve Zhou 2013). Nilüfer yaprağı ve kökünün ekstraktlarının ilave edildiği domuz ve sığır etlerinin 4°C'de 10 gün depolandığı bir çalışmada, örneklerin antioksidan aktivitesinin artış gösterdiği, fakat lipit oksidasyonuna karşı lotus kökü ekstraktının daha etkili olduğu belirtilmiştir (Huang vd. 2011).

Biberiye ve melisa ekstraktları ilave edilmiş domuz eti köfteleri modifiye atmosferde paketlenmiş ve 3 gün süreyle ışık altında depolanmıştır ve çalışma sonucunda ekstrakt ilave edilmiş grupların TBARS değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir (Lara

vd. 2011). Burgerlerde biberiye ve yabani mercanköşk ekstraktlarının tek tek ve birlikte kullanıldığı, ekstraktların BHT/BHA ile birlikte kullanıldığı ve sadece BHT/BHA kullanılan gruplar halinde hazırlanıp ışınlama yapılmış ve -20°C'de 90 gün depolanmıştır. Biberiye ilave edilen grupların lipit oksidasyonunu en fazla inhibe edici etki gösterdiği bulunmuştur (Trindade vd. 2010). Güney Afrika'ya özgü bir sosis olan Boerewors'un biberiye ilave edilerek hazırlandığı bir çalışmada biberiye ilave edilmiş grubun, kükürt dioksit (SO₂) kullanılan grup ile karşılaştırıldığında iyi derecede oksidatif stabilite gösterdiği ortaya konmuştur (Mathenjwa vd. 2012).

Mohemeda vd. (2011) ışınlama öncesinde kıymaya biberiye, adaçayı ve mercanköşk ekstraktları ilave edildiğinde TBARS değerlerinde önemli ölçüde azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Nane yaprağı ekstraktı ile hazırlanan domuz kıymasında 4°C'de depolama süresince (Biswas vd. 2012) ve karanfil uçucu yağı ile hazırlanan köftelerin 8°C'de depolama süresince (Tajik vd. 2014) TBARS değerlerinde azalma olduğu görülmüştür. Wojciak vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, yeşil çay, biberiye ve kırmızı biber ekstraktlarıyla muamele edilmiş domuz eti ürünleri buzdolabı sıcaklığında 30 gün depolanmış ve depolanma sonunda ekstrakt ile muamele edilen gruplarda kontrol grubuna kıyasla lipit oksidasyonun etkin bir şekilde azaldığı belirlenmiştir.

Modifiye atmosferde ve aerobik paketlenme yapılarak depolanan taze ve pişmiş domuz sosislerine lutein, sesamol, elajik asit ve zeytin yaprağı ekstraktı ilave edildiğinde tüm gruplarda lipit oksidasyonunun azaldığı bildirilmiştir (Hayes vd. 2011).

Önceden pişirilmiş domuz sosisi ve biftek ile yapılan farklı çalışmalarda sosis ve biftek kuru erik püresi ve elma püresi ile muamele edilmiştir ve 4°C'de 28 gün, -20°C'de ise 90 gün depolanarak lipit oksidasyonu açısından değerlendirilmiştir. 4°C'de 28 günlük ve -20°C'de 90 günlük depolamalar sonunda kuru erik ve elma püresi ile muamele edilmiş sosislerin kontrol grubu ile karşılaştırıldığında TBARS değerlerinde azalma olduğu bildirilmiştir (Nunez de Gonzalez vd. 2008b). Biftek ile yapılan çalışmada ise yine aynı şekilde kuru erik ve elma püresi ile muamele edilen

gruplarda lipit oksidasyonunda azalma olduğu belirtilmiştir (Nunez de Gonzalez vd. 2008a).

Farklı konsantrasyonlarda erik püresi ile muamele edilmiş az yağlı köftelerle yapılan bir çalışmada örnekler -18°C'de 45 gün depolanmıştır. Depolamanın sonunda erik püresi ile muamele edilen grupların kontrol gruplarına göre daha düşük TBARS değerlerine sahip olduğu bildirilmiştir (Yıldız-Turp ve Serdaroğlu 2010).

Dana sosislerin farklı konsantrasyonlarda üzüm çekirdeği ekstraktı, propil gallat ve askorbik asit ile muamele edilip pişirildikten sonra -18°C'de 4 gün süreyle depolandığı bir çalışmada depolama sonunda üzüm çekirdeği ekstraktı ve propil gallat ile muamele edilmiş grupların tazeliklerini korudukları ve askorbik asitle muamele edilmiş gruplara göre daha düşük TBARS değerleri sergiledikleri ortaya konmuştur (Kulkarni vd. 2011).

Üzüm çekirdeği unu ilave edilmiş frankfurter ile yapılan bir çalışmada üzüm çekirdeği unu ilave edilen grupların daha düşük seviyelerde oksidasyona uğradıkları ve üzüm çekirdeği unu konsantrasyonlarının artmasıyla TBARS değerlerinde azalma olduğu görülmüştür (Özvural ve Vural 2011).

Üzüm çekirdeği ekstraktı, oleoresin biberiye, suda çözünür kekik ekstresi, propil gallat, BHA ve BHT ile muamele edilip pişirilmiş köftelerin -18°C'de 6 ay depolandığı bir çalışmanın sonucunda üzüm çekirdeği ekstraktı ve propil gallat ile muamele edilmiş grupların daha düşük TBARS değerlerine ve ransit koku puanlarına sahip olduğu, BHT ile muamele edilen gruplarda ve kontrol gruplarında yüksek derecede oksidasyon gerçekleştiğini gösteren ransit koku ve çimensi lezzet oluştuğu belirtilmiştir (Colindres ve Brewer 2011).

Keçi kıyması ve pişmiş nuggetlarla yapılan bir çalışmada kıyma ve nuggetlara nar kabuğu ekstraktı ilave edilip vakum paketlenen grupların 4°C'de depolandıklarında daha düşük TBARS değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir (Devatkal vd. 2014). Keçi kıymasıyla yapılan başka bir çalışmada ise nar kabuğu tozu, kinnow kabuğu tozu ve tuzun oksidatif stabilite üzerine etkisi araştırılmış, kontrol grubuna ve tuz ilave edilmiş gruba kıyasla nar ve kinnow kabuğu tozu ilave

edilen grupların TBARS deęerlerinin daha dūřuk olduęu ve nar kabuęu tozu ilave edilmiř grupların kontrol gruplarına ve tuz ilave edilmiř gruplarla karřılařtırıldıęında TBARS deęerlerinde daha fazla bir azalma olduęu gōrōlmüřtūr (Devatkal ve Naveena, 2010).

Vaithiyanathan vd. (2011) nar suyu fenoliklerinin 4°C’de 28 gōn depolanan tavuk etinin raf ōmrō üzerine etkisini incelemiř ve nar suyu fenolikleri ile muamele edilen grubun daha dūřuk TBARS deęeri gōsterdięi belirtilmiřtir.

İki farklı avokado eřidinin (Hass ve Fuerte) kabuk ve çekirdeklerinin ekstraktlarının antioksidan aktivitesinin araştırıldığı bir çalışmada domuz kōftelerine avokado kabuk ve çekirdek ekstraktları ilave edilip 15 gōn soğuk depolama yapılmış ve TBARS değerlerinde ōnemli ōlōde azalma gōzlenmiřtir. Ayrıca Hass çeşit avokadonun kabuk ve çekirdek ekstraktlarının kōftelerde protein oksidasyonun bir sonucu olan karbonil oluşumunu inhibe ettiği belirtilmiştir (Rodríguez-Carpena vd. 2011).

Geleneksel bir Hint eti olan Goshtaba’ya farklı oranlarda elma posası ilave edip elma posasının oksidatif stabilite üzerine etkisini araştırıldığı çalışmaların sonucunda pişmemiş ve pişmiş ōrneklerde TBARS değerlerinin ve pişmiş ōrneklerde metmiyogloblin oluşumunun ōnemli ōlōde dūřuk olduğu gōrōlmüřtūr (Rather vd. 2015, 2016).

Doménech-Asensi vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada domates salçası ilave ettikleri mortadella (İtalyan sosisi)’nın 4°C’de 2 aylık depolama sonucunda renk stabilitesinin korunduğu ve lipit oksidasyonunun azaldığı belirtilmiştir.

2.4 Gilaburu (*Viburnum opulus* L.)

Caprifoliaceae familyasında yer alan *Viburnum* cinsinin Dōnya’da Gōney Amerika’dan Gōneydoęu Asya’ya yayılım gōsteren iki yōz otuz (230) tōrō (Kraujalyte vd., 2013), Tōrkiye’de ise *Viburnum opulus* L., *Viburnum lantana* L., *Viburnum orientale* Pallas ve *Viburnum tinus* L. olmak ūzere dōrt tōrō bulunmaktadır (Altun vd., 2008).

Viburnum cinsinin bir türü olan *Viburnum opulus L.*, 2-4 m boylarında, beyaz yapraklı, salkım şeklinde koyu kırmızı meyveleri olan, hızla büyüyen gür bir çalı bitkisidir (Aksoy vd. 2004, Andreeva vd. 2004, Velioğlu vd. 2006, Çam ve Hisil 2007, Özer ve Kalyoncu 2007, Sönmez vd. 2007) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Gilaburu (*Viburnum opulus L.*) bitkisi

Gilaburu bitkisi Kuzey Asya, Avrupa, Kuzey Afrika ve Batı Rusya’da bulunmaktadır (Velioğlu vd. 2006). Anavatanı ise Avrupa, Kuzeybatı Afrika, Türkistan ve Kanada olan gilaburu, Türkiye’de İç Anadolu bölgesinde özellikle Kayseri’de (Andreeva vd. 2004, Çam ve Hisil 2007) ve Karadeniz Bölgesi’nde (Altan ve Maskan 2004) yaygın olarak yetiştirilmektedir. Ayrıca İstanbul, İzmit, Bursa, Sakarya, İzmir ve Kahramanmaraş’ta da doğal olarak yetişmektedir (Aksoy vd. 2004, Sağdıç vd. 2006).

Dünya’da European cranberry bush, European highbush cranberry, American cranberry bush, Cranberry tree, Guelder rose, Wild guelder rose, Gueldres-rose, Cherry-wood, Snowball tree, Snowball bush, Dog berry, Dog-eller, Marsh elder, Marsh viburnum, High bush cranberry, King’s crown, Parnell, Witch hobbleand, White-wood tree, White elder, Whipcrop, White dogwood, Trash berry, Rose elder, Red elder, Skawdower, May rose, Stink tree Crampbark tree ve Whitten tree gibi birçok farklı şekilde isimlendirilmiştir (Aksoy vd. 2004). Türkiye’de ise eski dönemlerde “gül ebru” adıyla bilinen bu meyve ülkemizin farklı yörelerinde gilaburu, giraoğlu, geleboru, gilaboru, gildar, giligili, gilabada, giraboğlu, gilabu, gilabba, dağdığan ve dağdağan olarak da bilinmektedir (Andreeva vd. 2004, Çam ve Hisil 2007).

Çiçekleri, kabukları ve meyvelerinden geleneksel tıp gibi çeşitli alanlarda yararlanılan bu bitki (Özer ve Kalyoncu 2007) süs amaçlı olarak da kullanılmaktadır (Aksoy vd., 2004). Sonbaharın sonunda ekim-kasım ayında toplanan (Aksoy vd. 2004, Sönmez vd. 2007) salkım şeklinde koyu kırmızı renkteki meyvesi asidik ve buruk tadı (Velioğlu vd. 2006) ve hoş olmayan kokusu nedeniyle doğrudan tüketilemez (Kraujalis vd. 2017). Bu nedenle, meyve suyu, marmelat, reçel, turşu, kuru meyve gibi farklı şekillerde hazırlanarak tüketilmektedir (Sönmez vd. 2007). Avrupa, Asya ve ülkemizin bazı bölgelerinde gilaburu meyvesinden geleneksel bir içecek hazırlanmaktadır (Altun ve Yılmaz 2007, Çam ve Hişil 2007, Rop vd. 2010). İç Anadolu Bölgesi'nde özellikle Kayseri'de yerli olarak yetiştirilen ve ticari bir ürün olan gilaburunun geleneksel olarak hazırlanan içeceği halk tarafından şifalı özellikleriyle bilinmektedir (Aksoy vd. 2004, Kraujalis vd. 2017). Sonbahar aylarında toplanan meyveleri yıkanıp plastik kavanozlara su ile birlikte konularak oda sıcaklığında 3-5 ay kendiliğinden mayalanmaya bırakılır. Fermantasyon aşamasından sonra meyve suyu haline getirilen gilaburu isteğe bağlı olarak su ve/veya şeker ilave edilerek tüketilmektedir (Velioğlu vd. 2006).

Gilaburu (*Viburnum opulus* L.) meyvesinin sodyum (Na) ve potasyum (K) minerallerini, yüksek miktarda C Vitamini (Baytop 1999), askorbik asit (Rop vd. 2010), L-malik asit ve oksalik asit gibi organik asitleri (Çam ve Hisil 2007), yüksek miktarlarda polifenolik madde (Rop vd. 2010), fenolik asit (Velioğlu vd. 2006), flavonoid, antosiyanin (Velioğlu vd. 2006, Cesoniene vd. 2012) ve kendisine has tadını oluşturan valerik asit (Dinç vd. 2012) içerdiği bilinmektedir.

Yapılan birçok çalışmada *Viburnum* cinslerinin içerdiği ana fenolik bileşiğin klorojenik asit olduğu belirtilmiştir (Altun ve Yılmaz 2007, Çam ve Hişil 2007, Kraujalyte vd. 2013). Ayrıca gilaburu meyvesinde askorbat-karoten, glutatyon ve α - tokoferol gibi yüksek antioksidan aktivitesi olan bileşiklerin de bulunduğu ortaya konmuştur (Kılıçgün ve Altınar 2010, Fattahi vd. 2012). Triterpenoidler, diterpenoidler, seskiterpenler ve iridoidleri içerdiği de bilindiğinden gilaburu meyvesine ilgi giderek artmaktadır (Altun ve Yılmaz 2007). Ayrıca meyvesi linoleik ve oleik asit, inorganik maddeler ve keton bileşikleri de yüksek miktarlarda içermektedir (Yang vd. 2011). Gilaburu (*Viburnum opulus* L.) bitkisinin kabuğunda

biyoaktif maddeler olan fenolik bileşiklerin, saponinlerin, alkaloidlerin, tripenlerin ve iridoid glikozitlerin (Andreeva vd. 2004), yaprak ve kabuğunda ise bol miktarda K vitamini (Aksoy vd. 2004) bulunduğu bilinmektedir.

Gilaburu (*Viburnum opulus* L.) meyve suyunun geniş spektrumda gram negatif ve gram pozitif bakterilerinin inhibisyonunu sağladığı ve kuru meyve ve tohumlarında da yüksek antimikrobiyal aktivitesi olduğu yapılan çalışmalar sonucunda ortaya konmuştur (Sağdıç vd. 2006, Yılmaz vd. 2008, Cesoniene vd. 2012). Fenolik maddeler açısından oldukça zengin olan gilaburu ayrıca yüksek antioksidan aktiviteye de sahiptir (Koşar vd. 2011, Ersoy vd. 2017)

Böbrek taşının kimyasal olarak çözünmesini sağladığı (Aksoy vd. 2004) için geleneksel olarak böbrek taşı tedavisinde kullanılan gilaburu (Altundağ ve Öztürk 2011, İlhan vd. 2014) alternatif tıpta çeşitli tedaviler için de kullanılmaktadır (Baytop 1999). Ayrıca Asyalı, Avrupalı ve Kızılderili insanlar tarafından spazm önleyici ve hafifletici etkisi keşfedilmiştir (Nellessen 2006). Öksürük, hipoglisemi (Fujita vd. 1995), astım, soğuk algınlığı, yüksek ateş, ödem, karın ağrısı, adet sancıları, kramp, rahim enfeksiyonu, kısırlık (Nellessen 2006), romatizma, hipertansiyon, diyabet, hemoroid ve ülser gibi birçok hastalığın, karaciğer, kalp, mide, sinir, böbrek ve mesane rahatsızlıklarının (Aksoy vd. 2004) ve sindirim sorunlarının tedavisinde kullanılmaktadır (Velioğlu vd. 2006, Bae vd. 2010, Cesoniene vd. 2010). İçerdiği biyoaktif bileşikler sayesinde de günlük beslenmede tüketilmesi önemli olan bir meyve olduğu da belirtilmiştir (Iwai vd. 2004, Fukuyama vd. 2005, Kim vd. 2005).

Geleneksel olarak birçok hastalığın ve rahatsızlığın tedavisinde kullanılan gilaburu (*Viburnum opulus* L.) üzerine farmakolojik açıdan değerlendiren birçok çalışma yapılmıştır (İlhan vd. 2014, Sarıözkan vd. 2017, Eken vd. 2017). Yapılan tıbbi çalışmalar sonucunda gilaburu meyvesinin kolon kanserine (Ulger vd. 2013), böbrek taşına (İlhan vd. 2014, Tuğlu vd. 2014), kadın hastalıklarına (Saltan vd. 2016), testis ve sperm hasarına (Sarıözkan vd. 2017) karşı olumlu etkileri ve antikanser aktivitesi (Ceylan vd. 2018) bilimsel olarak kanıtlanmıştır.

Bunların yanı sıra gilaburu meyve suyunun bazı tümörlerin azalması, kabızlığın önlenmesi, iskelet ve kas sisteminin rahatlatılması, kalbin gücünün artırılması ve

yüksek tansiyonu olan hastaların damar genişliğini düzenleyici yöndeki etkilerini araştıran birçok çalışma yapılmıştır (Yao vd. 2004, Wang vd. 2011).

İnsan sağlığı için birçok faydalı ve tedavi edici etkisi bulunan gilaburudan hazırlanan ticari ürünlere talep her geçen yıl artmaktadır ve gilaburu meyvesinin endüstriyel olarak önem kazanmasına yol açmaktadır (Ulger vd. 2013).

2.5 Doğal antioksidan ilave edilen aktif yenilebilir filmler

Doğal antioksidanlar yüksek yağ içeriğine sahip gıdalarda oto-oksidasyonu geciktirmek amacıyla yenilebilir film ve kaplamaların içeriğine dahil edilmektedir (Han vd. 2008). Yenilebilir film ve kaplamaların içeriğine dahil edilen antioksidan bileşikler gıdanın yüzeyinde yüksek oranda yer aldığından gıdayı lipid oksidasyonuna karşı daha iyi bir şekilde korurlar (Gomez-Estaca vd. 2009).

Fabra vd. (2018) yaptıkları çalışmada antioksidan madde olarak fenolik içeriği yüksek olan yeşil çay ve üzüm çekirdeği ekstraktı kullanılarak ürettikleri aljinat-lipit bazlı aktif yenilebilir filmlerin -özellikle yeşil çay ekstraktı ilave edilen filmlerin- güçlü antioksidan aktivite gösterdiği ve elde ettikleri sonuçlara göre bu aktif filmlerin gıdaların kalitesini artırmak ve güvenliğini sağlamak amacıyla kullanılabileceklerini belirtmişlerdir.

Taze ve kuru olmak üzere iki farklı şekilde elde edilen kan portakalı (*Citrus sinensis*) kabuğu ekstraktının jelatin bazlı yenilebilir filme ilave edilerek antioksidan aktivitelerinin kıyaslandığı bir çalışmada iki grubun da içerdikleri kinik asit sayesinde oksidatif prosesleri yavaşlatabildikleri ve önleyebildikleri, jelatin bazlı yenilebilir filmlere kan portakalı ilavesinin filmlerin antioksidan aktivitesini önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir (Jridi vd. 2019).

Çay polifenollerini içeren jelatin-aljinat bazlı kompozit filmlerin antioksidan aktivitesinin araştırıldığı bir çalışmada polifenol içeren filmlerin kontrol filmlerine (jelatin-aljinat) göre çok daha yüksek antioksidan aktivite gösterdikleri ve çay polifenollerini içeren jelatin-aljinat bazlı filmlerin gıdalarda oksidatif stabiliteyi koruyarak raf ömrünü artırmak amacıyla gıda paketlenme uygulamalarında yenilebilir film olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Dou vd. 2018).

Ruan vd. (2019) karboksimetil selüloz-sodyum aljinat bazlı kompozit filmin içeriğine epigallokateşin gallat ilave ettiklerinde yüksek oranda epigallokateşin gallat içeren grupların daha uzun sürede daha fazla miktarda antioksidan madde salınımı yaptıkları ve böylece yağlı gıdalarda güçlü antioksidan aktivite sergileyebileceklerini öne sürmüşlerdir.

Tarçın uçucu yağı ilave edilerek üretilen kitozan-gam arabik bazlı kompozit yenilebilir filmlerin antioksidan aktivitesinin araştırıldığı bir çalışma sonucunda kitosan bazlı filmlere kıyasla 1:2 oranında hazırlanan kitosan-gam arabik filmlerde tarçın uçucu yağı daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği fakat gam arabik oranı arttıkça antioksidan aktivitenin hızla düştüğü bildirilmiştir ve bunun kitozan-gam arabik arasındaki yüksek etkileşimden kaynaklanmış olabileceği belirtilmiştir (Xu vd. 2019).

2.5.1 Doğal antioksidan ilave edilen yenilebilir filmlerin et ürünlerine uygulanması

Kekik, çay, mercanköşk gibi çeşitli bitkisel kaynaklardan elde edilen ekstraktlar ve bazı uçucu yağlar et ve balık ürünlerinde anti-radikal aktiviteyi artırma ve oksidasyonu geciktirme üzerinde oldukça etkilidir (Ganiari vd. 2017).

Mercanköşk ve bahçe kekiği uçucu yağlarının tek başına ya da bir arada kullanılarak üretildiği soya proteini bazlı yenilebilir filmlerin taze etlerin raf ömrüne etkisinin araştırıldığı bir çalışmada mercanköşk ve bahçe kekiği uçucu yağları ilave edilen filmlerin uygulandığı grupların TBARS değerlerinin kontrol grubuna ve yalnızca soya proteini bazlı filmin uygulandığı gruba göre daha düşük olduğu, bazı patojen bakteriler (*E. coli* O157:H7, *S. aureus* ve *L. monocytogenes*) inoküle edilerek yapılan patojen inhibisyon testi sonuçlarına göre mercanköşk (*Oreganum heracleoticum* L.) ve bahçe kekiği (*Thymus vulgaris* L.) uçucu yağları ilave edilerek üretilen soya proteini bazlı filmlerin inoküle edilen üç bakteri üzerinde de inhibe edici etkisi olduğu bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada antioksidan aktiviteye sahip olduğu bilinen likopen ilave edilen hazırlanan soya proteini bazlı filmlerin uygulandığı grupların TBARS değerinin, serbest yağ asitliğinin ve peroksit sayısının kontrol grubuna göre

önemli ölçüde düşük olduğu belirtilmiştir (Candoğan 2009, Emiroğlu vd. 2010, Coşkun vd. 2014).

Hint kuşkonmazı ilave edilerek üretilen kalsiyum-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin et ürünlerinin oksidatif stabilitesine ve kalite özelliklerine etkisini araştırmak üzere yapılan bir çalışmada keçi eti kullanılarak hazırlanan sosisler yenilebilir filmle kaplandıktan sonra 4°C'de depolanmıştır. Çalışma sonucunda hint kuşkonmazı içeren filmlerin uygulandığı sosislerin kontrol grubuna (kalsiyum-aljinat film) göre daha düşük TBARS değerlerine sahip olduğu ve bu filmlerin et ürünlerinin duyu özelliklerini etkilemeden depolama süresince oksidatif stabiliteyi koruma ve kalite özelliklerini geliştirme potansiyeli olduğu görülmüştür (Noor vd., 2018).

Kitozan bazlı yenilebilir filmlere üzüm çekirdeği ekstraktı ilave edilen bir çalışmada üretilen filmler tavuk göğüs filetoya uygulanmış ve buzdolabı sıcaklığında depolama sırasında filmlerin, filetoların oksidatif stabilitesine etkisi araştırılmıştır. Kontrol gruplarına (kitozan bazlı filmler) kıyasla üzüm çekirdeği ekstraktı ilave edilen film gruplarının daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği ve soğuk depolama sürecinde bu grupların daha düşük TBARS değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir (Söğüt ve Seydim 2018).

Yabani mercanköşk (*Oreganum heracleoticum* L.) ve kekik (*Thymus vulgaris* L.) uçucu yağları ilave edilerek üretilen soya bazlı yenilebilir filmlerin köfteye uygulandığı ve bu filmlerin 4°C'de depolama süresince köftelerin oksidatif stabilitesine etkisinin araştırıldığı bir çalışma sonucunda uçucu yağ ilave edilen iki grubun da peroksit sayısının ve serbest yağ asitliğinin kontrol gruplarına göre daha düşük sonuç verdiği bildirilmiştir (Coşkun vd. 2014).

Doğal koruyucu olarak sulu kına (*L. inermis*) ekstraktı ilave edilen jelatin kaplamanın soğuk depolama süresince sığır etinin kalitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada jelatin kaplamaya kına ekstraktı ilave edilmesinin sığır etinde lipid oksidasyonunu ve mikrobiyel gelişimi azalttığı ortaya konmuştur (Jridi vd. 2018).

Zeytinyağında doğal olarak bulunan iki farklı antioksidan (hydroxytyrosol ve 3,4-dihydroxyphenylglycol) ilave edilerek üretilen pektin-jelatin bazlı kompozit filmlerin buzdolabı sıcaklığında sığır etine etkisinin incelendiği bir çalışmada antioksidan ilavesinin sığır etlerinde lipit oksidasyonunu geciktirdiği bulunmuştur (Bermúdez-Oria vd. 2019).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışmada materyal olarak kullanılan tavuk but eti (ticari adıyla taleks eti) Beypiliç A.Ş.'den denemenin yapılacağı gün temin edilmiştir. Tavuk etleri 10 ± 0.5 gram olacak şekilde eşit olarak kesilmiştir ve aynı gün film uygulaması için kullanılmıştır.

Yenilebilir film materyali olarak kullanılan jelatin Kazlıçeşme Deri Ürünleri Araştırma Geliştirme San. Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir. Yenilebilir filmde antioksidan madde olarak kullanılan Gilaburu meyvesi ise Kayseri piyasasından taze olarak satın alınmıştır. Temizlenip yıkanan meyveler film üretiminin yapılacağı güne kadar -80°C 'de muhafaza edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Temizlenip yıkanan ve ekstrakt üretimine kadar muhafaza edilecek olan taze gilaburu meyvesi

3.2 Yöntem

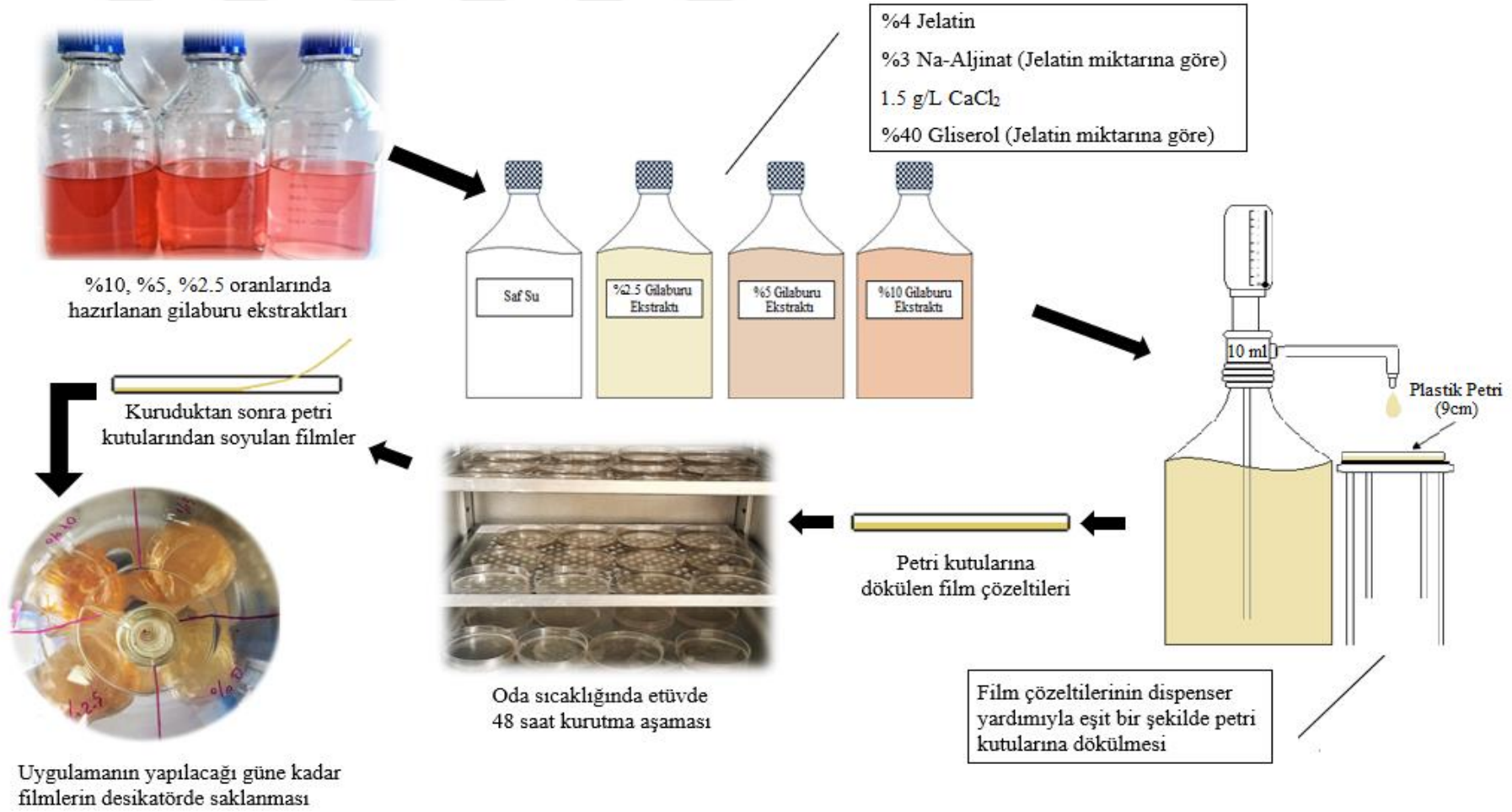
3.2.1 Gilaburu ekstraksiyonu

Gilaburu ekstraktı Karaçelik vd. (2015)'nin yönteminde bazı değişiklikler yapılarak elde edilmiştir. -80°C 'de muhafaza edilen taze gilaburu meyvesi başlangıç aşamasında %2.5, %5 ve %10 oranında olacak şekilde saf su ile blender kullanılarak homojenize edildikten sonra, manyetik karıştırıcı ile 60°C 'de 2 saat boyunca karıştırılmış ve kaba filtre kâğıdı kullanılarak filtrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylece yenilebilir film üretiminde antioksidan madde olarak kullanılmak üzere farklı oranlarda gilaburu ekstraktı elde edilmiştir.

3.2.2 Yenilebilir film üretimi

Jelatin ve Na-Aljinat bazlı yenilebilir film üretiminde Dou vd. (2018) tarafından önerilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış olan gilaburu ekstraktlarına %4 (w/v) oranında toz jelatin ilave edilerek homojen bir karışım elde edilene kadar manyetik karıştırıcı ile 60°C’de karıştırılmıştır. Başlangıçta kullanılan jelatin miktarına göre %3 oranında Na-aljinat (w/w) ilave edilmiş ve manyetik karıştırıcıda 45°C’de çözelti homojen hale gelene kadar (~ 30 dakika) karıştırılmaya devam edilmiştir. Ardından biyopolimerlerin çapraz bağlarını kuvvetlendirmek amacıyla CaCl₂ (1.5g/L) ilave edilmiş ve karıştırma işlemine devam edilmiştir (Han vd. 2018). Film çözeltisine son olarak başlangıçtaki jelatin miktarına göre %40 oranında gliserol (v/w) ilave edilmiş ve 45°C’de manyetik karıştırıcıyla karıştırılma işlemine 15 dakika daha devam edilmiştir. GBF-KONT film çözeltisi, destile su kullanılarak ve yukarıda anlatılan işlemler yapılarak hazırlanmıştır.

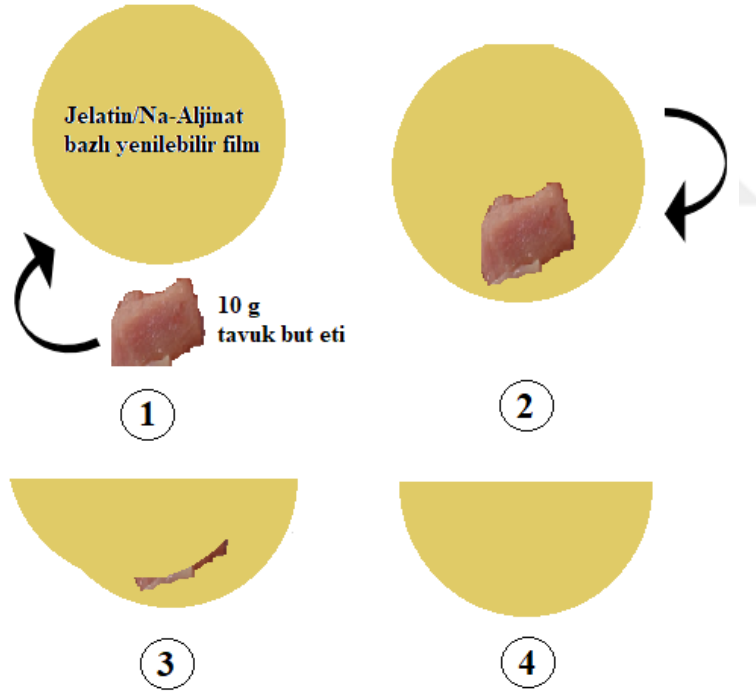
Hazırlanan film çözeltileri oda sıcaklığında bekletilerek sıcaklıkları 30°C’ye ulaştıktan sonra dispenser yardımıyla 9 cm çapındaki plastik petrilere 10 ml olacak şekilde dökülmüş, 48 saat kapalı bir ortamda oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Kuruma işlemi tamamlandıktan sonra filmler petrilere ayrılmıştır. Yenilebilir filmler, film analizlerinin yapılacağı ve tavuk eti üzerine uygulamanın yapılacağı güne kadar nem absorbe etmemesi için desikatörde saklanmıştır.



Şekil 3.2 Gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin üretim aşamaları

3.2.3 Yenilebilir filmlerin tavuk etine uygulanması

Çalışmada, %0 (Kont. GBF), %2.5 (2.5-GBF), %5 (5-GBF) ve %10 (10-GBF) gilaburu içeren ekstraktlar kullanılarak hazırlanan filmlerin her birine 10 gram tavuk but eti yerleştirilmiştir (Şekil 3.3). Bu şekilde hazırlanan bütün örnekler vakum poşeti kullanılarak Multivac Baseline P 200 vakum ambalaj makinası ile vakum paketlenmiştir (Şekil 3.4). Bir grup ise film uygulanmadan vakum paketlenme işlemine tabi tutulmuştur. Beş grup halinde hazırlanan tavuk but etleri 4°C’de 12 gün süreyle depolanmıştır. Depolamanın 0., 1., 3., 6., 9. ve 12. günlerinde alınan örnekler film materyalinden ayrılarak pH değeri, TBARS değeri, enstrümental renk değerleri, peroksit sayısı ve Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı (TMAB) belirlenmiştir. Ham madde olarak kullanılan tavuk but etlerinin kimyasal bileşimi (nem, yağ, kül ve protein içerikleri) depolamanın başlangıcında belirlenmiştir.



Şekil 3.3 Tavuk etinin yenilebilir filmlerle ambalajlanması



Şekil 3.4 Film uygulanan tavuk but etlerinin vakum paketlenmesi

3.3 Ham Maddede Yapılan Analizler

3.3.1 Nem içeriği

Ham maddenin depolamanın başlangıcındaki nem miktarını belirlemek için, 105°C’de en az 2 saat sabit tartıma getirildikten sonra darası alınmış kuru madde kaplarına yaklaşık 5 gram örnek tartılmış ve 105°C’deki etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmuş ve kuru madde kaplarının tartım farkından örnekteki % nem miktarı belirlenmiştir (Anonymous 2006).

3.3.2 Yağ içeriği

Ham maddenin depolamanın başlangıcındaki toplam yağ miktarını belirlemek için sıcak ekstraksiyon yöntemi ile Soxhlet düzeneği kullanılmıştır. 5 gram tartılarak 105°C’deki etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmuş örnekler kartuş içerisine yerleştirilmiştir ve 6-8 saat petrol eteri ile ekstrakte edilerek örnekteki % yağ miktarı belirlenmiştir (Anonymous 2006).

3.3.3 Kül içeriği

Ham maddenin depolamanın başlangıcındaki ham kül miktarını belirlemek için, sabit ağırlığa getirilen porselen kül kapsüllerine yaklaşık 3 g örnek tartılarak kül fırınına konmuştur. Sıcaklık kademeli olarak artırılarak 550°C'ye getirilmiş ve kül kapsülündeki örnek rengi gri-beyaz olana kadar yakma işlemine devam edilmiştir. Örnekteki % kül miktarı tartım farkı ile hesaplanarak belirlenmiştir (Anonymous 2006).

3.3.4 Protein içeriği

Ham maddenin depolamanın başlangıcındaki ham protein miktarını belirlemek için Kjeldahl yöntemine göre örneklerin önce % azot miktarı belirlenmiş ve daha sonra da 6.25 faktörü ile çarpılarak örneklerin % protein miktarı belirlenmiştir (Anonymous 2006).

3.4 Gilaburu Ekstraktlarında Yapılan Analizler

3.4.1 Kuru madde içeriği

Gilaburu ekstraktlarının kuru madde miktarını belirlemek için, 105°C'de 2 saat sabit tartıma getirildikten sonra darası alınmış kuru madde kaplarına yaklaşık 2 gram örnek tartılmış ve 105°C'deki kurutma dolabında sabit tartıma gelene kadar kurutulmuş ve kuru madde kaplarının tartım farkından örnekteki % kuru madde miktarı belirlenmiştir (Anonymous 2006).

3.4.2 Antioksidan aktivite

Gilaburu ekstraktlarının antioksidan aktivitesini ölçmek amacıyla Zhang ve Hamauzu (2004) tarafından kullanılan DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikali tutma kapasitesi analiz yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. 1mM'lık DPPH radikal çözeltisi metanol kullanılarak taze olarak hazırlanmıştır ve analize kadar 4°C'de ışık geçirmeyecek bir şekilde muhafaza edilmiştir. %2.5 (2.5-GBF), %5 (5-GBF) ve %10 (10-GBF) ekstrakt gruplarından test tüplerine farklı miktarlarda (20, 40, 60, 80, 100 µL) alınmıştır, üzerlerine 600 µL 1 mM DPPH çözeltisi ilave

edilmiş ve hepsi metanolle 6 mL'ye tamamlanmıştır. Şahit olarak ise 600 µL 1 mM DPPH çözeltisi metanolle 6 mL'ye tamamlanarak hazırlanmıştır. Vortekslenen tüpler oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 15 dakika inkubasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda spektrofotometrede 517 nm'de okuma yapılmıştır. Her bir ekstrakt grup için farklı örnek hacmiyle hazırlanan tüp içeriklerinin yüzde inhibisyon değerleri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır;

$$D (\%) = \left[\frac{ABS_{\text{Şahit}} - ABS_{\text{Örnek}}}{ABS_{\text{Şahit}}} \right] * 100$$

D (%) : Yüzde inhibisyon

$ABS_{\text{Şahit}}$: Şahidin 517'de okunan absorbansı

$ABS_{\text{Örnek}}$: Örneklerin 517'de okunan absorbansı

Hesaplanan yüzde inhibisyon değerleriyle yüzde inhibisyon – örnek hacmi grafiği oluşturulmuş ve elde edilen doğru ile her bir ekstrakt grubunun EC_{50} değeri (Ortamda bulunan DPPH radikalının %50'sini inhibe eden antioksidan madde konsantrasyonu) hesaplanmıştır.

3.4.3 pH değeri

Gilaburu ekstraktlarının pH değerleri ekstraktlar oda sıcaklığına getirildikten sonra pH=4 ve pH=7 buffer çözeltileri ile kalibre edilen Orion A211 pH metre ile ölçülmüştür. (Al-Hassan ve Norziah 2012).

3.5 Yenilebilir Filmlerde Yapılan Analizler

3.5.1 pH değeri

Film çözeltilerinin pH değerleri çözelti oda sıcaklığına getirildikten sonra pH=4 ve pH=7 buffer çözeltileri ile kalibre edilen Orion A211 pH metre ile ölçülmüştür (Al-Hassan ve Norziah 2012).

3.5.2 Kalınlık

Filmlerin kalınlığı mikrometre kullanılarak ölçülmüştür. Örneklerin 6 farklı yerinden ölçüm yapılarak ortalama kalınlık hesaplanmıştır (Al-Hassan ve Norziah 2012, Acevedo-Fani vd. 2015).

3.5.3 Nem içeriği

Yenilebilir filmlerin nem içeriğini belirlemek için, 105°C’de en az 2 saat sabit tartıma getirildikten sonra darası alınmış kuru madde kaplarına yaklaşık 1 gram örnek tartılmış ve 105°C’deki etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmuş ve kuru madde kaplarının tartım farkından örnekteki % nem miktarı belirlenmiştir (AOAC 2006).

3.5.4 Su aktivitesi

Film örnekleri su aktivitesi kaplarının boyutlarına uygun olacak biçimde kesilmiş ve Aqualab 4TE su aktivitesi cihazı kullanılarak ölçüm yapılmıştır. Her bir örneğin ölçümü ortalama 24°C’de 3 dakikada tamamlanmıştır (Rodríguez vd. 2020).

3.5.5 Saydamlık

Filmlerin saydamlığı örnekler spektrofotometre küveti boyutlarında kesilerek spektrofotometrede 600 nm’de boş küvete karşı okuma yapılarak elde edilen absorbans değerlerinin aşağıdaki eşitlikte yerine koyulmasıyla hesaplanmıştır (Kurt ve Kahyaoğlu 2014),

$$T = \frac{ABS_{600}}{x}$$

T : Filmlerin saydamlığı

ABS₆₀₀ : 600 nm’de filmlerin absorbansı

x : Filmlerin ortalama kalınlığı

3.5.6 Enstrümental renk

Yenilebilir filmlerin CIE açıklık-koyuluk (L^*), kırmızılık (a^*) ve sarılık (b^*) değerleri beyaz bir arka plan kullanılarak Minolta Chrometer CR300 ile örneklerden 3 ayrı okuma yapılarak belirlenmiştir. Renk değerleri okunurken kullanılan beyaz arka plana göre toplam renk farkı (ΔE^*) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Pires vd. 2013);

$$\Delta E^* = (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2$$

ΔL^* , Δa^* ve Δb^* örneğin karşılık gelen renk parametresi ile renk okuması sırasında kullanılan beyaz arka planın renk değerleri ($L^*=92.55$, $a^*=2.16$ ve $b^*=-4.83$) arasındaki farklardır.

3.5.7 Su buharı geçirgenliği

Filmler 3 cm×3 cm boyutlarında kesilerek içerisinde 10 gram silika jel bulunan cam test tüplerinin ağzına tamamen kapatacak şekilde kaplanmıştır (0% RH). Tartılan cam test tüpleri, içerisinde saf su bulunan desikatöre yerleştirilmiş ve 8 saat boyunca saat başı ağırlıkları tartılarak filmlerin su buharı geçirgenliği aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır (Soo ve Sarbon 2018);

$$WVP \text{ (gmm/m}^2 \text{ h Pa)} = w \times x / A \times t \times (P_2 - P_1)$$

w : tüplerin ağırlık artışı (g) x : filmlerin ortalama kalınlığı (mm)

A : su buharı geçişi olan alan (m^2) t : süre (sa)

$P_2 - P_1$: kısmi basınç farkı (Pa)

3.5.8 Suda çözünürlük

Eşit boyutlarda kesilmiş filmler tartılıp 50 mL destile su içeren bir beherin içerisine yerleştirilmiş ve 6 saat boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Süre sonunda kalan parçalar alınarak etüvde 105°C’de sabit tartıma gelene kadar kurutulmuş ve tartılmıştır (son kuru ağırlık). Filmlerin başlangıç kuru madde içeriği 105°C’de

etüvde kurutularak hesaplanmıştır (başlangıç kuru ağırlık). Filmlerin suda çözünürlüğü aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Hosseini vd. 2008);

$$\text{Suda Çözünürlük (\%)} = \frac{\text{Başlangıç kuru ağırlık} - \text{Son kuru ağırlık}}{\text{Başlangıç kuru ağırlık}} * 100$$

3.5.9 Antioksidan aktivite

Film örnekleri 2 gram tartılıp 100 mL saf su içeren beherde yarım saat aralıklarla karıştırılarak 2 saat boyunca oda sıcaklığında bekletilmiştir. Süre sonunda filtre edilen çözeltiden test tüplerine 100 µL alınarak üzerine 6x10⁻⁵ M DPPH çözeltisinden 4 mL ilave edilmiştir. Vortekslenen tüpler karanlıkta oda sıcaklığında 30 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Şahit olarak örnek yerine saf su kullanılmıştır. Spektrofotometrede şahide karşı 516 nm’de absorbands değerleri ölçülmüştür ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak film örneklerinin yüzde inhibisyonu hesaplanmıştır (von Gadow vd. 1997, Maisuthisakul vd. 2007);

$$D (\%) = \left[\frac{ABS_{\text{Şahit}} - ABS_{\text{Örnek}}}{ABS_{\text{Şahit}}} \right] * 100$$

D (%) : Yüzde inhibisyon

ABS_{Şahit} : Şahidin 516’da okunan absorbandsı

ABS_{Örnek} : Örneklerin 516’da okunan absorbandsı

3.6 Depolama Süresince Tavuk Etinde Yapılan Analizler

3.6.1 pH değeri

10 g örnek 90 ml saf su ile karıştırılıp homojenizatörde (Micra D-9, Almanya) 15 saniye süresince homojenize edildikten sonra, pH 4 ve 7 tampon çözeltileriyle kalibre edilmiş Orion A211 pH metrede ölçüm yapılmıştır (Anonymous 2006).

3.6.2 Tiyoarbiturik asit reaktif madde (TBARS) değeri

10 g et örneği 30 ml %7.5’lık TCA (Triklorik Asit) çözeltisinde homojenizatör (Micra D-9, Almanya) kullanılarak homojenize edilmiştir. Whatman No:40

kullanılarak homojenizat süzölmüştür. Süzöntöden 5 ml vidalı kapaklı cam test tüplerine alınmıştır. Üzerine 5 ml 0.02 mol/L TBA (Tiyobarbiturik Asit) çözeltisinden ilave edilmiştir. Köör olarak 5 ml saf su ve 5 ml TBA çözeltisi kullanılmıştır. Karışım vortekslenir ve 35 dakika boyunca 100°C'deki su banyosunda bekletilmiştir. Süre sonunda tüpler soğuk su banyosunda hızla soğutulmuştur ve 532 nm'de kööre karşı okuma yapılmıştır. Elde edilen absorbans değeri TEP (Tetraethoxypropane) ile çizilen küve denkleminde yerine konularak TBARS değeri hesaplanmış ve miligram malondialdehit (MA) / kg et olarak ifade edilmiştir (Mielnik vd. 2006).

$$C = (ABS - 0.007)/0.702$$

$$TBARS \text{ (mg MA/kg et)} = (60 * C)/M$$

M : Analize alınan öörnek miktarı (gram)

3.6.3 Peroksit sayısı

5 gram öörnek 50 mL saf su ile homojenize edilmiş 1000 xg'de 4°C'de 5 dakika santriföjlenmiştir. Üst fazdan 5 mL alınmış üzerine 3 mL isooktan/2-propanol (3:1) ilave edilmiş ve 30 saniye vortekslelendikten sonra 1000 xg'de 4°C'de 5 dakika santriföjlenmiştir. Üst fazdan 400 µL alınarak test tüplerine koyulmuş ve üzerine 9.8 ml kloroform/metanol (7/3) ilave edilmiş ve 2-4 sn vortekslenmiştir. Tüplerin içeriisine 50 µL Amonyum Tiyosiyanat çözeltisi eklenmiş ve 2-4 sn vortekslenmiştir. Ardından 50 µL Demir (2) klorit çözeltisi eklenmiş ve 2-4 sn vortekslenmiştir. Karanlıkta oda sıcaklığında 5 dk inkübasyona bırakılan tüplerin süre sonunda spektrofotometrede 500 nm'de öörnek yerine saf su ile hazırlanan şahide karşı absorbans değeri okunmuştur. Elde edilen absorbans değeri aşağıdaki eşitlikte yerine koyularak peroksit sayısı milieşdeğer peroksit/ kg öörnek olarak ifade edilmiştir (Shantha ve Decker 1994, Sun vd. 2019).

$$\text{Peroksit Sayısı} = \frac{(A_s - A_b) * m}{55.84 * m_0 * 2}$$

A_s: Öörneğin 500 nm'deki absorbansı, A_b: Şahidin 500 nm'deki absorbansı,

m₀: Öörnek miktarı (g),

m: eğim (41.52)

3.6.4 Enstrümental renk

Tavuk eti örneklerinin CIE açıklık-koyuluk (L^*), kırmızılık (a^*) ve sarılık (b^*) değerleri örnek yüzeyinde Minolta Chrometer CR300 kullanılarak her bir örnekten 3 ayrı okuma yapılarak belirlenmiştir (Candoğan 2002).

3.6.5 Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı

Depolama süresince örneklerde gelişen toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının tespit edilmesi amacıyla 10 g tartılan örnekler 90 mL fizyolojik tuzlu su (FTS) (%0.85 NaCl, w/v) çözeltisi ile birlikte steril stomacher poşetine aktarılmıştır ve 1 dakika boyunca Stomacher'de (Seward Stomacher 400 circulator, 230 rpm) homojenize edilmiştir. Homojenattan 1 mL alınarak içerisinde 9 mL FTS bulunan deney tüpüne aktarılmış ve bu şekilde seyreltmeler yapılarak ardışık dilüsyonlar hazırlanmıştır. Farklı seyreltme oranlarında hazırlanan dilüsyonlar yayma plak yöntemi kullanılarak içerisinde Plate Count Agar (PCA) besiyeri bulunan petri kaplarına ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petri kapları 32°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda petri kutularında gelişen kolonilerden 30-300 arasında olanlar sayılmıştır. Sayım sonrasında elde edilen sonuçlar $\log_{10}$ (KOB/g) olarak ifade edilmiştir (Anonim 2000).

3.7 İstatistik Analiz

Araştırma sonucunda elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirilmesi SPSS paket programı kullanılarak yapılmıştır (SPSS 2020). Grup ortalamaları arasındaki farklılığın önemli olup olmadığı Varyans Analiz Tekniği (ANOVA) uygulanarak araştırılmıştır. ANOVA sonucunda gerekli olduğu zaman hangi grup ortalamaları arasındaki farklılığın önemli olduğu Tukey testi uygulanarak belirlenmiştir ($p < 0.05$).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Ham maddenin kimyasal bileşimi

Araştırmada materyal olarak kullanılan tavuk but etlerinin nem, protein, yağ ve kül içerikleri (%) çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Tavuk but etlerinin kimyasal bileşimi (%)*

Kimyasal Bileşim	Tavuk But Eti
Nem	72.10±2.32
Yağ	5.85±1.29
Protein	20.13±0.56
Kül	1.29±0.15

*Ortalama±Standart sapma

Araştırma sonucunda tavuk but etlerinin nem içeriği %72.10, yağ içeriği %5.85, protein içeriği %20.13 ve kül içeriği %1.29 olarak bulunmuştur. Intarapichet ve Maikhunthod (2005) yaptıkları çalışmada kullandıkları tavuk but etinin nem içeriğinin %76.24 ve %76.79, protein içeriğinin %21.17 ve %19.50 olduğunu bildirmişlerdir. AL-Dughaym ve Altabari (2010) ise tavuk but etinin nem içeriğinin %71.62, protein içeriğinin %20.01, yağ içeriğinin %6.41, kül içeriğinin %0.90 olduğunu belirtmişlerdir. Trespalacios ve Pla (2007a, 2007b) nem içeriğinin %74.16, protein içeriğinin %19.36, %20.8 kül içeriğinin %1.11, %1.10 yağ içeriğinin %5.37, %3.98 olduğunu bildirmişlerdir. Xiong vd. (1993) yaptıkları çalışmada tavuk but etinin nem içeriğini %73.3, protein içeriğini %19.0, yağ içeriğini ise %6.2 olarak bulmuşlardır. Araştırma sonuçları literatürde yer alan diğer çalışmalarla kıyaslandığında elde edilen nem, protein, yağ ve kül içeriklerinin diğer çalışmalarla paralellik gösterdiği görülmüştür.

4.2 Gilaburu Ekstraktlarının Özellikleri

Gilaburu ekstraktlarının kuru madde içeriği, pH değeri ve DPPH radikali yakalama aktivitesi çizelge 4.2’de verilmiştir. Oranları %2.5 (2.5-GBF), %5 (5-GBF) ve %10 (10-GBF) olan gilaburu ekstraktlarının kuru madde miktarları sırasıyla % 0.051, 0.300 ve 0.734, pH değerleri ise sırasıyla 3.72, 3.65 ve 3.62 olarak belirlenmiştir. Özrenk vd. (2011) Erzincan bölgesinden topladıkları gilaburu meyvesinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini inceledikleri bir çalışmada gilaburu meyvelerinin pH değerlerinin 3.47-3.50 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Gilaburu ekstraktlarının antioksidan aktivitesi literatürde bu amaçla yaygın bir şekilde kullanılan DPPH radikali yakalama aktivitesi analizi ile belirlenmiştir. Gilaburu ekstraktlarında bulunan antioksidan bileşikler inkübasyon süresi sonuna kadar DPPH serbest radikalini söndürerek çözeltilerin koyu mor renkten sarı renge dönüşmesini ve spektrofotometrede yapılan okumayla absorbans değerlerinde azalma görülmesini sağladığı görülmüştür. Bunun sonucunda elde edilen veriler kullanılarak DPPH radikalinin %50’sinin inhibisyonunu sağlayan gilaburu ekstraktı miktarı (EC₅₀) belirlenmiştir. %2.5 gilaburu ekstraktının (2.5 GBF) DPPH radikalinin %50’sinin inhibisyonunu sağlayan miktarının 187.66 µl, %5 gilaburu ekstraktının (5-GBF) 4.72 µl, %10 gilaburu ekstraktının (10-GBF) ise 3.21 µl olduğu ve 5-GBF ile 10-GBF gruplarının EC₅₀ değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.2. Yenilebilir film üretimi için farklı oranlarda hazırlanmış gilaburu ekstraktlarının kuru madde, pH ve antioksidan aktivite analizi sonuçları*

EKSTRAKT	Kuru Madde (%)	pH	Antioksidan Aktivite, EC ₅₀ (µl)
2.5-GBF	0.051±0.03 ^b	3.72±0.02	187.66±13.04 ^a
5-GBF	0.300±0.09 ^b	3.65±0.02	4.72±0.91 ^b
10-GBF	0.734±0.07 ^a	3.62±0.07	3.21±0.39 ^b

* Ortalama ± Standart sapma

ab  : Aynı parametre içindeki gruplarda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

4.3 Yenilebilir Filmlerin Özellikleri

4.3.1 pH değeri

Yapılan pH analizi sonucunda elde edilen film çözeltilerinin pH değerleri çizelge 4.3’de verilmiştir. Film çözeltilerinin pH değerleri 5.52-4.68 arasında bulunmuştur. En düşük pH değeri 4.68 ile 10-GBF’de, en yüksek pH değeri ise 5.52 ile KONT-GBF grubunda görülmüştür. Film çözeltisini hazırlamak için kullanılan gilaburu ekstraktının oranı arttıkça pH değerlerinin düştüğü görülmüş, gilaburu içeren grupların pH değerlerinin istatistiksel olarak farklı olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). KONT-GBF grubunun pH değeri ise gilaburu ekstraktı içeren diğer grupların pH değerlerinden önemli ölçüde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Al-Hassan ve Norziah (2012) nişasta-jelatin bazlı yenilebilir filmlerin pH değerlerinin 4.54-4.61 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4.3 Farklı oranlarda gilaburu ekstraktları kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin pH, kalınlık, nem ve su aktivitesi değerleri*

FİLM GRUBU	pH	Kalınlık (mm)	Nem (%)	a_w
KONT-GBF	5.52±0.06 ^a	0.0733±0.003 ^b	10.70±1.53	0.32±0.01 ^b
2.5-GBF	4.94±0.02 ^b	0.0741±0.003 ^{ab}	11.01±1.55	0.33±0.01 ^{ab}
5-GBF	4.74±0.03 ^b	0.0753±0.003 ^a	11.37±1.48	0.33±0.01 ^{ab}
10-GBF	4.68±0.41 ^b	0.0754±0.003 ^a	11.81±0.67	0.34±0.02 ^a

*Ortalama ± Standart sapma

ab  : aynı parametre içindeki gruplarda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

4.3.2 Film kalınlığı

Gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin 6 farklı noktadan mikrometre ile ölçülen kalınlık değerleri (mm) çizelge 4.3’de verilmiştir.

Film gruplarının kalınlık değerleri 0.0733 ile 0.0754 mm arasında bulunmuştur. KONT-GBF grubunun, 5-GBF ve 10-GBF gruplarına göre istatistiksel olarak farklılık gösterdiği ve ayrıca gilaburu ekstraktı oranı arttıkça yenilebilir filmlerin

kalınlık değerlerinin de arttığı görülmüştür. Farklı oranlarda tarçın uçucu yağı ilave edilerek hazırlanmış Na-aljınat/karboksimetil selüloz bazlı filmlerin kalınlık değerleri 0.071 ile 0.093 mm arasında (Han vd. 2018), kekik, limon otu ve adaçayı uçucu yağları kullanılarak üretilen Na-aljınat bazlı yenilebilir filmlerin kalınlık değerleri 0.038 ile 0.05 arasında (Acevedo-Fani vd. 2015), Hint irmiği nişastası ve balık jelatini bazlı yenilebilir filmlerin kalınlıkları 0.05 ile 0.07 mm arasında (Al-Hassan ve Norziah 2012), farklı oranlarda karanfil, kekik ve tarçın uçucu yağları ilave edilerek üretilen kitozan bazlı yenilebilir filmlerin kalınlık değerleri 0.06 ile 0.077 arasında (Hosseini vd. 2008) bulunmuştur. Literatürde yer alan film kalınlık değerlerinin çalışma sonucunda elde edilen değerlerle uyum içinde olduğu görülmektedir.

4.3.3 Nem içeriği

Gıdalar için kaplama ve paketleme materyali olarak kullanılacak olan yenilebilir filmlerin nem miktarı suya dayanıklılıkları ile doğrudan bağlantılıdır ve gıdaların raf ömrü stabilitesinde önemli bir role sahiptir (Li vd. 2017). Gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen jelatin/Na-aljınat bazlı yenilebilir filmlerin nem içerikleri (%)  izelge 4.3’de verilmiştir.

Tüm film gruplarının nem içeriklerinin %10.70 ile %11.81 arasında değişim gösterdiği, gruplar arasında ise istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı g r lm ştir ($p>0.05$). Literatürde, farklı oranlarda tarçın uçucu yağı ilave edilerek hazırlanmış Na-aljınat/karboksimetil selüloz bazlı filmlerin nem içeriklerinin %9.65-18.02 arasında (Han vd. 2018), salep kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin nem içeriklerinin %8.54-19.13 arasında (Kurt ve Kahyaoğlu 2014), farklı oranlarda karanfil, kekik ve tarçın uçucu yağları ilave edilerek üretilen kitozan bazlı yenilebilir filmlerin nem içeriklerinin %9.36-28.38 arasında (Hosseini vd. 2008), kitozan ve soya proteini bazlı yenilebilir filmlerin nem miktarı ise %14.92-19.09 arasında (Zareie vd. 2020) olduğu bildirilmiştir. Gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen jelatin/Na-aljınat bazlı yenilebilir filmlerin nem içeriklerinin, bazı literatür verileriyle uyum içinde olduğu g r lm ştir.

4.3.4 Su aktivitesi (a_w)

Gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin su aktivitesi (a_w) değerleri çizelge 4.3’de verilmiştir.

Film gruplarında 0.32 ile 0.34 aralığında belirlenen su aktivitesi (a_w) değerlerinin sadece KONT-GBF ve 10-GBF grupları arasında istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Gilaburu ekstraktı oranı arttıkça su aktivitesi değerlerinin de bir miktar arttığı görülmektedir. Rodriguez vd. (2020) *Moringa oleifera* ve askorbik asit ilave ederek hazırladıkları papaya bazlı yenilebilir filmlerin su aktivitesi değerlerindeki hafif artışın (0.64, 0.68, 0.69, 0.70) ilave edilen antioksidan bileşiklerin hidrofilik yapısından kaynaklanıyor olabileceğini belirtmişlerdir. Aynı şekilde gilaburu meyvesinin içerdiği antioksidan bileşikler nedeniyle yenilebilir film yapımında kullanılan gilaburu ekstraktı oranı arttıkça su aktivitesi de hafif bir şekilde artış göstermiştir. Klangmuang ve Sothornvit (2016) uçucu yağ ilave ederek hazırladıkları hidroksipropil metil selüloz bazlı yenilebilir filmlerin su aktivitesi değerlerinin 0.46 ile 0.58 arasında, Gutierrez vd. (2015) fosfatlanmış yumuşak tatlı patates ve tapyoka nişastası kullanarak ürettikleri yenilebilir filmlerin su aktivitesi değerlerinin 0.473 ile 0.524 arasında olduğunu belirtmişlerdir. Gilaburu ekstraktı kullanılarak hazırlanan jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin su aktivitesi değerlerinin literatürde yer alan bu çalışmalarda kullanılan yenilebilir filmlerin su aktivitesi değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür.

Birçok bakteri 0.990 ile 0.995 arasındaki su aktivitesi değerlerinde gelişim göstermektedir fakat *Staphylococcus aureus* gibi gıda kaynaklı mikroorganizmaların gelişimi için 0.86 gibi düşük su aktivitesi değerleri de yeterli olabilmektedir (Sperber 1983). Gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin su aktivitesi değerlerinin mikrobiyel gelişim için gerekli olan değerlerden oldukça düşük olduğu göz önüne alındığında düşük nemli ortamda uygun şekilde depolandıklarında bu yenilebilir filmlerin mikrobiyolojik açıdan stabilite göstereceği söylenebilir.

4.3.5 Saydamlık

Gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin saydamlık değerleri çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Farklı oranlarda gilaburu ekstraktları kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin saydamlık, CIE L*, a*, b* ve ΔE* değerleri*

FİLM GRUBU	Saydamlık	L*	a*	b*	ΔE*
KONT-GBF	1.65±0.20 ^c	92.04±0.34 ^a	0.91±0.10 ^a	-1.28±0.15 ^c	3.81±0.17 ^c
2.5-GBF	1.73±0.09 ^{bc}	90.25±0.20 ^b	0.97±0.09 ^a	2.91±0.42 ^b	8.16±0.44 ^b
5-GBF	1.90±0.08 ^{ab}	90.46±0.38 ^b	0.77±0.11 ^b	3.03±1.13 ^b	8.26±1.18 ^b
10-GBF	2.05±0.10 ^a	89.90±0.55 ^c	0.03±0.10 ^c	7.92±1.00 ^a	13.20±1.06 ^a

*Ortalama ± Standart sapma

abc ↓ : aynı parametre içindeki gruplarda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

Saydamlık değerlerinin düşük olması filmlerin daha şeffaf olduğunu göstermektedir. Yüksek saydamlık değerlerine sahip olan yenilebilir filmler gıdalara ambalajlama materyali olarak uygulandığında ışığın indüklediği lipit oksidasyonunu önlemesi açısından iyi bariyer özelliği gösterebilmektedir (Gómez-Guillén vd. 2007). Çalışmada gilaburu ekstraktının oranı arttıkça filmlerin saydamlık değerlerinin de artış gösterdiği görülmüştür. KONT-GBF grubu 5-GBF ve 10-GBF gruplarından, 2.5-GBF grubu ise en yüksek saydamlık değerine sahip 10-GBF grubundan önemli ölçüde farklı bulunmuştur (p<0.05). Farklı oranlarda Hint irmiği nişastası ve balık jelatini bazlı yenilebilir filmlerin saydamlıklarının 0.86 ile 2.12 arasında değiştiği (Al-Hassan ve Norziah 2012), çeşitli uçucu yağlar kullanılarak üretilen barlam balığı proteini bazlı yenilebilir filmlerin saydamlık değerlerinin 2.78 ile 4.85 arasında değiştiği, kontrol grubunun saydamlık değerinin ise 1.84 olduğu (Pires vd. 2013), salep kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin saydamlık değerlerinin 3.74 ile 5.72 değiştiği (Kurt ve Kahyaoğlu 2014) belirtilmiştir. Literatürde yer alan çalışmalarda saydamlık analizinin sonuçlarının kullanılan materyale göre değiştiği; bu çalışmadan elde edilen saydamlık değerlerinin ise literatürdeki bazı çalışmalarla uyum içinde olduğu görülmektedir. Yönlendirilmiş polipropilen (OPP)’nin saydamlık değerinin 1.67,

polietilen (PE)'in ise 1.51 olduğu belirtilmiştir (Ramos vd. 2013). KONT-GBF grubunun bu değerlerle paralel olduğu, gilaburu ekstraktı kullanılarak hazırlanmış filmlerin ise bu değerlerden çok yüksek olmadığı görülmektedir.

4.3.6 Enstrümental renk değerleri

Gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin enstrümental renk (L^* , a^* , b^*) ve renk farkı (ΔE^*) değerleri çizelge 4.4'de verilmiştir.

Uygulandıkları gıdaların görünümünü değiştirebilen yenilebilir filmlerin optik özellikleri tüketici kabulünü etkileyebileceği için oldukça önemlidir (Acevedo-Fani vd. 2015). Açıklık-koyuluk özelliğini gösteren L^* değerinin 100'e yakın olması örneklerin daha açık renkte olduğunu göstermektedir. Film grupları arasında en yüksek L^* değerine sahip olan grubun KONT-GBF olduğu ve film üretiminde kullanılan gilaburu ekstraktının oranı arttıkça filmlerin L^* değerlerinin azaldığı görülmektedir. a^* değeri filmlerin yeşillik-kırmızılık değerlerini vermekte, negatif değerler yeşil, pozitif değerler kırmızı rengi göstermektedir. Film grupları arasında en yüksek a^* değerine sahip olan grubun KONT-GBF olduğu film üretiminde kullanılan gilaburu ekstraktının oranı arttıkça filmlerin a^* değerlerinin azaldığı görülmektedir. b^* değeri filmlerin mavilik-sarılık değerlerini vermekte, negatif değerler mavi, pozitif değerler sarı rengi göstermektedir. Film grupları arasında en yüksek b^* değerine sahip olan grubun 10-GBF olduğu film üretiminde kullanılan gilaburu ekstraktının oranı arttıkça filmlerin b^* değerlerinin de arttığı görülmektedir. 10-GBF grubunun L^* , a^* , b^* değerlerinin diğer tüm grupların (KONT-GBF, 2.5-GBF, 5-GBF) değerleriyle arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu ($p<0.05$), 2.5-GBF ve 5-GBF gruplarının L^* ve b^* değerleri arasındaki farkın ise istatistiksel açıdan önemli olmadığı ($p>0.05$) görülmektedir. Filmlerin renk farkı (ΔE^*)'nın da 10-GBF grubunda en yüksek olduğu ve diğer gruplardan istatistiksel açıdan farklı olduğu ($p<0.05$), 2.5-GBF ve 5-GBF gruplarının ΔE^* değerlerinin ise istatistiksel açıdan farklı olmadığı ($p>0.05$) görülmektedir.

Diğer gruplara kıyasla 10-GBF grubunun daha yeşilimsi ve sarımsı bir renge sahip olduğu gözlenmiştir. Jouki vd. (2014) bunun fenolik bileşiklerin varlığından

kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Gilaburu meyvesinin yüksek oranda fenolik bileşiklere sahip olduğu bilinmektedir ve yüksek fenolik madde miktarının en yüksek gilaburu ekstraktı oranına sahip olan 10-GBF grubunun yeşilimsi-sarımsı renginin oluşmasına neden olduğu söylenebilir.

Çay polifenollerini ilave edilerek üretilmiş jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin fiziksel özelliklerinin incelendiği bir çalışmada filmlerin L^* değerlerinin 92.61 ile 94.06 arasında, a^* değerlerinin 0.13 ile 1.15 arasında, b^* değerlerinin 2.90 ile 5.16 arasında, ΔE^* değerlerinin ise 1.04 ile 3.73 arasında değiştiği bildirilmiştir (Dou vd., 2018). Kekik, limon otu ve adaçayı uçucu yağları kullanılarak üretilen Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin L^* değerlerinin 88.54 ile 93.19 arasında, a^* değerlerinin -0.83 ile -0.42 arasında, b^* değerlerinin 2.5 ile 6.9 arasında, ΔE^* değerlerinin ise 11.9 ile 58 arasında değiştiği bildirilmiştir (Acevedo-Fani vd. 2015). Barlam balığı proteini bazlı yenilebilir filmlerin çeşitli uçucu yağlar ilave edilerek üretildiği bir çalışmada filmlerin L^* değerlerinin 92.45 ile 93.72 arasında, a^* değerlerinin -2.07 ile -1.55 arasında, b^* değerlerinin 5.03 ile 10.32 arasında, ΔE^* değerlerinin ise 3.86 ile 9.26 arasında değiştiği bildirilmiştir (Pires vd. 2013). Literatürde yer alan bu çalışmaların sonucunda elde edilen L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değerlerinin gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin enstrümental renk değerleriyle paralellik gösterdiği görülmektedir.

4.3.7 Su buharı geçirgenliği

Gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenlik değerleri çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çalışmada, film gruplarının su buharı geçirgenlik değerlerinin 3.86×10^{-4} ile 4.05×10^{-4} gmm/m²hPa arasında değiştiği ve grupların su buharı geçirgenlik değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığı ($p > 0.05$) görülmüştür. Dou vd. (2018) çay polifenollerini ilave ederek ürettikleri jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenliklerinin ilave edilen polifenol miktarı arttıkça 0.228 gmm/m²hPa’den 0.138 gmm/m²hPa’a düştüğünü ve bunun çay polifenollerinin jelatin/Na-aljinat yapısının arasına nüfuz ederek daha sıkı bir form oluşmasına neden olmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.5 Farklı oranlarda gilaburu ekstraktları kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenliği, suda çözünürlük, DPPH radikalini yakalama değerleri*

FİLM GRUBU	Su Buharı Geç. (gmm/m ² hPa)	Suda Çöz. (%)	Antioksidan Aktivite (%)
KONT-GBF	3.90×10 ⁻⁴ ±0.00010	41.40±0.71 ^c	1.10±0.65 ^d
2.5-GBF	3.86×10 ⁻⁴ ±0.00010	43.74±0.80 ^{bc}	8.27±2.32 ^c
5-GBF	4.05×10 ⁻⁴ ±0.00003	45.91±0.80 ^b	18.09±3.11 ^b
10-GBF	4.00×10 ⁻⁴ ±0.00010	50.30±0.25 ^a	29.86±4.42 ^a

*Ortalama ± Standart sapma

abcd ↓ : aynı parametre içindeki gruplarda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, gilaburu ekstraktının içerdiği fenolik bileşiklerin böyle bir etkiye neden olmadığı görülmüştür. Soo ve Sarbon (2018) farklı oranlarda pirinç unu ve tavuk derisi jelatini kullanarak ürettikleri yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenlikleri değerlerinin pirinç unu oranı arttıkça 2.14×10⁻³ gmm/m²hPa'dan 5.00×10⁻³ gmm/m²hPa'a arttığını belirtmişlerdir. Hosseini vd. (2013) değişen oranlarda kitosan ve jelatin kullanarak ürettikleri yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenliklerinin kitosan oranı arttıkça 0.826 gmm/m²hPa'dan 0.367 gmm/m²hPa'a azaldığını belirtmişlerdir. Gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenliklerinin literatürde yer alan bu çalışmalarda kullanılan yenilebilir filmlere kıyasla daha düşük olduğu görülmüştür.

Yenilebilir filmlerin en temel işlevi gıda ile ortam arasında istenmeyen bileşiklerin geçişini azaltmak ya da engellemektir (Gontard vd. 1992) ve bu sebeple de su buharı geçirgenliği yenilebilir filmlerin en önemli özelliklerinden biridir (Dou vd. 2018). Yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenliğinin gıda ile ortam arasındaki nem transferini azaltmak için mümkün olduğunca düşük olması gerekmektedir (Gontard vd. 1992, Kurt ve Kahyaoğlu 2014, Li vd. 2014). Su buharı geçirgenliği değerleri filmlerin su molekülü difüzyonu, filmlerin yapısında bulunan hidrofilik-hidrofobik molekül oranıyla (Garcia vd. 2000), film üretiminde kullanılan plastikleştirici ve ortam sıcaklığı ile ilişkilidir (Kurt ve Kahyaoğlu 2014). Su buharı geçirgenliği yenilebilir filmin üretiminde kullanılan doğal polimerin bağlı polaritesine önemli

ölçüde bağlıdır. Katyonik ve hidrofilik filmler su ile etkileşime girebilir ve bunun sonucunda filmlerin su buharı geçirgenlik değeri artabilir (Rawdkuen vd. 2010). Daha yüksek miktarda protein ve kalınlığa sahip jelatin filmler, jelatinde çok çeşitli hidrofilik amino asitlerin varlığından dolayı çevreden daha fazla su emebilir (McHugh vd. 1993). Polisakkarit ve protein bazlı kompozit filmlerin doğal hidrofilik yapıları nedeniyle su ile temas ettiklerinde yapılarında bozulmalar görülmektedir (Martelli vd. 2017).

Bourtoom vd. (2006), gliserol ve sorbitol gibi plastikleştiricilerin film yapımında kullanım oranları arttıkça film yapısında bulunan proteinlerin ağ yapısını değiştirdiklerini ve böylece filmlerin su buharı geçirgenliklerini artırdığını belirtmişlerdir. Arvanitoyannis vd. (1998) de içerikteki toplam plastikleştirici miktarının artmasının filmin su buharı geçişinde doğru orantılı bir artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Gliserol miktarının artışıyla polimer üzerindeki su birikimi ve film matrisinin serbest hacmi artabilmektedir ve böylece su buharı geçirgenliğinin artmasını teşvik etmektedir (Ahmadi vd. 2012, Ramos vd. 2013). Plastikleştiricilerin hidrofilik yapıda olmalarının da filmlerin su buharı geçirgenliklerinde bir artışa neden olabileceği bilinmektedir (Al-Hassan ve Norziah 2012).

4.3.8 Suda çözünürlük

Çözünürlük yenilebilir filmler için oldukça önemli bir özelliktir, filmin uygulanma ve kullanım amacına göre istenilen çözünürlük değerleri değişiklik göstermektedir (Kurt ve Kahyaoğlu 2014). Gıdanın depolanma süresince kalitesini koruması için daha düşük çözünürlük değerine sahip filmlerin kullanılması gerekmektedir (Maizura vd. 2007). Yenilebilir filmlerin çözünürlük değerleri film yapımında kullanılan polimerlerin yapıları ve içeriklerine bağlıdır (Wang vd. 2014). Pires vd. (2013) suda çözünürlük değerlerinde görülen farklılıkların film üretiminde kullanılan proteinin denatürasyonundan, kullanılan gliserol yüzdesinden ve analiz yönteminden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin suda çözünürlük değerleri çizelge 4.5’de verilmiştir. Yenilebilir filmlerin üretiminde kullanılan gilaburu ekstraktının oranı arttıkça filmlerin suda çözünürlük değerlerinin

%41.40'dan %50.30'a yükseldiği ve 10-GBF grubunun suda çözünürlük değerinin diğer film grupların suda çözünürlük değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu ($p<0.05$) görülmüştür. Yenilebilir filmlerin gilaburu ekstraktı oranı arttıkça suda çözünürlüklerinin artmasının gilaburu ekstraktının suda çözünürlüğü ile ilgili olabileceği söylenebilir.

Hosseini vd. (2013) farklı oranlarda jelatin ve kitozan kullanarak ürettikleri yenilebilir filmlerin bazı özelliklerini araştırdıkları bir çalışmada, yalnızca jelatin kullanarak ürettikleri film grubunun suda çözünürlüğünün %63.81 olduğunu ve farklı oranlarda kitosan içeren diğer film gruplarından daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Soo ve Sarbon (2018) ise farklı oranlarda jelatin ve pirinç unu kullanarak ürettikleri yenilebilir filmlerin çözünürlüklerini incelemişler, çalışma sonucunda yalnızca jelatin içeren kontrol grubunu %93.66 olan çözünürlüğünün diğer gruplara kıyasla daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Literatürde yer alan bu çalışmalar ile jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin çözünürlükleri kıyaslandığında Na-aljinat kullanımının jelatin filmlerin çözünürlüğünü düşürdüğü söylenebilir.

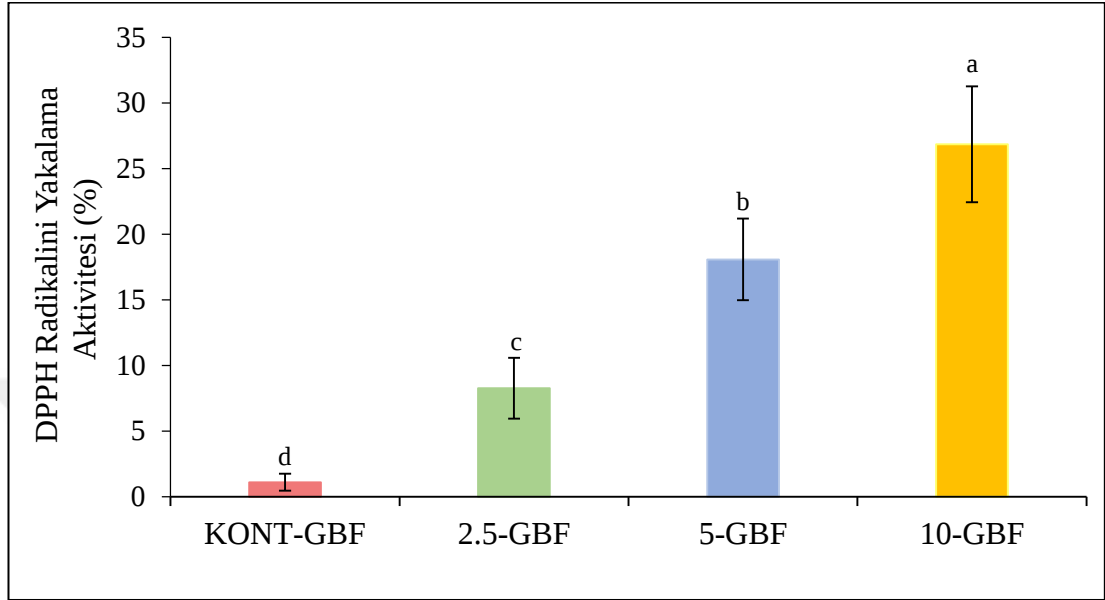
Kurt ve Kahyaoğlu (2014) salep kullanılarak ürettikleri yenilebilir filmlerin karakterizasyonu üzerine yaptıkları çalışmada en yüksek nem içeriğine ve suda çözünürlük değerine sahip olan grubun suya karşı en düşük direnç gösteren grup olduğunu belirtmişlerdir. Bu bilgiler doğrultusunda nem içeriği, istatistiksel olarak anlamlı olmasa da diğer gruplara göre daha yüksek olan 10-GBF grubunun suda çözünürlük değerinin de diğer gruplara kıyasla daha yüksek olduğu ve böylece suya karşı direnci en düşük olan grup olduğu yorumu yapılabilir.

4.3.9 Antioksidan aktivite

Gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin DPPH radikalini yakalama aktivite değerleri çizelge 4.5 ve şekil 4.1'de verilmiştir.

Antioksidan özellik gösteren maddelerin antioksidan aktivitelerini belirlemek için DPPH radikali yakalama aktivitesi analizi yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir. Serbest radikal olan DPPH antioksidan madde varlığında söndürölüp renksizleşerek

yoğun mor renkli halinden sarı renkli hale gelmektedir ve absorbans değerlerinde azalma görülmektedir (Brand-Williams vd. 1995, Enayat ve Banerjee 2009, Chen vd. 2013).



Şekil 4.1 Farklı oranlarda gilaburu ekstraktları kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin DPPH radikalini yakalama aktivitesi

Gilaburu ekstraktı içermeyen KONT-GBF film grubunun DPPH radikali aktivitesi %1.10, farklı oranlarda gilaburu ekstraktları kullanılarak üretilen 2.5-GBF, 5-GBF ve 10-GBF film gruplarının DPPH radikali yakalama aktiviteleri ise sırasıyla %8.27, %18.09 ve %29.86 olarak belirlenmiş, bütün film gruplarının antioksidan aktivite değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Yenilebilir filmlerin üretimi sırasında kullanılan ekstraktların gilaburu oranı arttıkça filmlerin antioksidan aktivitelerinin de aynı şekilde artış gösterdiği görülmüştür. Gomez-Estaca vd. (2009) yenilebilir filmlerin antioksidan aktivitesinin film içeriğine eklenen antioksidan madde miktarı ile doğru orantılı olduğunu belirtmişlerdir.

Farhan ve Hani (2020) çemen otu çekirdeği ekstraktı ilave edilerek ürettikleri *kappa*-karragenan bazlı yenilebilir filmlerin antioksidan aktivitelerini inceledikleri çalışmada herhangi bir antioksidan madde ilave edilmeyen kontrol grubunun %6.52 ile en düşük DPPH inhibe edici aktiviteye sahip olduğunu, diğer film gruplarına ilave edilen çemen otu çekirdeği miktarı arttıkça filmlerin DPPH radikali inhibe edici

aktivitelerinin de arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, filmlerin antioksidan aktivitelerindeki bu yükselmenin ilave edilen çemen otu çekirdeği ekstraktı arttıkça içerdiği biyoaktif bileşiklerin hidrojen verme kapasitesindeki artışından kaynaklanabileceğini eklemişlerdir.

Söğüt ve Seydim (2018) üzüm çekirdeği ekstraktı ilave ettikleri kitozan bazlı yenilebilir filmlerin tavuk göğüs etlerinin kalitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, %5, %10 ve %15 oranında üzüm çekirdeği ekstraktı ilave ettikleri filmlerin DPPH radikali inhibisyon aktivitelerinin %12.53, %14.70 ve %20.45 olduğunu ve ilave edilen ekstrakt miktarı arttıkça filmlerin antioksidan aktivitesinin de arttığını belirtmişlerdir. Bitencourt vd. (2014) jelatin bazlı yenilebilir filme zerdeçal ekstraktı ilave ederek filmlerin antioksidan aktivitelerini ve bazı fiziksel özelliklerini araştırdıkları çalışmanın sonucunda ekstrakt ilave edilmeyen jelatin film grubunun DPPH radikali inhibisyon aktivitesinin %1.8, en yüksek oranda zerdeçal ekstraktı ilave edilen film grubunun ise %79.2 olduğunu belirtmişlerdir. Kitozan bazlı yenilebilir filmlere yeşil çay ekstraktı ilave edilerek filmlerin antioksidan aktivitesinin araştırıldığı bir çalışmada içerdiği yeşil çay ekstraktı miktarı arttıkça filmlerin DPPH radikali inhibe edici aktivitelerinin de arttığı belirtilmiştir (Siripatrawan ve Harte 2010).

4.4 Depolama Süresince Tavuk Eti Kalite Özelliklerindeki Değişimler

4.4.1 pH değeri

Farklı konsantrasyonlarda gilaburu ekstraktı (%0, %2.5, %5, %10) içeren jelatin/Na-Aljinat bazlı yenilebilir filmlerle kaplanan tavuk but etlerinin soğuk depolama süresince (4°C) belirlenen pH değerleri çizelge 4.6 ve şekil 4.2’de verilmiştir.

Çalışmada hammadde olarak kullanılan çiğ tavuk but etinin başlangıç pH değeri 6.40 olarak bulunmuştur. Trespalacios ve Pla (2007a, 2007b) çiğ tavuk but etinin başlangıç pH değerlerinin 6.65 ve 6.38, Al-Dughaym ve Altabari (2010) ise 6.63 olduğunu belirtmişlerdir. Xiong vd. (1993)’nin farklı broiler türleriyle yaptıkları

çalışmada ise çiğ tavuk but etinin pH değerlerinin ortalaması 6.09 olarak bulunmuştur.

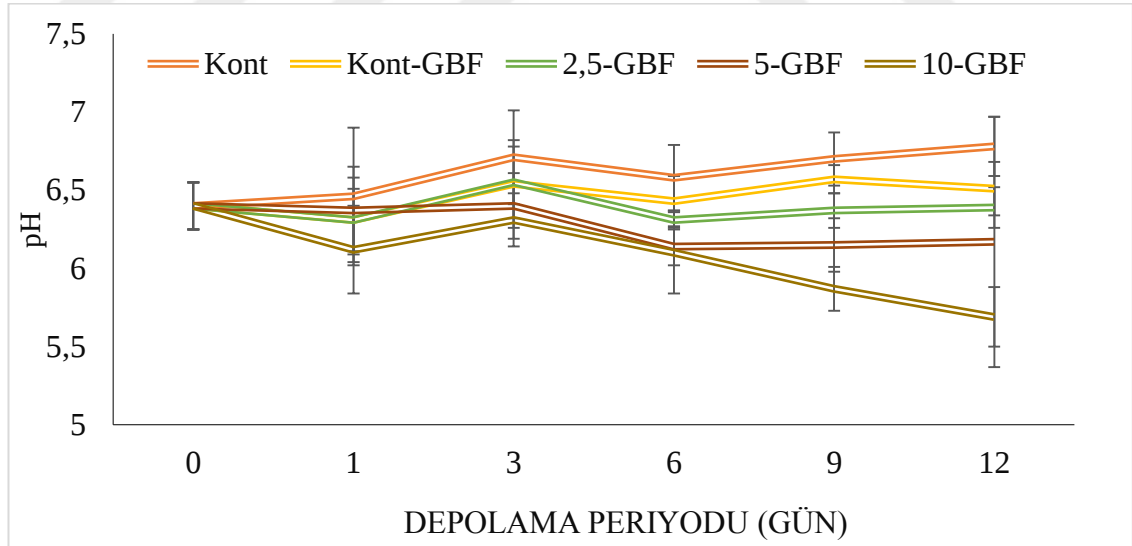
Çizelge 4.6 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin pH değeri üzerine etkisi*

Depolama Periyodu (gün)	KONT	KONT-GBF	2.5-GBF	5-GBF	10-GBF
0	6.40±0.15	6.40±0.15	6.40±0.15	6.40±0.15	6.40±0.15 ^a
1	6.46±0.44	6.31±0.20	6.31±0.27	6.37±0.28	6.12±0.28 ^{ab}
3	6.71±0.30	6.54±0.28	6.55±0.23	6.40±0.21	6.31±0.17 ^a
6	6.58±0.21 ^A	6.43±0.16 ^{AB}	6.31±0.06 ^{ABC}	6.14±0.12 ^{BC}	6.10±0.26 ^{Cab}
9	6.70±0.17 ^A	6.57±0.09 ^{AB}	6.37±0.11 ^{BC}	6.15±0.17 ^C	5.87±0.14 ^{Dbc}
12	6.78±0.19 ^A	6.51±0.17 ^{AB}	6.39±0.13 ^{BC}	6.17±0.80 ^C	5.69±0.19 ^{Dc}

* Ortalama ± Standart sapma

ABCD ⇒ : Aynı periyot içinde, farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

abc ⇓ : Aynı örnek içinde, farklı harfleri taşıyan periyot ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).



Şekil 4.2 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin pH değeri üzerine etkisi*

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde çalışmada elde edilen başlangıç pH değerinin bazı çalışmalar ile uyumlu olduğu, fakat bazılarında yüksek ya da düşük olduğu

görülmüştür. pH değerlerinde görülen bu farklılıkların kullanılan hayvanın yaşı, genetik ve fizyolojik özellikleri, beslenme tipi, kesim yöntemi ve kesimhaneye taşınma şartlarından kaynaklanabileceği bilinmektedir (Wattanachant 2008, Al-Dughaym ve Altabari 2010).

Depolamanın 1. ve 3. günlerinde film gruplarının pH değerleri kontrol grubuna göre daha düşük olmasına rağmen farklı örnek gruplarının pH değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Depolamanın 6., 9. ve 12. günlerinde farklı örnek gruplarının pH değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$). 6. günde 10-GBF grubunun pH değeri KONT ve KONT-GBF gruplarına göre, 5-GBF grubunun pH değeri ise KONT grubuna göre önemli ölçüde düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Ayrıca, 9. günde 2.5-GBF grubunda KONT grubuna göre, 10-GBF grubunda 9. ve 12.günlerde diğer tüm gruplara göre pH değerinin daha düşük olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Çalışma sonucunda elde edilen pH değerlerinin literatürde yer alan yenilebilir film ve kaplama uygulaması yapılan diğer birçok araştırmayla paralellik gösterdiği görülmüştür.

Noor vd. (2018) Hint kuşkonmazı (*Asparagus racemosus*) kökü ekstraktı ilave edilen kalsiyum-aljinat bazlı yenilebilir filmlerle paketlenmiş sosislerin pH değerlerindeki artışın, yalnızca kalsiyum-aljinat bazlı yenilebilir filmlerle paketlenmiş kontrol grubu sosislerine göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Jridi vd. (2018) kına (*Lawsonia inermis*) ekstraktı kullanılarak hazırladıkları jelatin kaplamanın sekiz günlük soğuk depolama sonunda sığır etinin pH değerlerinin kaplama uygulanmayan kontrol grubundan ve kına ekstraktı ilave edilmeden hazırlanan jelatin kaplama uygulanan gruptan daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Et ürünlerinde depolama süresince pH değerinin artış göstermesi mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri sonucunda oluşan amonyak, biyojen aminler gibi alkali maddelerin birikmesinden kaynaklanabilmektedir (López-Caballero vd. 2007, Gao vd. 2013, Radha-Krishnan vd. 2014, Wang vd. 2017). Depolama süresi boyunca 2.5-GBF, 5-GBF ve 10-GBF gruplarının pH değerlerinin KONT ve KONT-GBF gruplarına göre daha düşük olduğu görülmüştür. Gilaburu ekstraktı içeren yenilebilir filmlerin depolama süresince tavuk but etinde

mikrobiyolojik gelişimi kontrol altına aldığı ve böylece pH artış hızını yavaşlattığı söylenebilir.

4.4.2 Tiyoarbiturik asit reaktif madde (TBARS) değeri

Farklı konsantrasyonlarda gilaburu ekstraktı (%0, %2.5, %5, %10) içeren jelatin/Na-Aljinat bazlı yenilebilir filmlerle kaplanan tavuk but etlerinin soğuk depolama süresince (4°C) belirlenen TBARS (mg MDA/kg) değerleri çizelge 4.7 ve şekil 4.3'te verilmiştir.

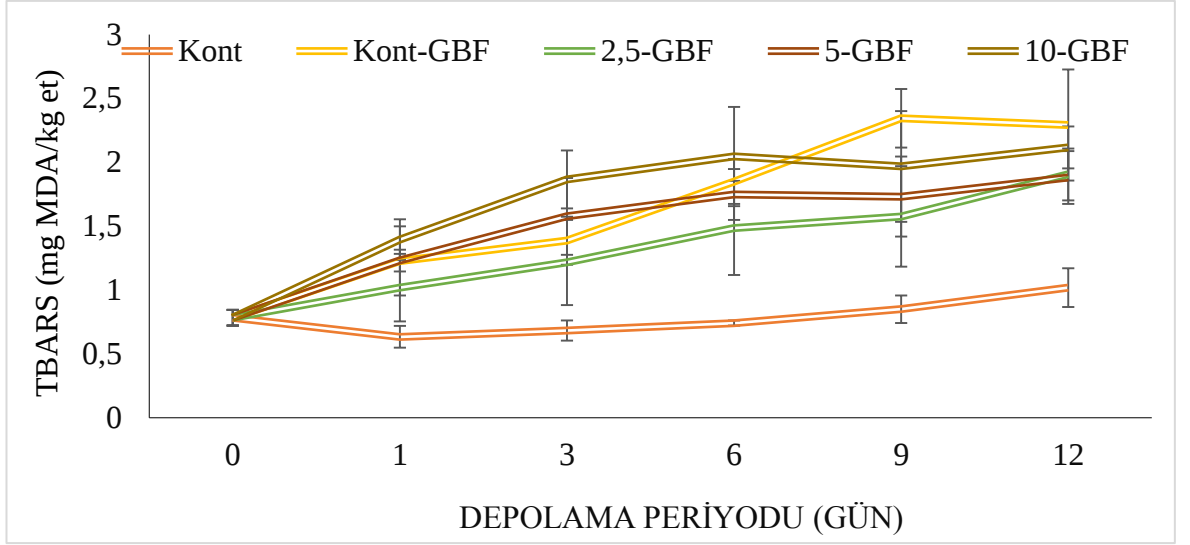
Çizelge 4.7 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin TBARS (mg MDA/kg) değeri üzerine etkisi*

Depolama a Periyodu (gün)	KONT	KONT- GBF	2.5-GBF	5-GBF	10-GBF
0	0.78±0.06 ^{bc}	0.78±0.06 ^d	0.78±0.06 ^d	0.78±0.06 ^c	0.78±0.06 ^c
1	0.63±0.09 ^{Cc}	1.23±0.27 ^{AB} _c	1.02±0.27 ^{Bcd}	1.23±0.09 ^{ABb}	1.40±0.16 ^{Ab}
3	0.68±0.08 ^{Cc}	1.39±0.19 ^{Bc}	1.22±0.33 ^{Bbc} _d	1.58±0.30 ^{ABa} _b	1.87±0.23 ^{Aa} _b
6	0.74±0.02 ^{Cb} _c	1.85±0.18 ^{AB} _b	1.49±0.37 ^{Bab} _c	1.75±0.20 ^{ABa}	2.05±0.39 ^{Aa}
9	0.85±0.11 ^{Cb}	2.35±0.23 ^{Aa}	1.58±0.39 ^{Bab}	1.73±0.31 ^{Ba}	1.97±0.43 ^{AB} _a
12	1.02±0.15 ^{Ba}	2.29±0.44 ^{Aa}	1.91±0.20 ^{Aa}	1.88±0.21 ^{Aa}	2.12±0.17 ^{Aa}

* Ortalama ± Standart sapma

ABC ⇨: aynı periyot içindeki örneklerde farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

abc ↓: aynı örnek içindeki periyotlarda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).



Şekil 4.3 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin TBARS (mg MDA/kg) değeri üzerine etkisi*

Et ve et ürünleri gibi orta-yüksek yağ içeriğine sahip gıdaların depolanması sırasında gerçekleşen lipid oksidasyonu ürün renginde, dokusunda, aromasında ve lezzetinde bozulmalara (Azlin-Hasim vd. 2015, Rodríguez-Calleja vd. 2012), besin değerinin azalmasına (Fernández vd. 1997) ve raf ömrünün kılmasına neden olur (Jridi vd. 2018). Genel olarak, et ve et ürünlerinde TBARS değeri oluşan ikincil oksidasyon ürünlerinden malonaldehit (MDA) miktarı ölçülerek lipid oksidasyonunun derecesini tespit etmek amacıyla yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Ladeira vd. 2014, Xiong vd. 2015, Sun vd. 2019).

Çalışmada hammadde olarak kullanılan çiğ tavuk but etinin başlangıç TBARS değeri 0.78 mg MDA/kg olarak bulunmuştur. Huang vd. (2020) nanoemülsiyon bazlı yenilebilir filmin yemeye hazır carbonado tavuğunun raf ömrüne etkisini inceledikleri çalışmada hammadde olarak kullandıkları çiğ tavuk but etinin başlangıç TBARS değerini 0.77 mg MDA/kg olarak, Vaithyanathan vd. (2011) ise nar suyunun tavuk etinin raf ömrüne etkisini araştırdıkları çalışmada hammadde olarak kullandıkları çiğ tavuk göğüs etinin TBARS değerini 0.71 mg MDA/kg olarak bulmuşlardır. Fakat literatürdeki diğer bazı çalışmalar incelendiğinde başlangıç hammadde olarak kullanılan tavuk etlerinin TBARS değerlerinin daha düşük olduğu

görülmüştür (Antoniewski vd. 2007, Hamed vd. 2017, Moreno vd. 2018, Han ve Song 2021).

Depolamanın 1. gününde KONT grubunun TBARS değerinin başlangıç TBARS değeriyle arasında önemli bir farklılık olmadığı ($p>0.05$) fakat film kaplaması uygulanan tüm grupların (KONT-GBF, 2.5-GBF, 5-GBF, 10-GBF) TBARS değerinin 1. günde bile oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Osawa vd. (2005) karbonhidratlar ve proteinlerin de TBA ile etkileşime girerek TBARS değerini etkileyebileceğini belirtmişlerdir. Bermúdez-Oria vd. (2017) ise filme esneklik kazandırması için ilave edilen gliserol gibi hidrofilik plastikleştiricilerin TBA ile etkileşime girdiğini ve kırmızı renk oluşumunu artırdığını, başka bir çalışmada (Bermúdez-Oria vd. 2019) ise plastikleştiricilerin (gliserol, sorbitol) gıdaya nüfuz edebildiğini ve higroskopik yapıdaki filmlerin de gıda yüzeyinden tamamen ayrılabilmesinin kolay olmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca gliserol gibi plastikleştiricilerin ilave edilmesiyle birlikte polisakkarit (Sothornvit ve Pitak 2007) ve jelatin (Hom vd. 1974) bazlı yenilebilir filmlerin oksijen geçirgenliğinin arttığı görülmüştür. İçerdiği hidrojen bağları nedeniyle oksijene karşı iyi bir bariyer özelliği gösteren jelatin (Krochta ve de Mulder-Johnson 1997) kullanılarak üretilen filmlerin bu özelliği gliserol gibi plastikleştirici maddelerin ilave edilmesiyle olumsuz etkilenmektedir (Herring vd. 2010).

Bu bilgiler doğrultusunda film solüsyonu hazırlamak için kullanılan jelatin, Na-aljinat ve gliserolün TBARS değerlerini kontrol grubuna göre artırdığı ve antioksidan madde olarak kullanılan gilaburu ekstraktının antioksidan aktivitesini engellediği söylenebilir. Benzer şekilde Oussalah vd. (2004) uçucu yağ ilave ederek ve plastikleştirici madde olarak gliserol kullanarak ürettikleri süt proteini bazlı yenilebilir filmlerin uygulandığı sığır etlerinin TBARS değerlerinin depolama boyunca kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Film solüsyonunda plastikleştirici olarak gliserol kullanılan jelatin bazlı ve kitosan-jelatin bazlı yenilebilir filmlerin et ürünlerine uygulandığı farklı çalışmalarda yenilebilir filmlerin lipid oksidasyonun önlenmesi üzerine bir etkisi görülmemiştir (Ou vd. 2001, Lopez-Caballero vd. 2004, Farajzadeh vd. 2016). Sığır, tavuk, domuz eti ve somon gibi taze etlerle yapılan bir çalışmada (Antoniewski vd. 2007) etlere jelatin kaplama

uygulanmış ve kaplamanın raf ömrüne etkisi araştırılmış, kullanılan jelatin kaplamanın bazı et ürünlerinde renk bozulmalarını engelleyecek kadar oksijen bariyer özelliği gösterdiği, fakat kaplama yapılan gruplar ve kontrol gruplarının TBARS değerlerinin arasında anlamlı bir farklılık olmadığı, dolayısıyla da lipit oksidasyonu üzerine herhangi bir etki etmediği görülmüştür. Bu duruma ise jelatin kaplama solüsyonunu hazırlanma aşamasında yüksek sıcaklık uygulanmasının neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Film uygulanan gruplar (KONT-GBF, 2.5-GBF, 5-GBF, 10-GBF) kendi aralarında kıyaslandığında depolamanın 9. ve 12.günlerinde KONT-GBF grubunun TBARS değerlerinin 2.5-GBF, 5-GBF ve 10-GBF gruplarından daha yüksek olduğu, bu farkın 9. günde istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0.5$) görülmüştür. Jelatin, Na-aljinat ve gliserol içermeleri nedeniyle film uygulanan grupların TBARS değerlerinin KONT grubuna göre yüksek olmasına rağmen 2.5-GBF, 5-GBF ve 10-GBF gruplarının KONT-GBF grubuna göre daha düşük TBARS değerlerine sahip olmasının gilaburu ekstraktının antioksidan aktivitesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Gilaburu ekstraktı ilave edilen filmlerin uygulandığı gruplar (2.5-GBF, 5-GBF ve 10-GBF) birbirleriyle karşılaştırıldığında filmlerin içerdiği gilaburu ekstraktının oranı arttıkça TBARS değerinin de arttığı ve gruplar arasındaki farkın bazı günlerde istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0.5$) görülmüştür. Oussalah vd. (2004) bazı fenolik bileşiklerin kararsız olduğunu, kararsızlıklarının neden olduğu bozulmalar sonucunda ise fenolik aldehitlerin oluşabileceğini, oluşan bu aldehitlerin de TBARS analizinde gerçekleşen malonaldehit reaksiyonuna benzer bir reaksiyona neden olarak TBARS değerinde artış olmasına yol açacağı ve böylece kullanılan doğal maddenin antioksidan aktivitesini maskeleyeceğini belirtmişlerdir. Bu bilgiden yola çıkarak gilaburu meyvesinin içerdiği fenolik bileşiklerin de bozularak fenolik aldehitleri oluşturmuş olabileceği ve bunun sonucu olarak filmlere ilave edilen gilaburu ekstraktlarının oranları arttıkça TBARS değerlerinin de arttığı söylenebilir.

4.4.3 Peroksit sayısı

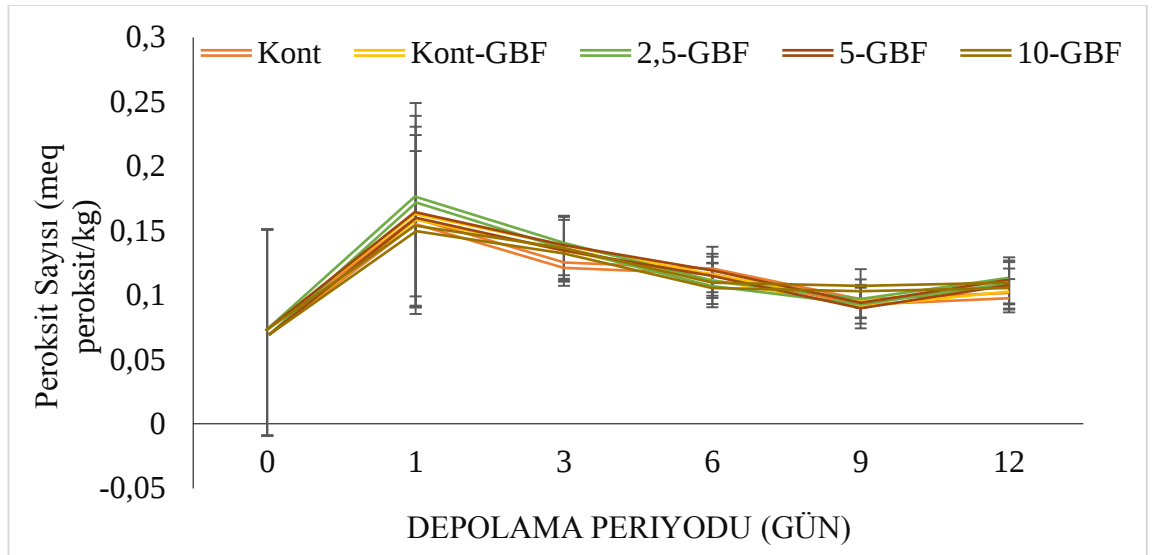
Farklı konsantrasyonlarda gilaburu ekstraktı (%0, %2.5, %5, %10) içeren jelatin/Na-Aljinat bazlı yenilebilir filmlerle kaplanan tavuk but etlerinin soğuk depolama süresince (4°C) belirlenen peroksit sayısı (meq peroksit/kg) çizelge 4.8 ve şekil 4.4 'de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin peroksit sayısı (meq peroksit/kg) üzerine etkisi*

Depolama Periyodu (gün)	KONT	KONT-GBF	2.5-GBF	5-GBF	10-GBF
0	0.07±0.08 ^b	0.07±0.08 ^b	0.07±0.08 ^b	0.07±0.08 ^b	0.07±0.08 ^b
1	0.16±0.07 ^a	0.16±0.07 ^a	0.17±0.08 ^a	0.16±0.08 ^a	0.15±0.06 ^a
3	0.12±0.02 ^{ab}	0.14±0.02 ^{ab}	0.14±0.02 ^{ab}	0.14±0.03 ^{ab}	0.13±0.02 ^{ab}
6	0.12±0.02 ^{ab}	0.11±0.02 ^{ab}	0.11±0.02 ^{ab}	0.12±0.02 ^{ab}	0.11±0.02 ^{ab}
9	0.10±0.01 ^{ab}	0.09±0.02 ^{ab}	0.10±0.01 ^{ab}	0.09±0.01 ^{ab}	0.11±0.02 ^{ab}
12	0.10±0.01 ^{ab}	0.11±0.02 ^{ab}	0.11±0.02 ^{ab}	0.11±0.02 ^{ab}	0.11±0.02 ^{ab}

* Ortalama ± Standart sapma

ab ↴ : aynı örnek içindeki periyotlarda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).



Şekil 4.4 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin peroksit sayısı (meq peroksit/kg) üzerine etkisi*

Lipit oksidasyonunun ana göstergelerinden biri olan peroksit sayısı değeri et ve et ürünlerinin kalitesini belirlenmesinde üründe oluşan peroksit miktarını veren ve başlangıçtaki oksidasyon derecesinin değerlendirilmesinde kullanılan bir parametredir (Mehta vd. 2015, Turgut vd. 2016, Hamedı vd. 2017, Turgut vd. 2017). Lipit oksidasyonunun birincil ürünleri hidroperoksitlerdir ve bu yüzden oksidasyon derecesini tespit etmek için gıdadaki peroksit miktarının belirlenmesi gerekmektedir (El Alim vd. 1999).

Çalışmada hammadde olarak kullanılan çiğ tavuk but etinin başlangıç peroksit sayısı 0.07 meq peroksit/kg olarak bulunmuştur. Çiğ tavuk filetosunun hammadde olarak kullanıldığı bir çalışmada başlangıç peroksit sayısı 0.0135 meq peroksit/kg (Hamedı vd. 2017), hammadde olarak tavuk but eti kullanılan başka çalışmalarda ise başlangıç peroksit sayısı 2.12 meq peroksit/kg ve 1.66 meq peroksit/kg olarak bulunmuştur (Soyer vd. 2010, Han ve Song 2021,). Kumar vd. (2020) ise farklı muamele uyguladıkları çiğ tavuk but etlerinin başlangıç peroksit sayılarını 1.290-1.383 meq peroksit/kg arasında bulmuştur. Elde edilen başlangıç peroksit sayısının literatürde yer alan diğer çalışmalarla kıyaslandığında genel olarak daha düşük olduğu görülmüştür.

Depolamanın başlangıcına göre 1. günde tüm gruplarda önemli derecede artış gösteren peroksit sayısı 1. günden sonra azalmaya başlamıştır. Bu azalmanın birincil lipit oksidasyonu ürünü olan hidroperoksitlerin kararsız olmalarından ve hızlı bir şekilde alkoller ve aldehitler gibi ikincil oksidasyon ürünlerine parçalanmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir (Ladikos ve Lougovoıs 1990, Lorenzo vd. 2017).

Depolama süresince tüm grupların peroksit sayıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı görülmüştür ($p>0.5$). Yenilebilir film solüsyonunu hazırlarken filme esneklik kazandırması için ilave edilen gliserol gibi plastikleştiricilerin jelatinin oksijene karşı gösterdiği bariyer özelliğini olumsuz yönde etkilediği belirtilmiştir (Herring vd. 2010, Hom vd. 1974). Gliserolün bu etkisinin çalışmada kullanılan doğal antioksidan madde (gilaburu ekstraktı) ilave edilmiş jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin tavuk etinin oksidatif stabilite üzerinde olumlu bir değişim göstermesini engellediği söylenebilir.

4.4.4 Enstrümental renk değerleri

Enstrümental renk değerlerinden L* parametresi ürün renginin açıklık-koyuluk özelliğini vermektedir ve değer 0'dan 100'e doğru değiştikçe örneğin rengi siyahtan beyaza doğru değişmektedir. a* parametresi ürün renginin yeşillik-kırmızılık değerlerini vermektedir ve negatif değerler yeşil, pozitif değerler kırmızı rengi ifade etmektedir. b* parametresi ise ürün renginin mavilik-sarılık değerlerini vermektedir ve negatif değerler mavi, pozitif değerler sarı rengi ifade etmektedir (Pirsa ve Shamusı 2019).

Farklı konsantrasyonlarda gilaburu ekstraktı (%0, %2.5, %5, %10) içeren jelatin/Na-Aljinat bazlı yenilebilir filmlerle kaplanan tavuk but etlerinin soğuk depolama süresince (4°C) belirlenen CIE L* (açıklık-koyuluk) değerleri çizelge 4.9 ve şekil 4.5'de verilmiştir.

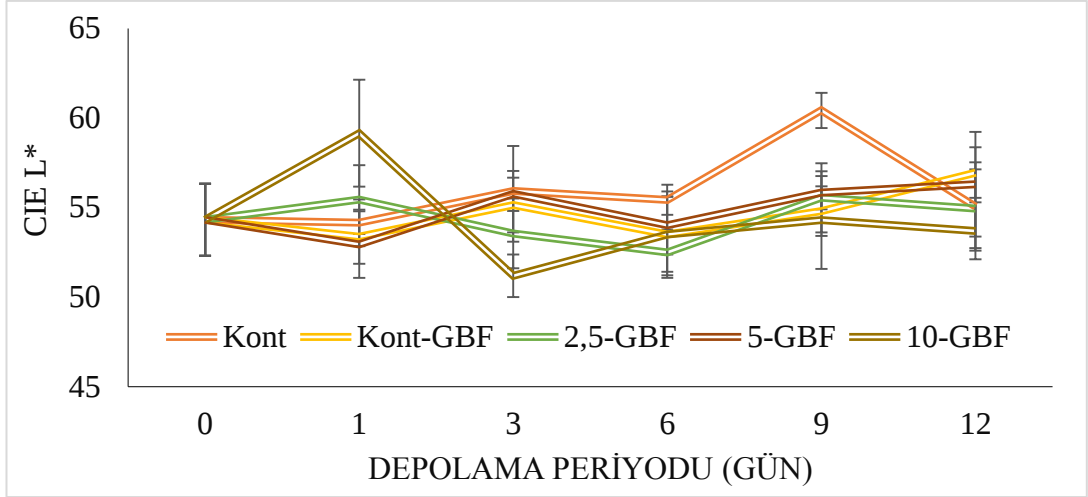
Çizelge 4.9 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin CIE L* (açıklık-koyuluk) değeri üzerine etkisi*

Depolama Periyodu (gün)	KONT	KONT-GBF	2.5-GBF	5-GBF	10-GBF
0	54.32±2.01 ^b	54.32±2.01 ^{ab}	54.32±2.01 ^{ab}	54.32±2.01 ^{ab}	54.32±2.01 ^b
1	54.15±1.30 ^{BCb}	53.38±1.51 ^{BCb}	55.45±1.92 ^{Ba}	52.94±1.86 ^{Cb}	59.15±2.99 ^{Aa}
3	55.93±1.12 ^{Ab}	55.14±1.53 ^{ABab}	53.56±1.95 ^{Bab}	55.76±2.67 ^{ABa}	51.20±1.19 ^{Cc}
6	55.43±0.84 ^{Ab}	53.49±2.41 ^{ABb}	52.50±1.28 ^{Bb}	54.01±1.63 ^{ABab}	53.50±2.09 ^{ABbc}
9	60.42±0.98 ^{Aa}	54.80±1.38 ^{Bab}	55.55±1.93 ^{Ba}	55.83±0.93 ^{Ba}	54.30±2.73 ^{Bb}
12	55.06±2.47 ^{ABb}	56.95±1.41 ^{Aa}	54.94±2.20 ^{ABa}	56.31±2.92 ^{Aa}	53.70±1.59 ^{Bbc}

* Ortalama ± Standart sapma

ABC $\Rightarrow$: aynı periyot içindeki örneklerde farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

abc $\Downarrow$: aynı örnek içindeki periyotlarda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).



Şekil 4.5 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin CIE L* (açıklık-koyuluk) değeri üzerine etkisi*

Tavuk etinde önemli bir kalite parametresi olan L* (açıklık-koyuluk) değeri pH, su tutma kapasitesi, tekstür gibi birçok kalite parametresi ile de ilişkilidir. Çiğ tavuk etinde optimum L* değerinin 49-50 civarında olduğu belirtilmiştir (Barbut 1997). L* değerinin daha yüksek olması örneklerin daha açık renkte olduğunu ve daha düşük pH değerine (pH <5.6) sahip olduğunu gösterirken, tavuk etleri için optimum L* değeri olan 49-50'nin altında bir değere sahip olması etlerin daha koyu bir renge sahip olduğunu ve pH değerlerinin (pH>5.9) de daha yüksek olduğunu göstermektedir (Garcia vd. 2010).

Depolamanın ilerleyen günlerinde 49-50 aralığına en yakın değerlere sahip olan grubun 10-GBF grubu olduğu fakat bunun yanı sıra aynı depolama günlerinde farklı örnek gruplarının L* değerlerinde görülen farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığı görülmüştür (p>0.5).

Farklı konsantrasyonlarda gilaburu ekstraktı (%0, %2.5, %5, %10) içeren jelatin/Na-Aljinat bazlı yenilebilir filmlerle kaplanan tavuk but etlerinin soğuk depolama süresince (4°C) belirlenen CIE a* (kırmızılık) değerleri çizelge 4.10 ve şekil 4.6 'de verilmiştir.

Çizelge 4.10 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin CIE a* (kırmızılık) değeri üzerine etkisi*

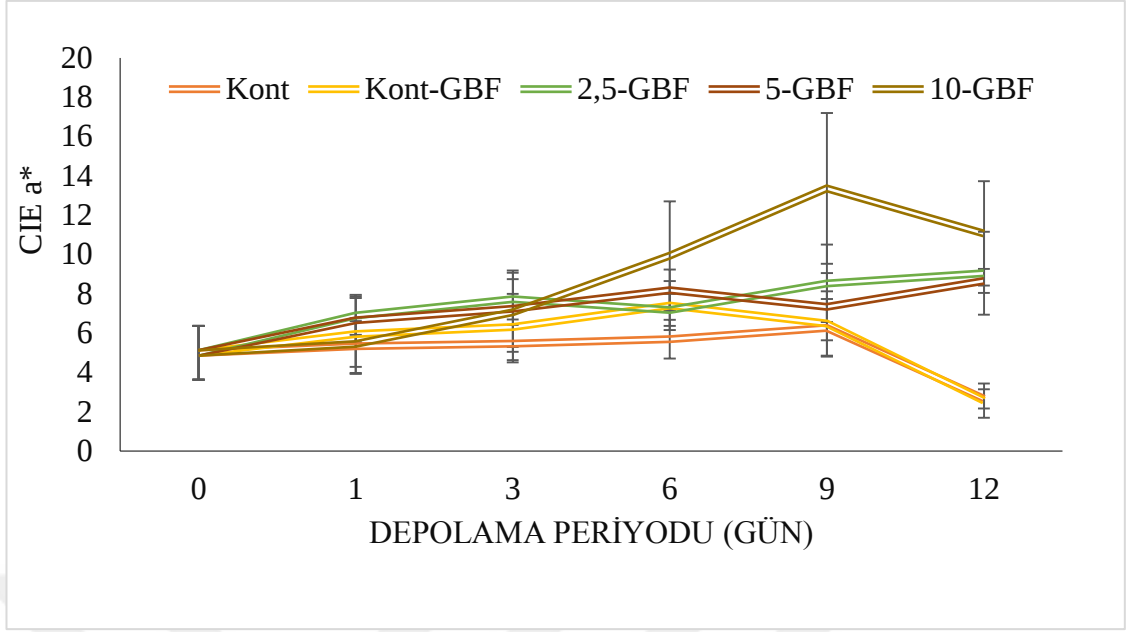
Depolama Periyodu (gün)	KONT	KONT-GBF	2.5-GBF	5-GBF	10-GBF
0	5.00±1.37 ^a	5.00±1.37 ^b	5.00±1.37 ^c	5.00±1.37 ^c	5.00±1.37 ^d
1	5.34±1.42 ^a	5.96±1.99 ^{ab}	6.89±0.97 ^b	6.66±1.12 ^b	5.45±1.16 ^d
3	5.46±0.95 ^{Ba}	6.31±1.68 ^{ABab}	7.72±1.02 ^{Aab}	7.24±1.95 ^{ABab}	7.06±2.01 ^{ABcd}
6	5.69±0.99 ^{Ca}	7.40±1.24 ^{BCa}	7.18±0.82 ^{BCb}	8.19±1.05 ^{ABab}	9.94±2.76 ^{Abc}
9	6.27±1.47 ^{Ba}	6.49±1.63 ^{Bab}	8.53±1.97 ^{Bab}	7.34±1.71 ^{Bab}	13.36±3.84 ^{Aa}
12	2.66±0.49 ^{Cb}	2.57±0.87 ^{Cc}	9.04±2.11 ^{Ba}	8.65±0.61 ^{Ba}	11.07±2.65 ^{Aab}

* Ortalama ± Standart sapma

ABC ⇨ : aynı periyot içindeki örneklerde farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

abcd ↓ : aynı örnek içindeki periyotlarda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

Depolama süresi boyunca gilaburu ekstraktı ilave edilmiş filmlerin uygulandığı 2.5-GBF, 5-GBF ve 10-GBF gruplarının a* değerlerinin artış gösterdiği, en yüksek a* değerine sahip olan grubun 10-GBF olduğu, 6., 9. ve 12.günlerde 2.5-GBF, 5-GBF gruplarıyla arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu (p<0.5) görülmüştür. Ayrıca en düşük a* değerlerine sahip olan KONT ve KONT-GBF gruplarının arasındaki farkın depolama süresi boyunca istatistiksel olarak önemli olmadığı (p>0.05) saptanmıştır. 2.5-GBF, 5-GBF ve 10-GBF gruplarının en yüksek a* değerlerine sahip olmasında filmlerin higroskopik yapıları nedeniyle et yüzeyinden tamamen ayrılamamasının (Bermúdez-Oria vd. 2019) ve gilaburu meyvesinin kırmızı renginden sorumlu olan antosiyanin pigmentlerinin (cyanidin 3-glucoside ve cyanidin 3-rutinoside) (Velioğlu vd. 2006) depolama süresi boyunca ürüne nüfuz etmesinin etkili olduğu söylenebilir.



Şekil 4.6 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin CIE a* (kırmızılık) değeri üzerine etkisi*

Farklı konsantrasyonlarda gilaburu ekstraktı (%0, %2.5, %5, %10) içeren jelatin/Na-Aljinat bazlı yenilebilir filmlerle kaplanan tavuk but etlerinin soğuk depolama süresince (4°C) belirlenen CIE b* (sarılık) çizelge 4.11 ve şekil 4.7 'de verilmiştir.

Depolama süresi boyunca bütün grupların b* (sarılık-mavilik) değeri artış göstermiştir ve bu artışın aynı örnek grubu için farklı periyotlarda istatistiksel olarak bütün gruplarda önemli olduğu görülmüştür ($p < 0.05$). Gruplar arasındaki farkın ise 9. günde sadece 10-GBF grubu için, 12. günde ise 5-GBF grubu için önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Stojanovic-Radic vd. (2018) biberiye ve fesleğen uçucu yağlarının tavuk etinin depolama stabilitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada üç günlük depolama boyunca kontrol gruplarının ve uçucu yağ ile muamele edilmiş grupların b* değerlerinin 5.87-9.99 arasında değiştiğini ve depolama süresiyle uçucu yağ muamelesinin tavuk etinin b* değeri üzerinde bir etkisi olmadığını belirtmişlerdir. Pirsä ve Shamusı (2019) aktif paketlenme yaptıkları tavuk but etlerinin b* değerlerinin farklı depolama koşullarında ve sürelerinde 3.63-17.95 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

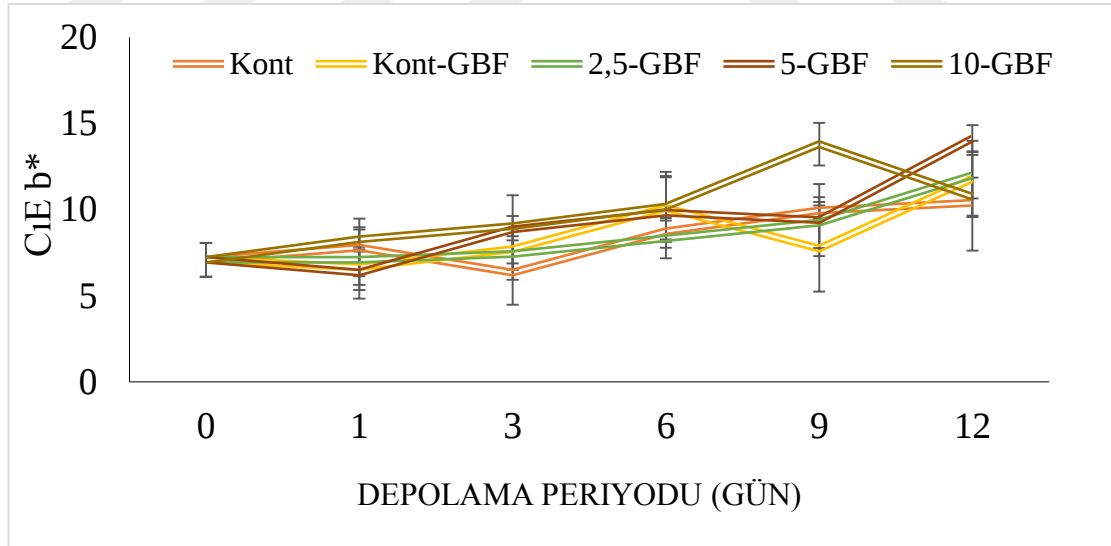
Çizelge 4.11 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin CIE b* (sarılık) değeri üzerine etkisi*

Depolama Periyodu (gün)	KONT	KONT-GBF	2.5-GBF	5-GBF	10-GBF
0	7.08±0.98 ^{bc}	7.08±0.98 ^b	7.08±0.98 ^c	7.08±0.98 ^{cd}	7.08±0.98 ^e
1	7.28±1.67 ^{ABbc}	6.66±1.03 ^{Bb}	7.09±1.75 ^{ABc}	6.34±1.51 ^{Bd}	8.27±0.71 ^{Ade}
3	6.34±1.87 ^{Bc}	7.71±1.21 ^{ABb}	7.42±1.49 ^{ABc}	8.85±1.98 ^{Abc}	9.04±0.59 ^{Accd}
6	8.75±0.61 ^{ab}	10.11±1.85 ^a	8.34±1.17 ^{bc}	9.83±2.05 ^b	10.17±2.03 ^{bc}
9	9.96±0.48 ^{Ba}	7.74±2.50 ^{Cb}	9.24±1.48 ^{BCb}	9.39±2.09 ^{BCb}	13.80±1.23 ^{Aa}
12	10.40±2.78 ^{Ba}	11.79±2.21 ^{Ba}	12.00±1.35 ^{Ba}	14.14±0.76 ^{Aa}	10.75±1.11 ^{Bb}

* Ortalama ± Standart sapma

ABC ⇨ aynı periyot içindeki örneklerde farklı harfleri taşıyan örnek ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

abcd ↓ : aynı örnek içindeki periyotlarda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).



Şekil 4.7 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin CIE b* (sarılık) değeri üzerine etkisi*

Çalışma sonucunda elde edilen b* değerleri 6.34-14.14 arasında değişmektedir ve literatürdeki diğer çalışmalarda olduğu gibi sonuçlarda dalgalanmalar görülmektedir. Akiba vd. (2001) tavuk etinin renk değerlerinde görülen bu dalgalanmaların hayvanların yetiştirilmelerinde kullanılan yemlerin farklı olmasından, üretim koşullarının farklılık göstermesinden ve tavuk etinin homojen bir yapıda olmamasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

4.4.5 Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı

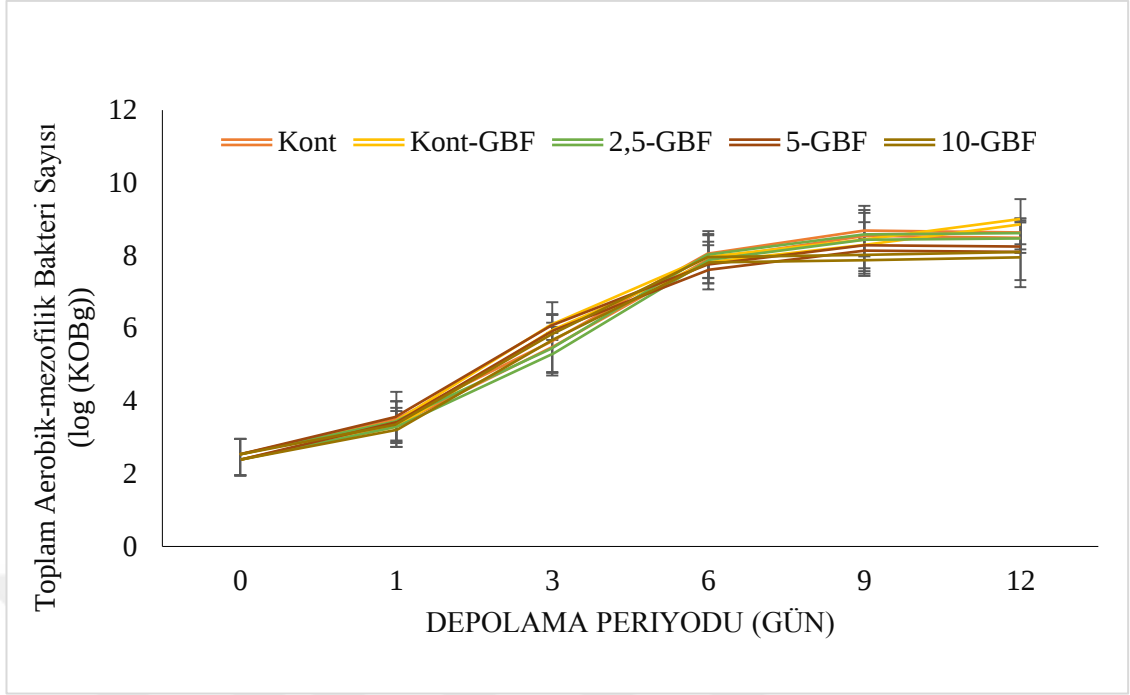
Farklı konsantrasyonlarda gilaburu ekstraktı (%0, %2.5, %5, %10) içeren jelatin/Na-Aljinat bazlı yenilebilir filmlerle kaplanan tavuk but etlerinin soğuk depolama süresince (4°C) belirlenen toplam aerobik-mezofilik bakteri sayısı (log (KOB/g)) Çizelge 4.12 ve Şekil 4.8 'de verilmiştir.

Çizelge 4.12 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin toplam aerobik-mezofilik bakteri sayısı (log (KOB/g)) üzerine etkisi*

Depolama Periyodu (gün)	KONT	KONT-GBF	2.5-GBF	5-GBF	10-GBF
0	2.45±0.50 ^c	2.45±0.50 ^c	2.45±0.50 ^c	2.45±0.50 ^c	2.45±0.50 ^c
1	3.43±0.55 ^c	3.36±0.63 ^c	3.36±0.45 ^c	3.49±0.76 ^c	3.28±0.44 ^c
3	5.57±0.79 ^b	6.04±0.36 ^b	5.37±0.67 ^b	6.01±0.14 ^b	5.76±0.96 ^b
6	7.98±0.61 ^a	7.90±0.66 ^a	7.96±0.72 ^a	7.68±0.61 ^{ab}	7.89±0.50 ^a
9	8.61±0.64 ^a	8.37±0.80 ^a	8.51±0.86 ^a	8.21±0.71 ^a	7.95±0.51 ^a
12	8.56±0.39 ^a	8.94±0.62 ^a	8.55±0.47 ^a	8.18±0.85 ^a	8.02±0.89 ^a

* Ortalama ± Standart sapma

abc  : aynı örnek içindeki periyotlarda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).



Şekil 4.8 Gilaburu ekstraktı içeren jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin soğuk depolama süresince tavuk etinin toplam aerobik-mezofilik bakteri sayısı (log (KOB/g)) üzerine etkisi*

Bozulma yapan mikroorganizmaların gelişimi sonucunda istenmeyen koku ve tatların oluşması ürünün kalite özelliklerini etkilemektedir ve bu nedenle de mikrobiyal kalite tavuk etinin tazelik göstergelerinden biri olarak kullanılmaktadır (Balamatsia vd. 2006).

Çalışmada hammadde olarak kullanılan çiğ tavuk but etinin başlangıç toplam aerobik-mezofilik bakteri sayısı 2.45 log (KOB/g) bulunmuştur. Oksijen tutucu kullanılarak modifiye atmosferde paketlenen tavuk etlerinin kalite değişimleri üzerine yapılan bir çalışmada hammadde olarak kullanılan çiğ tavuk but etinin başlangıç toplam aerobik-mezofilik bakteri sayısı 2.87 log (KOB/g) (Demirhan 2012), potasyum sorbat ve laktik asitin vakum paketli tavuk etlerinin depolama süresi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada ise çiğ tavuk but etinin başlangıç toplam aerobik-mezofilik bakteri sayısı 4.89 log (KOB/g) (Kolsarıcı ve Candoğan 1995) olarak bulunmuştur. Uçucu yağ içeren Na-aljinat/galbanum gam bazlı yenilebilir filmlerin antioksidan ve antimikrobiyel aktivitesinin incelendiği bir çalışmada hammadde olarak kullanılan çiğ tavuk filetolarda başlangıç toplam aerobik-mezofilik bakteri sayısının 3.2 log (KOB/g) (Hamed vd. 2017),

antimikrobiyal özellikteki yenilebilir kaplamanın tavuk eti üzerine koruyucu etkisinin incelendiği bir çalışmada 3.34 log (KOB/g) (Fernández-Pan vd. 2014), çemen otu çekirdeği ilave edilmiş karragenan bazlı yenilebilir filmlerin paketlenme malzemesi olarak kullanımının araştırıldığı bir çalışmada çiğ tavuk but etinde 4.07 log (KOB/g) (Farhan ve Hani 2020) olarak belirtilmiştir. Çalışma sonucunda 2.45 log (KOB/g) olarak elde edilen başlangıç toplam aerobik-mezofilik bakteri sayısının, literatürde yer alan bu çalışmalarda kullanılan tavuk etlerinin başlangıç toplam aerobik-mezofilik bakteri sayılarına göre genel olarak daha düşük olduğu görülmektedir.

Toplam aerobik-mezofilik bakteri sayısı açısından çiğ tavuk etinde kabul edilebilir limit 6 log (KOB/g) olarak belirlenmiştir (Anonymous 2007, ICMSF. 2011). Depolamanın 3. gününe kadar bütün örnek gruplarında kabul edilebilir limitin aşılmadığı ve tüm grupların toplam aerobik-mezofilik bakteri sayılarının 5-6 log (KOB/g) olduğu fakat depolamanın 6. gününden itibaren tüm örnek gruplarında toplam aerobik-mezofilik bakteri sayısı için kabul edilebilir limit olan 6 log (KOB/g)'dan daha yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür.

Depolama süresi boyunca toplam aerobik-mezofilik bakteri sayısı açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı görülmüştür ($p>0.5$). Fakat istatistiksel olarak anlamlı olmasa ($p>0.5$) bile 9. ve 12.günlerde 5-GBF ve 10-GBF gruplarının toplam aerobik-mezofilik bakteri sayısı KONT ve KONT-GBF gruplarına göre daha düşük olduğu, yenilebilir filmlere ilave edilen gilaburu ekstraktının depolamanın ilerleyen günlerinde bir miktar antimikrobiyel etki gösterdiği söylenebilir.

5. SONUÇ

Yapılan çalışmada gilaburu meyvesinden farklı oranlarda elde edilen ekstraktlar kullanılarak jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmler üretilmiştir. Üretilen bu filmlerin bazı fiziksel özellikleri ve soğuk depolama süresince (4°C) tavuk but etlerinin oksidatif stabilitesi üzerine etkileri incelenmiştir.

Gilaburu ekstraktlarının ve bu ekstraktlar kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin antioksidan aktivitelerini belirlemek için DPPH radikali yakalama aktivitesi değerine göre gilaburu ekstraktının yüksek oranda antioksidan aktivite gösterdiği ve gilaburu ekstraktları kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin de literatürde yer alan antioksidan madde içeren birçok yenilebilir filme kıyasla daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği görülmüştür.

Gıda ambalajlama materyali olarak kullanılacak olan yenilebilir filmlerin yüksek saydamlık değerlerine sahip olması ışığın indüklediği lipid oksidasyonunun engellenmesi açısından önem göstermektedir. Bu bilgi ışığında gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin kontrol grubuna göre ışık geçişini önleme açısından daha iyi bariyer özelliği gösterdiği saptanmıştır.

Yenilebilir filmlerin nem oranı suya karşı gösterdikleri dirençle bağlantılıdır ve ambalaj materyali olarak kullanıldıkları gıdaların raf ömrü üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin nem içeriğinin literatürde üzerinde çalışmalar yapılan diğer yenilebilir filmlerin nem içeriğine kıyasla daha düşük olduğu görülmüştür.

Gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin su aktivitesi değerlerinin 0.33 ile 0.34 arasında olduğu ve mikrobiyal gelişim için yeterli olan değerlerden oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu nedenle gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen yenilebilir filmler ambalaj materyali olarak kullanıldıklarında düşük nem değerlerine sahip ortamlarda uygun bir şekilde depolanırlarsa mikrobiyolojik gelişim açısından stabilite gösterebilecekleri söylenebilir.

Su buharı geçirgenliği, en temel işlevi gıdayla çevre arasında madde geçişini azaltmak ya da engellemek olan yenilebilir filmlerin en önemli özelliklerindendir.

Gıda ile çevre arasındaki nem transferini engellemek için yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenliklerinin oldukça düşük olması gerekmektedir. Çalışmada gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenliklerinin literatürde yer alan birçok çalışma ile kıyaslandığında daha düşük olduğu görülmüştür.

Yenilebilir filmlerin uygulanma alanlarına göre istenilen suda çözünürlük değerleri değişmektedir. Yenilebilir filmlerin uygulandıkları gıdanın depolama süresi boyunca kalite özelliklerini koruması isteniyorsa filmin daha düşük suda çözünürlük değerlerini sahip olması gerekmektedir. Literatürde yer alan diğer jelatin bazlı yenilebilir filmlerin daha yüksek suda çözünürlük değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Buna göre, Na-aljinat kullanımının jelatin filmlerin suda çözünürlüklerini oldukça düşürdüğü söylenebilir.

Gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin depolama boyunca tavuk but etinde gerçekleşen mikrobiyal gelişimi kontrol altında tuttuğu ve bunun sonucunda da pH artış hızında yavaşlama sağladığı sonucuna varılabilir.

Çalışmada lipit oksidasyonu peroksit sayısı ve TBARS değerleri ile belirlenmiştir. Tüm grupların peroksit sayıları arasında 12 günlük depolama süresince bir farkın olmadığı görülmüştür. Film uygulaması yapılan grupların TBARS değerlerinin depolamanın 1. gününden itibaren kontrol grubundan daha yüksek olduğu görülmüştür. Film üretiminde kullanılan jelatin, Na-aljinat, gliserol ve gilaburu tavuk but etinin yüksek TBARS değerlerine sahip olmasına neden olduğu ve lipit oksidasyonunu engellemesi için doğal antioksidan madde olarak film üretiminde kullanılan gilaburu ekstraktlarının tavuk but eti üzerinde göstereceği antioksidan aktiviteyi baskı altına aldığı görülmüştür. Fakat herhangi bir antioksidan madde içermeyen filmin uygulandığı KONT-GBF grubunun farklı oranlarda gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen filmlerin uygulandığı 2.5-GBF, 5-GBF ve 10-GBF gruplarına kıyasla daha yüksek TBARS değerine sahip olduğu, hatta film üretiminde kullanılan gilaburu ekstraktı oranı arttıkça da TBARS değerlerinde gilaburu ekstraktının antioksidan aktivitesi nedeniyle azalma olduğu görülmüştür.

Optimum L* (açıklık-koyuluk) değerlerinin çiğ tavuk etinde 49-50 civarında olması gerektiği bilinmektedir. Optimum L* değerine en yakın seyreden grubun 10-GBF grubu olduğu görülmüştür. En yüksek a* değerlerine gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin uygulandığı grupların sahip olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebinin gilaburu meyvesinin kırmızı renkte olmasını sağlayan antosiyanin pigmentlerinin depolama süresince tavuk but etine nüfuz etmesinin ve filmlerin higroskopik yapılarından dolayı ürünün yüzeyinden tamamen uzaklaştırılamamasının etkili olduğu söylenebilir. Depolama süresi boyunca b* değerlerinin artış gösterdiği, fakat gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen filmlerin uygulandığı grupların b* değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Depolamanın 3. gününe kadar hiçbir örnek grubunda çiğ tavuk eti için toplam aerobik-mezofilik bakteri sayısı açısından kabul edilebilir limit olan 6 log'ın aşılmadığı fakat 6. günden itibaren bütün grupların bu değerin üzerine çıktığı görülmüştür. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmasa da depolamanın 9. ve 12. günlerinde 5-GBF ve 10-GBF gruplarının toplam aerobik-mezofilik bakteri sayısı kontrol gruplarına göre daha düşük bulunmuştur. Bu sebeple yenilebilir filmlerin üretiminde kullanılan gilaburu ekstraktlarının depolamanın ilerleyen günlerinde tavuk etinde gerçekleşen mikrobiyal gelişim üzerinde olumlu bir etki gösterdiği sonucuna varılabilir.

Gıda endüstrisinde gıdaların depolama ve satış süresince kalite özelliklerini korumak için tek kullanımlık plastik ambalajların kullanımı oldukça yaygındır. Fakat Dünya'da artan tüketim sonucunda ambalaj materyallerinden oluşan plastik atıklar çevre açısından büyük bir soruna neden olmaktadır. Tüketicinin yanı sıra artan çevre bilinci sebebiyle de tüketiciler tek kullanımlık plastik ambalajların kullanımının azaltılarak ekolojik kirliliğin azaltılmasına yönelik taleplerde bulunmaktadır. Bu talepler doğrultusunda çevre dostu doğal materyaller kullanılarak üretilen ambalajlar üzerine yapılan araştırmalarda artış görülmektedir. Çalışmada üretilen Jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin araştırılan fiziksel özellikleri göz önüne alındığında, üzerinde bazı iyileştirmeler yapılarak tek kullanımlık plastik gıda ambalajlarına doğal ve çevre dostu bir alternatif olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

Gıdalarda gerekleŖen oksidatif reaksiyonların engellenmesi ya da geciktirilmesi için kullanılan sentetik antioksidan maddelerin insan sağlığı açısından birçok olumsuz etkilerinin olduğunun ortaya çıkmasından dolayı doğal ve zararsız antioksidan maddelere yönelik ilgi oldukça artmıŖtır. Bu amaçla birçok meyve ve bitki ekstraktları kullanılmaktadır. Yapılan alıŖmada ise doğal antioksidan madde olarak Kayseri ve çevresinde yaygın bir Ŗekilde doğal tedavi edici olarak tüketilen gilaburu meyvesi ekstraktı kullanılmıŖtır. Literatürde zerine yapılan birçok alıŖma incelendiğinde gilaburu meyvesinin yüksek oranda fenolik bileŖik içerdiği ve bunun sonucunda da antioksidan aktivitesinin de oldukça yüksek olduğu grlmŖtir. alıŖmada doğal antioksidan madde olarak gilaburu ekstraktı kullanımının tavuk but etinin oksidatif stabilitesi üzerinde etkisi gilaburu ekstraktının içerdiği fenolik bileŖikler, jelatin, Na-aljinat ve gliserolün TBARS analizini etkilemesinden dolayı tam olarak grlememiŖtir. Bu sebeple gilaburu ekstraktı kullanılarak üretilen jelatin/Na-aljinat bazlı yenilebilir filmlerin lipit oksidasyonu üzerine etkisinin tespit edilebilmesi için TBARS analizine ek olarak diğer yöntemlerin kullanıldığı farklı alıŖmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Acevedo-Fani, A., Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, M., A., Martín-Belloso O. 2015. Edible films from essential-oil-loaded nanoemulsions: Physicochemical characterization and antimicrobial properties. *Food Hydrocolloids*, 47; 168-177.
- Adhami, V.M., Mukhtar, H. 2006. Polyphenols from green tea and pomegranate for prevention of prostate cancer. *Free Radical Research*, 40; 1095–1104.
- Adilah, Z.M., Hanani, Z.N. 2016. Active packaging of fish gelatin films with *Morinda citrifolia* oil. *Food Bioscience*, 16; 66–71.
- Ahmadi, R., Kalbasi-Ashtari, A., Oromiehie, A., Yarmand, M., Jahandideh, F. 2012. Development and characterization of a novel biodegradable edible film obtained from psyllium seed (*Plantago ovata* Forsk). *Journal of Food Engineering*, 109; 745–751.
- Ahn DU, Kim SM. 1998. Prooxidant effects of ferrous iron, hemoglobin, and ferritin in oil emulsion and cooked-meat homogenates are different from those in raw-meat homogenates. *Poultry Science*, 77:348–55.
- Ahn, S., Halake, K., Lee, J. 2017. Antioxidant and ion-induced gelation functions of pectins enabled by polyphenol conjugation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 101; 776–782.
- Akiba, Y., Sato, K., Takahashi, K., Matsushita, K., Komiyama, H., Tsunekawa, H., Nagao, H. 2001. Meat color modification in broiler chickens by feeding yeast *phaffia rhodozyma* containing high concentrations of astaxanthin. *Journal of Applied Poultry Research*. 10;154–161.
- Aksoy, A., Güvensan, A., Akçiçek, E., Öztürk, M. 2004. Etnoecology of *Viburnum opulus* L. International Symposium on Medicinal Plants: Linkages Beyond National Boundaries, 7–9 September 2004; 65–70; Islamabad/Pakistan.
- AL-Dughaym, A., M., Altabari, G., F. 2010. Safety and quality of some chicken meat products in Al-Ahsa markets-Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 17, 37–42.
- Al-Hassan, A.A., Norziah, M.H. 2012. Starch-gelatin edible films: Water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers. *Food Hydrocolloids*. 26; 108-117.
- Alifaki, Y.Ö., Şakıyan, Ö., İşçi, A. 2018. Gilaburu (*Viburnum opulus* L.) meyvesinden fenolik bileşiklerin ultrason destekli ekstraksiyonu. *GIDA, The Journal of Food*, 43 (5); 846-855.

- Altan, A., Maskan, M. 2004. Gilaburu (*Viburnum Opulus* L.) meyvesinden hazır içecek tozu eldesi üzerine çalışmalar. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 23–24 Eylül, 18–23; Van, Türkiye.
- Altun, M.L., Yilmaz, B.S. 2007. HPLC method for the analysis of salicin and chlorogenic acid from *Viburnum opulus* and *V. lantana*. Chemistry of Natural Compounds, 43; 205–206.
- Altun, M.L., Çitoglu, G.S., Yilmaz, B.S., Çoban, T. 2008. Antioxidant properties of *Viburnum opulus* and *Viburnum lantana* growing in Turkey. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 59; 175–180.
- Altundağ, E., Öztürk, M., 2011. Ethnomedicinal studies on the plant resources of east Anatolia, Turkey. The Procedia-Social and Behavioral Sciences, 19; 756–777.
- Andreeva, T.I., Komarova, E.N., Yusubov, M.S., Korotkova, E.I. 2004. Medicinal plants, antioxidant activity of cranberry tree (*Viburnum opulus* L.) bark extract. Pharmaceutical Chemistry Journal, 38(10); 548-550.
- Anonim. 2000. Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları. Ankara Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 2. Baskı, Ankara.
- Anonymous 2006. Official Methods of Analysis (AOAC). 18th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburgs, MD.
- Anonymous. 2007. Amending Regulation (EC) No 2073/2005 on microbiological criteria for foodstuffs. Commission Regulation No: 1441/2007.
- Antoniewski, M.N., Barringer, S.A., Knipe, C.L., Zerby, H.N. 2007. Effect of a gelatin coating on the shelf life of fresh meat. Journal of Food Science, 72(6); 382-387.
- Arvanitoyannis, I., Psomiadou, E., Nakayama, A. 1996. Edible films made from sodium caseinate, starches, sugars or glycerol: part 1. Carbohydrate Polymers, 31; 179-192.
- Arvanitoyannis, I., Nakayama, A., Aiba, S. 1998. Edible films made from hydroxypropyl starch and gelatin and plasticized by polyols and water. Carbohydrate Polymers, 36 (2-3); 105-119.
- Aşık, E., Candoğan, K. 2014. Effects of chitosan coatings incorporated with garlic oil on quality characteristics of shrimp. Journal of Food Quality, 37(4), 237-246.
- Atarés, L., Bonilla, J., Chiralt, A. 2010. Characterization of sodium caseinate-based edible films incorporated with cinnamon or ginger essential oils. Journal of Food Engineering, 100; 678–687.

- Athukorala, Y., Lee, K.W., Song, C., Ahn, C.B., et al. 2003. Potential antioxidant activity of marine red alga *Grateloupia filicina* extracts. *Journal of Food Lipids*, 10; 251–265.
- Azlin-Hasim, S., Cruz-Romero, M.C., Morris, M.A., Cummins, E., Kerry, J.P. 2015. Effects of a combination of antimicrobial silver low density polyethylene nanocomposite films and modified atmosphere packaging on the shelf life of chicken breast fillets. *Food Packaging and Shelf Life*, 4; 26–35.
- Badii, F., Howell, N.K. 2006. Fish gelatin: Structure, gelling properties and interaction with egg albumen proteins. *Food Hydrocolloids*, 20; 630–640.
- Bae, K.E., Chong, H.S., Kim, D.S., Choi, Y.W., Kim, Y.S., Kim, Y.K., 2010. Compounds from *Viburnum sargentii* Koehne and evaluation of their cytotoxic effects on human cancer cell lines. *Molecules*, vol. 15; 4599-4609.
- Balamatsia, C.C., Paleologos, E.K., Kontominas, M.G., Savvaidis, I.N. 2006. Correlation between microbial flora, sensory changes and biogenic amines formation in fresh chicken meat stored aerobically or under modified atmosphere packaging at 4°C: possible role of biogenic amines as spoilage indicators. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 89 (1); 9–17.
- Barbosa-Pereira, L., Aurrekoetxea, G.P., Angulo, I., Paseiro-Losada, P., Cruz, J.M. 2014. Development of new active packaging films coated with natural phenolic compounds to improve the oxidative stability of beef. *Meat Science*, 97(2); 249–254.
- Barbut, S. 1997. Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens, *British Poultry Science*, 38 (4); 355-358.
- Batifoulier, F., Mercier, Y., Gatellier, P., Renerre, M. 2002. Influence of vitamin E on lipid and protein oxidation induced by H₂O₂-activated MetMb in microsomal membranes from turkey muscle. *Meat Science*, 61; 389–395.
- Battisti, R., Fronza, N., Júnior, Á.V., da Silveira, S.M., Damas, M.S. P., Quadri, M.G. N. 2017. Gelatin-coated paper with antimicrobial and antioxidant effect for beef packaging. *Food packaging and shelf life*, 11; 115–124.
- Baytop, T. 1999. Therapy with medicinal plants in Turkey. *Nobel Tıp Kitabevleri*, 210 p., İstanbul.
- Bekhit, A.E., Bekhit, D.A., Hopkins, D.L., Fahri, F.T., Ponnampalam, E.N. 2013. Oxidative processes in muscle systems and fresh meat: sources, markers, and remedies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12; 565–97.
- Benavides, S., Villalobos-Carvajal, R., Reyes, J.E. 2012. Physical, mechanical and antibacterial properties of alginate film: Effect of the crosslinking degree and

- oregano essential oil concentration. *Journal of Food Engineering*, 110(2); 232-239.
- Benbettaïeb, N., Kurek, M., Bornaz, S., Debeaufort, F. 2014. Barrier, structural and mechanical properties of bovine gelatinechitosan blend films related to biopolymer interactions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(12); 2409-2419.
- Bergan, J.G, Draper, H.H. 1970. Absorption and metabolism of 1-14C-methyl linoleate hydroperoxide. *Lipids*, 5(12); 976–82.
- Bermúdez-Oria, A., Rodríguez-Gutiérrez, G., Vioque, B., Rubio-Senent, F., Fernández- Bolaños, J. 2017. Physical and functional properties of pectin-fish gelatin films containing the olive phenols hydroxytyrosol and 3,4-dihydroxyphenylglycol. *Carbohydrate Polymers*, 178; 368–377.
- Bermúdez-Oria, A., Rodríguez-Gutiérrez, G., Rubio-Senent, F., Fernández-Prior, Á., Fernández-Bolaños, J. 2019. Effect of edible pectin-fish gelatin films containing the olive antioxidants hydroxytyrosol and 3,4-dihydroxyphenylglycol on beef meat during refrigerated storage. *Meat Science*, 148; 213–218.
- Biswas, A.K., Chatli, M.K., Sahoo, J. 2012. Antioxidant potential of curry (*Murraya koenigii* L.) and mint (*Mentha spicata*) leaf extracts and their effect on colour and oxidative stability of raw ground pork meat during refrigeration storage. *Food Chemistry*, 133(2); 467–472.
- Bitencourt, C.M., Fávaro-Trindade, C.S., Sobral, P.J.A., Carvalho R.A. 2014. Gelatin-based films additivated with curcuma ethanol extract: Antioxidant activity and physical properties of films. *Food Hydrocolloids*, 40; 145-152.
- Blanco-Pascual, N., Montero, M.P., Gómez-Guillén, M.C. 2014. Antioxidant film development from unrefined extracts of brown seaweeds *Laminaria digitata* and *Ascophyllum nodosum*. *Food Hydrocolloids*, 37; 100–110.
- Bonilla, J., Atarés, L., Vargas, M., Chiralt, A. 2012. Edible films and coatings to prevent the detrimental effect of oxygen on food quality: Possibilities and limitations. *Journal of Food Engineering*, 110(2); 208–213.
- Boselli, E., Cardenia, V., Rodriguez-Estrada, M.T. 2012. Cholesterol photosensitized oxidation in muscle foods. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114; 644–55.
- Bourre, J.M. 2005. Where to find omega-3-fatty acids and how feeding animals with diet enriched in omega-3-fatty acids to increase nutritional value derived products for human: What is actually useful? *The Journal of Nutrition, Health and Aging*, 9; 232–242.

- Bourtoom, T. 2008. Edible films and coatings: Characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 15(3); 237–248.
- Bourtoom, T., Chinnan, M.S., Jantawat, P., Sanguandeeikul, R. 2006. Effect of plasticizer type and concentration on the properties of edible film from watersoluble fish proteins in surimi wash-water. *Food Science and Technology International*, 12(2); 119-126.
- Boyacı, H., Çöteli, E., Karataş, F. 2016. Gilaburu (*Viburnum opulus L.*) meyvesindeki A, E vitamini, beta karoten, likopen, redükte ve okside glutatyon miktarlarının araştırılması. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9; 111-117.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT -Food Science and Technology*.
- Brown, A.J. 2009. 24(S), 25-Epoxycholesterol, a messenger in cholesterol homeostasis. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 41; 744–7.
- Buettner, G.R., Jurkiewicz, B.A. 1996. Catalytic metals, ascorbate and free radicals: combinations to avoid. *Journal of Radiation Research*, 145; 532–541.
- Calo, J.R., Crandall, P.G., O'Bryan, C.A., Ricke, S.C. 2015. Essential oils as antimicrobials in food systems- a review. *Food Control*, 54; 111–119.
- Campo, M.M., Nute, G.R., Hughes, S.I., Enser, M., Wood, J.D., Richardson, R.I. 2006. Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72; 303–11.
- Campos, C.A., Gerschenson, L.N., Flores, S.K. 2011. Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food and Bioprocess Technology*, 4(6); 849–875.
- Candoğan, K. 2002. The effect of tomato paste on some quality characteristics of beef patties during refrigerated storage. *European Food Research and Technology*, Vol. 215(4); pp. 305-309.
- Candoğan, K., 2005. Antimikrobiyel ve antioksidan özellikteki yenilebilir filmlerin taze etlerin raf ömrüne etkisi. *Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Raporu*. Proje No: 2006-0745-046; Ankara.
- Candoğan K., Barbosa-Cánovas, G.V., Çarkcıoğlu, E. 2017. Edible films and coatings: sensory aspects. In *Edible Films and Coatings Fundamentals and Applications*. Edts. M. P. Montero, M. C. Gómez-Guillén, M. E. López-Caballero, G.V. Barbosa-Cánovas. CRC Press.

- Cao, N., Yang, X., Fu, Y. 2009. Effects of various plasticizers on mechanical and water vapor barrier properties of gelatin films, *Food Hydrocolloids*, 23 (3); 729–735.
- Cao, J., Zhou, C., Ying, W., Sun, Y., Pan, D. 2018. The effect of oxidation on the structure of G-actin and its binding ability with aroma compounds in carp grass skeletal muscle. *Food Chemistry*, 240; 346–353.
- Cardoso, G.P., Dutra, M.P., Fontes P.R., Ramos, A.L.S., Gomide, L.A.M., 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.
- Castro-Rosas, J., Cruz-Galvez, A.M., Gomez-Aldapa, C.A., Falfan-Cortes, R.N., Guzman-Ortiz, F.A., Rodríguez-Marín, M.L. 2016. Biopolymer films and the effects of added lipids, nanoparticles and antimicrobials on their mechanical and barrier properties: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(9); 1967–1978.
- Cazon, P., Velazquez, G., Ramírez, J.A., Vazquez, M. 2017. Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. *Food Hydrocolloids*, 68; 136–148.
- Cesoniene, L., Daubaras, R., Vencloviene, J., Viskelis, P., 2010. Biochemical and agro-biological diversity of *Viburnum opulus* genotypes. *Central European Journal of Biology*, 6; 864-871.
- Cesoniene, L., Daubaras, R., Viškelis, P., Šarkinas, A. 2012. Determination of the total phenolic and anthocyanin contents and antimicrobial activity of *Viburnum opulus* fruit juice. *Plant Foods for Human Nutrition*, 67; 256–261.
- Ceylan, D., Aksoy, A., Ertekin, T., Yay, A.H., Nisari, M., Karatoprak, G.Ş., Ülger, H. 2018. The Effects of gilaburu (*Viburnum opulus*) juice on experimentally induced ehrlich ascites tumor in mice. *Journal of Cancer Research and Therapeutics*, 14(2); 314-320.
- Chambi, H., Grosso, C. 2006. Edible films produced with gelatin and casein cross-linked with transglutaminase. *Food Research International*, 39(4); 458-466.
- Chen, H., Zhang, M., Xie, B. 2005. Components and antioxidant activity of polysaccharide conjugate from green tea. *Food Chemistry*, 90; 17–21.
- Chen, Z., Bertin, R., Frolidi, G. 2013. EC₅₀ estimation of antioxidant activity in DPPH assay using several statistical programs. *Food Chemistry*.
- Chiono, V., Pulieri, E., Vozzi, G., Ciardelli, G., Ahluwalia, A., Giusti, P. 2008. Genipin-crosslinked chitosan/gelatin blends for biomedical applications, *Journal of Materials Science*, 19 (2); 889–898.

- Choe, E., Min, D.B. 2006. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(4);169–86.
- Choe, J.H., Jang, A., Lee, E.S., Choi, J.H., Choi, Y.S., Han, D.J., Kim, H.Y., Lee, M.A., Shim, S.Y., Kim, C.J. 2011. Oxidative and color stability of cooked ground pork containing lotus leaf (*Nelumbo nucifera*) and barley leaf (*Hordeum vulgare*) powder during refrigerated storage. *Meat Science*, 87(1); 12-8.
- Colindres, P., Brewer, M.S. 2011. Oxidative stability of cooked, frozen, reheated beef patties: Effect of antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(5); 963-8.
- Coşkun, B.K., Calıkoğlu, E., Emiroğlu, Z.K., Candoğan, K. 2014. Antioxidant active packaging with soy edible films and oregano or thyme essential oils for oxidative stability of ground beef patties. *Journal of Food Quality*, 37; 203-212.
- Cumby, N., Zhong, Y., Naczki, M., Shahidi, F., 2008. Antioxidant activity and water-holding capacity of canola protein hydrolysates. *Food Chemistry*, 109; 144–148.
- Cutter, C. 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.
- Çam, M., Hisil, Y. 2007. Comparison of chemical characteristics of fresh and pasteurised juice of gilaburu (*Viburnum opulus* L.). *Acta Alimentaria*, 36; 381–385.
- Demirhan, B. 2012. Oksijen tutucular kullanılarak modifiye atmosferde paketlenen tavuk etlerinde kalite değişimleri. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Denavi, G.A., Perez-Mateos, M., Anon, M.C., Montero, P., Mauri, A.N., Gómez-Guillén, M.C. 2009. Structural and functional properties of soy protein isolate and cod gelatin blend films. *Food Hydrocolloids*, 23(8); 2094-2101.
- Devatkal, S.K., Naveena, B.M. 2010. Effect of salt, kinnow and pomegranate fruit by-product powders on color and oxidative stability of raw ground meat during refrigerated storage. *Meat Science*, 85(2); 306-311.
- Devatkal, S.K., Thorat, P., Manjunatha, M. 2014. Effect of vacuum packaging and pomegranate peel extract on quality aspects of ground goat meat and nuggets. *Journal of Food Science and Technology*, 51(10); 2685-91.
- Devi, R.R., Jayalekshmy, A., Arumughan, C., 2007. Antioxidant efficacy of phytochemical extracts from defatted rice bran in the bulk oil system. *Food Chemistry*, 104; 658–664.

- Di Pierro, P., Rossi Marquez, G., Mariniello, L., Sorrentino, A., Villalonga, R., Porta, R. 2013. Effect of transglutaminase on the mechanical and barrier properties of whey protein/pectin films prepared at complexation pH. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(19); 4593–4598.
- Dietze, K., Lammers, M., Ternes, W. 2007. Effect of natural additive on warmed-over flavor of dark turkey meat analyzed with dynamic headspace GC/MS. *Fleischwirtschaft Int*, 23(5); 67–70.
- Dinç, M., Aslan, D., İçyer, N.C., Çam, M. 2012. Gilaburu suyunun mikroenkapsülasyonu. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(2); 1-11.
- Dou, L., Li, B., Zhang, K., Chu, X., Hou, H. 2018. Physical properties and antioxidant activity of gelatin-sodium alginate edible films with tea polyphenols. *International Journal of Biological Macromolecules*, 118; 1377–1383.
- Draget, K.I., Moe, S.T., Skjak-Bræk, G., Smidsrød, O. 2016. Alginates. *Food polysaccharides and their applications*, CRC Press, 160, 289-328.
- Du, M., Nam, K.C., Hur, S.J., Ismail, H., Ahn, D.U. 2002. Effect of dietary conjugated linoleic acid, irradiation, and packaging conditions on the quality characteristics of raw broiler breast fillets. *Meat Science*, 60(1); 9–15.
- Durango, A.M., Soares, N.F.F., Benevides, S., Teixeira, J., Carvalho, M. Wobeto, C. 2006. Development and evaluation of an edible antimicrobial film based on yam starch and chitosan. *Packaging Technology and Science*, 19 (1); 55-59.
- Dutta, P.K., Tripathi, S., Mehrotra, G.K., Dutta, J. 2009. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry*, 114(4); 1173-1182.
- Embuscado, M.E. 2015. Herbs and spices as antioxidants for food preservation. Editor(s): Fereidoon Shahidi. In *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Handbook of Antioxidants for Food Preservation*. Woodhead Publishing. 251-283.
- Earles, S.M., Bronstein, J.C., Winner, D.L. 1991. Metabolism of oxidized linoleic acid: characterization of 13-hydroxyoctadecadienoic acid dehydrogenase activity from rat colonic tissue. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1081; 174–80.
- Eken, A., Yücel, O., Boşgelmez, İ.İ., Baldemir, A., Çubuk, S., Çermik, A.H., Endirlik, B., Bakir, E., Yıldızhan, A., Güler, A., Koşar, M., 2017. Ratlarda akciğer transplantasyonda iskemi/reperfüzyonun indüklediği oksidatif hasara karşı *Viburnum opulus* meyve ekstresinin koruyucu etkilerinin araştırılması. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 23; 437–444.

- El-Beltagi, H.S., Mohamed, H.I. 2013. Reactive oxygen species, lipid peroxidation and antioxidative defense mechanism. *Not Bot Horti Agrobo*, 41; 44–57.
- Emiroğlu, Z., Betül, K., Yemiş, G.P., Candoğan, K. 2010. Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oils on fresh ground beef patties. *Meat Science*, 86(2); 283-288.
- Enayat, S., Banerjee, S. 2009. Comparative antioxidant activity of extracts from leaves, bark and catkins of *Salix aegyptiaca* sp. *Food Chemistry*, 116; 23-28.
- Ersoy, N., Ercisli, S., Gundogdu, M. 2017. Evaluation of European Cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) genotypes for agro-morphological, biochemical and bioactive characteristics in Turkey. *Folia Horti*, 29; 181–188.
- Esterbauer, H. 1993. Cytotoxicity and genotoxicity of lipid-oxidation products. *American Journal of Clinical Nutrition*, 57; 779S–86S.
- Fabra, M.J., Hambleton, A., Talens, P., Debeaufort, F., Chiralt, A., Voilley, A. 2008. Aroma barrier properties of sodium caseinate-based films. *Biomacromolecules*, 9; 1406–1410.
- Fabra, M.J., Flores-Lopez, M.L., Cerqueira, M.A., Jasso de Rodríguez, D., Lagaron, J.M., Vicente, A.A. 2016. Layer-by-Layer technique to developing functional nanolaminate films with antifungal activity. *Food and Bioprocess Technology*, 9(3); 471-480.
- Fabra, M.J., Falco, I., Randazzo, W., Sanchez, G., Lopez-Rubio, A. 2018. Antiviral and antioxidant properties of active alginate edible, films containing phenolic extracts. *Food Hydrocolloids*, 81; 96-103.
- Fan, W.J., Chen, Y.C., Sun, J.X., Zhang, Y.K. 2014. Effects of tea polyphenol on quality and shelf life of pork sausages. *Journal of Food Science and Technology*, 51; 191–195.
- Fang, Z., Zhao, Y., Warner, R.D., Johnson, S.K. 2017. Active and intelligent packaging in meat industry. *Trends in Food Science and Technology*, 61; 60–71.
- Farajzadeh, F., Motamedzadegan, A., Shahidi, S.A., Hamzeh, S. 2016. The effect of chitosan-gelatin coating on the quality of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under refrigerated condition. *Food Control*, 67; 163-170.
- Farhan, A., Hani, N.M. 2020. Active edible films based on semi-refined κ-carrageenan: Antioxidant and color properties and application in chicken breast packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 24; 100476.
- Fattahi, S., Jamei, R., Hosseini, S.S. 2012. Antioxidant and antiradical activities of *Rosa canina* and *Rosa pimpinellifolia* fruits from West Azerbaijan. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 2(4); 523-529.

- Faustman, C., Cassens, R.G., Schaefer, D.M., Buege, D.R., Williams, S.N., Scheller, K.K. 1989. Improvement of Pigment and Lipid Stability in Holstein Steer Beef by Dietary Supplementation With Vitamin-E. *Journal of Food Science*, 54(4); 858–862.
- Faustman, C., Yin, S., Tatiyaborworntham, N. 2010. Understanding mechanisms of oxidation and antioxidant activity.
- Fecka, I., Turek, S. 2008. Determination of polyphenolic compounds in commercial herbal drugs and spices from *Lamiaceae*: Thyme, wild thyme and sweet marjoram by chromatographic techniques. *Food Chemistry*, 108; 1039–1053.
- Fernandes, J.C., Tavaría, F.K., Soares, J.C., Ramos, O.S., Monteiro, M.J., Pintado, M.E. et al. 2008. Antimicrobial effects of chitosans and chitooligosaccharides, upon *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, in food model systems. *Food Microbiology*, 25(7); 922-928.
- Fernández, J., Pérez-Álvarez, J.A., Fernández-Lopez, J.A. 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry*, 59(3); 345–353.
- Fernández-Pan, I., Carrión-Granda, X., Maté, J.I. 2014. Antimicrobial efficiency of edible coatings on the preservation of chicken breast fillets. *Food Control*, 36; 69-75.
- Fujita, T., Sezik, E., Tabata, M., Yeşilada, E., Honda, G., Takeda, Y., Tanaka, T., Takaishi, Y., 1995. Traditional Medicine in Turkey VII: folk medicine in middle and west black sea Regions. *Economic Botany*, 49; 406–422.
- Fukuyama, Y., Minoshima, Y., Kishimoto, Y., Chen, I.S., Takahashi, H., Esumi, T. 2005. Cytotoxic iridoid aldehydes from Taiwanese *Viburnum luzonicum*. *Chemical And Pharmaceutical Bulletin*, 53; 125-127.
- Ganiari, S., Choulitoudi, E., Oreopoulou, V. 2017. Edible and active films and coatings as carriers of natural antioxidants for lipid food. *Trends in Food Science & Technology*, 68; 70-82.
- Gao, X., Xie, L., Wang, Z., Li, X., Luo, H., Ma, C., 2013. Effect of postmortem time on the metmyoglobin reductase activity, oxygen consumption, and colour stability of different lamb muscles. *European Food Research and Technology*, 236(4); 579–587.
- Garcia, M.A., Martino, M.N., Zaritzky, N.E. 2000. Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. *Journal of Food Science*, 65; 941-947.
- Garcia, M.A., Pinotti, A., Martino, M.N., Zaritzky, N.E. 2004. Characterization of composite hydrocolloid films. *Carbohydrate Polymers*, 56(3); 339-345.

- Garcia, R.G., Freitas, L.W., Schwingel, A.W., Farias, R.M., Caldara, F.R., Gabriel, A.M.A., Graciano, J.D., Komiyama, C.M., Almeida, Paz, I.C.L. 2010. Incidence and Physical Properties of PSE Chicken Meat in a Commercial Processing Plant. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 12(4); 233 – 237.
- Gobert, M., Gruffat, D., Habeanu, M., Parafita, E., Bauchart, D., Durand, D. 2010. Plant extracts combined with vitamin E in PUFA-rich diets of cull cows protect processed beef against lipid oxidation. *Meat Science*, 85(4); 676–683.
- Gómez-Guillén, M.C., Turnay, J., Fernandez-Diaz, M.D., Ulmo, N., Lizarbe, M.A., Montero, P. 2002. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. *Food Hydrocolloids*, 16(1); 25–34.
- Gómez-Guillén, M.C., Ihlb, M., Bifanib, V., Silvab, A., Montero, P. 2007. Edible films made from tuna-fish gelatin with antioxidant extracts of two different murta ecotypes leaves (*Ugni molinae* Turcz). *Food Hydrocolloids*, 21; 1133–1143.
- Gómez-Guillén, M.C., Pérez-Mateos, M., Gómez-Estaca, J., López-Caballero, E., Giménez, B., Montero, P. 2009. Fish gelatin: A renewable material for developing active biodegradable films. *Trends in Food Science and Technology*, 20; 3–16.
- Gontard, N., Guilbert, S., Cuq, J.L. 1992. Edible wheat gluten films: Influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. *Journal of Food Science*, 57(1); 190–195.
- Greaser, M.L. 1986. Conversion of muscle to meat. *Muscle as food*, New York: Academic Press, 37–102 p.
- Gueraud, F., Tache, S., Steghens, J.P., Milkovic, L., Borovic-Sunjic, S., Zarkovic, N., Priymenko, N. 2015. Dietary polyunsaturated fatty acids and heme iron induce oxidative stress biomarkers and a cancer promoting environment in the colon of rats. *Free Radical Biology and Medicine*, 83; 192–200.
- Guilbert, S., Gontard, N., Gorris, L.G.M. 1996. Prolongation of the shelf life of perishable food products using biodegradable films and coatings. *LWT- Food Science and Technology*, 29; 10–17.
- Guilbert, S., Cuq, B., Gontard, N. 1997. Recent innovations in edible and/or biodegradable packaging materials. *Food Additives and Contaminants*, 14(6-7); 741–751.
- Guilbert, S., 2002. Edible and biodegradable coating/film systems. *Active Food Packaging*. SCI Publication and Communication Services, 4-10 p., Winnipeg.

- Guo, S., Mao, W., Han, Y., Zhang, X., et al. 2010. Structural characteristics and antioxidant activities of the extracellular polysaccharides produced by marine bacterium *Edwardsiella tarda*. *Bioresource Technology*, 101; 4729–4732.
- Halliwell, B., Chirico, S. 1993. Lipid peroxidation: its mechanism, measurement, and significance. *American Journal of Clinical Nutrition*, 57; 715S–24S.
- Hambleton, A., Voilley, A., Debeaufort, F. 2011. Transport parameters for aromacompounds through i-carrageenan and sodium alginate-based edible films. *Food Hydrocolloids*, 25(5); 1128–1133.
- Hamed, H., Kargozari, M., Shotorbani, P.M., Mogadam, N.B., Fahimdanesh, M. 2017. A novel bioactive edible coating based on sodium alginate and galbanum gum incorporated with essential oil of *Ziziphora persica*: The antioxidant and antimicrobial activity, and application in food model. *Food Hydrocolloids*, 72; 35-46.
- Han, J.H. 2014. Chapter 9-Edible Films and Coatings: A Review. In *Food Science and Technology, Innovations in Food Packaging*. Academic Press, 213-255.
- Han, H.S., Song, K.B. 2021. Antioxidant properties of watermelon (*Citrullus lanatus*) rind pectin films containing kiwifruit (*Actinidia chinensis*) peel extract and their application as chicken thigh packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 28; 100636.
- Han, J.H., 2002. Protein-based edible films and coatings carrying antimicrobial agents. *Protein-Based Films and Coatings*. CRC Press, 485-499 p., Boca Raton.
- Han, J.H., 2003. Antimicrobial food packaging. *Novel Food Packaging Techniques*. Woodhead Publishing, 50-70 p., Cambridge.
- Han, J.H., Hwang, H.M., Min, S., Krochta, J.M. 2008. Coating of peanuts with whey protein film containing α -tocopherol and ascorbyl palmitate. *Food. Science*, 73(8); 349-355.
- Han, Y., Yu, M., Wang, L. 2018. Physical and antimicrobial properties of sodium alginate/carboxymethyl cellulose films incorporated with cinnamon essential oil. *Food Packaging and Shelf Life*, 15; 35–42.
- Hayes, J.E., Stepanyan, V., Allen, P., O’Grady, M.N., Kerry, J.P. 2011. Evaluation of the effects of selected plant-derived nutraceuticals on the quality and shelflife stability of raw and cooked pork sausages. *LWT-Food Science and Technology*, 44(1); 164–172.
- Herring, J.L., Jonnalagadda, S.C., Narayanan, V.C., Coleman, S.M. 2010. Oxidative stability of gelatin coated pork at refrigerated storage. *Meat Science*, 85; 651-656.

- Hidalgo, F.J., Leoan, M.M., Zamora, R., 2006. Antioxidative activity of amino phospholipids and phospholipid/amino acid mixtures in edible oils as determined by the Rancimat method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54; 5461–5467.
- Hom, F.S., Veresh, S.A., Ebert, W.R. 1974. Soft gelatin capsules II: Oxygen permeability study of capsule shells. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 64(5); 851–857.
- Hosseini, M.H., Razavi, S.H., Mousavi, M.A. 2008. Antimicrobial, physical, and mechanical properties of chitosan-based films incorporated with thyme, clove, and cinnamon essential oils. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33; 727–743.
- Hosseini, S., F., Rezaei, M., Zandi, M., Ghavi, F.F. 2013. Preparation and functional properties of fish gelatin–chitosan blend edible films. *Food Chemistry*, 136; 1490–1495.
- Hosseinian, F.S., Mazza, G. 2009. Triticale bran and straw: Potential new sources of phenolic acids, proanthocyanidins, and lignans. *Journal of Functional Foods*, 1; 57–64.
- Huang, B., He, J., Ban, X., Zeng, H., Yao, X., Wang, Y. 2011. Antioxidant activity of bovine and porcine meat treated with extracts from edible lotus (*Nelumbo nucifera*) rhizome knot and leaf. *Meat Science*, 87(1); 46–53.
- Huang, M., Wang, H., Xu, X., Lu, X., Song, X., Zhou, G. 2020. Effects of nanoemulsion-based edible coatings with composite mixture of rosemary extract and ϵ -poly-L-lysine on the shelf life of ready-to-eat carbonado chicken. *Food Hydrocolloids*, 102; 105576.
- ICMSF. 2011. *Microorganisms in Foods 8: Use of Data for Assessing Process Control and Product Acceptance*. Berlin, Germany: Springer.
- Intarapichet, K.O., Maikhunthod, B. 2005. Genotype and gender differences in carnosine extracts and antioxidant activities of chicken breast and thigh meats. *Meat Science*, 71; 634–642.
- Ivanov, I., Heydeck, D., Hofheinz, K., Roffeis, J., O'Donnell, V.B., Kuhn, H., Walther, M. 2010. Molecular enzymology of lipoxygenases. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 503; 161–74.
- Iwai, K., Onodera, A., Matsue, H., 2004. Inhibitory effects of *Viburnum dilatatum* Thunb. (*gamazumi*) on oxidation and hyperglycemia in rats with streptozocin-induced diabetes. *Agricultural Food Chemistry*, 52; 1002–1007.
- İlhan, M., Ergene, B., Sutar, I., Ozbilgin, S., Saltan-Citoglu, G., Demirel, M.A., Keles, H., Altun, L., Kupeli-Akkol, E. 2014. Preclinical Evaluation of

Antiurolithiatic Activity of *Viburnum opulus* L. on Sodium Oxalate-induced Urolithiasis Rat Model. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 1-7.

- Jo, S., Nam, K., Min, B., Ahn, D.U., Cho, S., Park, W. 2006. Antioxidant activity of *Prunus mume* extract in cooked chicken breast meat. International Journal of Food Science & Technology, 41(1);15–9.
- Jouki, M., Mortazavi, S.A., Yazdi, F.T., Koocheki, A. 2014. Characterization of antioxidant–antibacterial quince seed mucilage films containing thyme essential oil. Carbohydrate Polymers, 99; 537– 546.
- Jridi, M., Hajji, S., Ayed, H.B., Lassoued, I., Mbarek, A., Kammoun, M., Souissi, N., Nasri, M. 2014. Physical, structural, antioxidant and antimicrobial properties of gelatin-chitosan composite edible films, International Journal of Biological Macromolecules, 67; 373–379.
- Jridi, M., Mora, L., Souissi, N., Aristoy, M.C., Nasri, M., Toldra, F. 2018. Effects of active gelatin coated with henna (*L. inermis*) extract on beef meat quality during chilled storage. Food Control, 84; 238-245.
- Jridi, M., Boughriba, S., Abdelhedi, O., Nciri, H., Nasri, R., Kchaou, H., Kaya, M., Sebai, H., Zouari, N., Nasri, M. 2019. Investigation of physicochemical and antioxidant properties of gelatin edible film mixed with blood orange (*Citrus sinensis*) peel extract. Food Packaging and Shelf Life, 21; 100342.
- Jung, E.J., Youn, D.K., Lee, S.H., No, H.K., Ha, J.G., Prinyawiwatkul, W. 2010. Antibacterial activity of chitosans with different degrees of deacetylation and viscosities. International Journal of Food Science and Technology, 45(4); 676-682.
- Kanazawa, K., Ashida, H. 1998. Dietary hydroperoxides of linoleic acid decompose to aldehydes in stomach before being absorbed into the body. Biochimica et Biophysica Acta, 1393; 349-61.
- Kanazawa, K., Kanazawa, E., Ntake, M. 1985. Uptake of secondary autoxidation products of linoleic acid by the rat. Lipids, 20; 412–9.
- Kang, H.J., Jo, C., Kwon, J.H., Kim, J.H., Chung, H.J., Byun, M.W. 2007. Effect of a pectin-based edible coating containing green tea powder on the quality of irradiated pork patty. Food Control, 18(5); 430–435.
- Kang, H.J., Kim, S.J., You, Y.S., Lacroix, M., 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.
- Kanner, J. 2007. Dietary advanced lipid oxidation end products are risk factors to human health. Molecular Nutrition & Food Research, 51;1094–101.

- Khan-Merchant, N., Penumetcha, M., Meilhac, O. 2002. Oxidized fatty acids promote atherosclerosis only in the presence of dietary cholesterol in low-density lipoprotein receptor knockout mice. *Journal of Nutrition*, 132; 3256–62.
- Khwaldia, K., Arab-Tehrany, E., Desobry, S. 2010. Biopolymer coatings on paper packaging materials. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9; 82–91.
- Kılıçgün, H., Altiner, D. 2010. Correlation between antioxidant effect mechanisms and polyphenol content of *Rosa canina*. *Pharmacognosy Magazine*, 6(23); 238–241.
- Kim, M.Y., Iwai, K., Matsue, H., 2005. Phenolic composition of *Viburnum dilatatum* Thumb. Fruits and their antiradical properties. *Food Composition and Analysis*, 18;789-802.
- Kim, I.H., Yang, H.J., Noh, B.S., Chung, S.J., Min, S.C., 2012. Development of a defatted mustard meal-based composite film and its application to smoked salmon to retard lipid oxidation. *Food Chemistry*, 133(4); 1501-1509.
- Klangmuang, P., Sothornvit, R. 2016. Barrier properties, mechanical properties and antimicrobial activity of hydroxypropyl methylcellulose-based nanocomposite films incorporated with Thai essential oils. *Food Hydrocolloids*, 61; 609–616.
- Kolakowska, A. 2003. *Lipid Oxidation in Food Systems in Chemical and Functional Properties of Food Lipids*, CRC Press LLC.
- Kolodziejska, I., Piotrowska, B. 2007. The water vapour permeability, mechanical properties and solubility of fish gelatinechitosan films modified with transglutaminase or 1-ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl) carbodimide (EDC) and plasticized with glycerol. *Food Chemistry*, 103(2); 295-300.
- Kolsarıcı, N., Candoğan, K. 1995. The Effects of Potassium Sorbate and Lactic Acid on the Shelf-Life of Vacuum-Packed Chicken Meats. *Poultry Science*, 74;1884-1893.
- Özrenk, K., Gundogdu, M., Keskin, N., Kaya, T. 2011. Some Physical and Chemical Characteristics of Gilaburu (*Viburnum opulus* L.) Fruits in Erzincan Region. *Iğdır Üniversitesi Journal of the Institute of Science and Technology*, 4; 9-14.
- Koshy, R.R., Mary, S.K., Thomas, S., Pothan, L.A. 2015. Environment friendly green composites based on soy protein isolate. *Food Hydrocolloids*, 50; 174–192.
- Koşar, M., Orakçı, E.E., Şeker, K.G. 2011. Antioxidant properties and phenolic composition of *Viburnum opulus* from Turkey, *Planta Medica*, 77; 39.

- Kowalski, D.P., Feeley, R.M., Jones, D.P. 1990. Use of exogenous glutathione for metabolism of peroxidized methyl linoleate in rat small intestine. *Journal of Nutrition*, 120(9); 1115–1121.
- Kraujalis, P., Kraujalienė, V., Kazernavičiūtė, R., Venskutonis, P.R. 2017. Supercritical carbon dioxide and pressurized liquid extraction of valuable ingredients from *Viburnum opulus* pomace and berries and evaluation of product characteristics. *Journal of Supercritical Fluids*, 122; 99–108.
- Kraujalyte, V., Venskutonis, P.R., Pukalskas, A., Česonienė, L., Daubaras, R. 2013. Antioxidant properties and polyphenolic compositions of fruits from different European cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) genotypes. *Food Chemistry*, 141; 3695–3702.
- Krochta, J.M. 1997. Edible protein films and coatings. *Food Proteins and Their Applications*. Marcel Dekker, 529-549 p., New York.
- Krochta, J.M. 2002. Proteins as raw materials for films and coatings: definitions, current status, and opportunities. *Protein-Based Films and Coatings*. CRC Press, 1-41 p., Boca Raton.
- Kubow, S. 1992. Routes of formation and toxic consequences of lipid oxidation products in foods. *Free Radical Biology and Medicine*, 12; 63–81.
- Kulkarni, S., DeSantos, F.A., Kattamuri, S., Rossi, S.J., Brewer, M.S. 2011. Effect of grape seed extract on oxidative, color and sensory stability of a pre-cooked, frozen, re-heated beef sausage model system. *Meat Science*, 88(1); 139–144.
- Kumar, F., Tyagi, P.K., Mir, N.A., Dev, K., Begum, J., Biswas, A., Sheikh, S.A., Tyagi, P.K., Sharma, D., Sahu, B., Biswas, A.K., Deo, C., Mandal, A.B. 2020. Dietary flaxseed and turmeric is a novel strategy to enrich chicken meat with long chain ω -3 polyunsaturated fatty acids with better oxidative stability and functional properties. *Food Chemistry*, 305; 125458.
- Kurt, A., Kahyaoğlu, T. 2014. Characterization of a new biodegradable edible film made from salep glucomannan. *Carbohydrate Polymers*, 104; 50–58.
- Ladeira, M.M., Santarosa, L.C., Chizzotti, M.L., Ramos, E.M., Machado Neto, O.R., Oliveira, D.M. et.al. 2014. Fatty acid profile, color and lipid oxidation of meat from young bulls fed ground soybean or rumen protected fat with or without monensin. *Meat Science*, 96(1); 597–605.
- Ladikos, D., Lougovois, V. 1990. Lipid oxidation in muscle foods: A review. *Food Chemistry*, 35(4); 295–314.
- Lara, M.S., Gutierrez, J.I., Timón, M., Andrés, A.I. 2011. Evaluation of two natural extracts (*Rosmarinus officinalis* L. and *Melissa officinalis* L.) as antioxidants in cooked pork patties packed in MAP. *Meat Science*, 88(3); 481–488.

- Lee, K.G., Shibamoto, T. 2002. Toxicology and antioxidant activities of non-enzymatic browning reaction products: review. *Food Reviews International*, 18; 151–175.
- Lee, K.T. 2010. Quality and safety aspects of meat products as affected by various physical manipulations of packaging materials. *Meat Science*, 86; 138–150.
- Lee, H.B., Noh, B.S., Min, S.C. 2012. *Listeria monocytogenes* inhibition by defatted mustard meal-based edible films. *International Journal of Food Microbiology*, 153(1-2); 99-105.
- Lee, K.Y., Mooney, D.J. 2012. Alginate: Properties and biomedical applications. *Progress in Polymer Science*, 37(1); 106-126.
- Li, J.H., Miao, J., Wu, J.L, Chen, S.F., Zhang, Q.Q. 2014. Preparation and characterization of active gelatin-based films incorporated with natural antioxidants, *Food Hydrocolloids*, 37; 166–173.
- Li, K., Jin, S., Liu, X., Chen H., He, J., Li, L. 2017. Preparation and characterization of chitosan/soy protein isolate nanocomposite film reinforced by Cu nanoclusters. *Polymers*, 9; 247.
- Liakos, I., Rizzello, L., Bayer, I.S., Pompa, P.P., Cingolani, R., Athanassiou, A. 2013. Controlled antiseptic release by alginate polymer films and beads. *Carbohydrate Polymers*, 92(1); 176–183.
- Limpisophon, K., Tanaka, M., Osako, K. 2010. Characterisation of gelatinefatty acid emulsion films based on blue shark (*Prionace glauca*) skin gelatin. *Food Chemistry*, 122(4); 1095-1101.
- Liu, L.S., Liu, C.K., Fishman, M.L., Hicks, K.B. 2007. Composite films from pectin and fish skin gelatin or soybean flour protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(6); 2349-2355.
- Liu, W., Li, G., Miao, Y., Wu, X. 2009. Preparation and characterization of pepsin-solubilized type I collagen from the scales of snakehead (*Ophiocephalus argus*), *Journal of Food Biochemistry*, 33(1); 20–37.
- Liu, D., Liang, L., Regenstein, J.M., Zhou, P. 2012. Extraction and characterisation of pepsin-solubilised collagen from fins, scales, skins, bones and swim bladders of bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*), *Food Chemistry*, 133(4); 1441–1448.
- Lopez-Caballero, M.E., Gómez-Guillén, M.C., Perez-Mateos, M., Montero, P. 2004. A chitosan–gelatin blend as a coating for fish patties. *Food Hydrocolloids*, 19(2); 303–311.

- Lorenzo, J.M., Batlle, R., Gómez, M. 2014. Extension of the shelf-life of foal meat with two antioxidant active packaging systems. *LWT-Food Science and Technology*, 59(1); 181–188.
- Lorenzo, J.M., Pateiro, M., Domínguez, R., Barba, F.J., Putnik, P., Kovačević, D.B., Shpigelman, A., Daniel, G., Franco Ruiz, D.J. 2017. Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review. *Food Research International*, 106; 1095-1104.
- Maizura, M., Fazilah, A., Norziah, M.H., Karim, A.A. 2007. Antibacterial activity and mechanical properties of partially hydrolyzed sago starch-alginate edible film containing lemongrass oil. *Journal of Food Science*, 72; 324–330.
- Mali, S., Grossmann, M.V.E., Garcia, M.A., Martino, M.N., Zaritzky, N.E. 2006. Effects of controlled storage on thermal, mechanical and barrier properties of plasticized films from different starch sources. *Journal of Food Engineering*, 75(4); 453-460.
- Marcinkowska-Lesiak, M., Zdanowska-Sąsiadek, Ż., Stelmasiak, A., Damaziak, K., Michalczuk, M., Poławska, E., Wyrwisz, J., Wierzbicka, A. 2016. Effect of packaging method and cold-storage time on chicken meat quality. *CyTA-Journal of Food*, 14:1, 41-46.
- Mariutti, L.R., Nogueira, G.C., Bragagnolo, N. 2008. Optimization and validation of analytical conditions for cholesterol and cholesterol oxides extraction in chicken meat using response surface methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56; 2913–8.
- Marquez-Ruiz, G., Garcia-Martinez, M.C., Holgado, F. 2008. Changes and effects of dietary oxidized lipids in the gastrointestinal tract. *Lipids Insights*, 2; 11–9.
- Marsh, K., Bugusu, B. 2007. Food packaging –roles, materials and environmental issues. *Journal of Food Science*, 72(3); 39–55.
- Martelli, S.M., Motta, C., Caon, T., Alberton, J., Bellettini, I.C., De Prado A.C.P., vd. 2017. Edible carboxymethyl cellulose films containing natural antioxidant and surfactants: α -tocopherol stability, in vitro release and film properties, *LWT Food Science and Technology*, 7721–29.
- Martins, J.T., Cerqueira, M.A., Vicente, A.A., 2012. Influence of α -tocopherol on physicochemical properties of chitosan-based films. *Food Hydrocolloids*, 27(1); 220–227.
- Martucci, J.F., Gende, L.B., Neira, L.M., Ruseckaite, R.A. 2015. Oregano and lavender essential oils as antioxidant and antimicrobial additives of biogenic gelatin films. *Industrial Crops and Products*, 71; 205–213.

- Mathenjwa, S.A., Hugo, C.J., Bothma, C., Hugo, A. 2012. Effect of alternative preservatives on the microbial quality, lipid stability and sensory evaluation of boerewors. *Meat Science*, 91(2); 165–172.
- McHugh, T.H., Avena-Bustillos, R., Krochta, J.M. 1993. Hydrophilic edible films: modified procedure for water vapor permeability and explanation of thickness effects. *Journal of Food Science*, 58 (4); 899–903.
- Mehta, B.M., Darji, V.B., Aparnathi, K.D. 2015. Comparison of five analytical methods for the determination of peroxide value in oxidized ghee. *Food Chemistry*, 185; 449–453.
- Mehyar, G.F., Al-Ismael, K., Han, J.H., Chee, G.W. 2012. Characterization of edible coatings consisting of pea starch, whey protein isolate, and carnauba wax and their effects on oil rancidity and sensory properties of walnuts and pine nuts. *Food Science*, 77(2); 52-59.
- Mendis, E., Rajapakse, N., Kim, S. 2005. Antioxidant properties of a radical-scavenging peptide purified from enzymatically prepared fish skin gelatin hydrolysate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(3); 581–587.
- Mielnick, M.B.E., Olsen, G., Vogt, D., Adeline, and G. Skrede. 2006. Grape seed extract as antioxidant in cooked, cold stored turkey meat. *LWT-Food Science and Technology*, 39:191–198.
- Miller, K.S., Upadhyaya, S.K., Krochta, J.M. 1998. Permeability of D-limonene in whey protein films. *Food. Science*, 63(2); 244-247.
- Min, B., Ahn, D.U. 2005. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products—a review. *International Journal of Food Science and Biotechnology*, 14(1);152–63.
- Min, B., Nam, K.C., Cordray, J., Ahn, D.U. 2008. Endogenous factors affecting oxidative stability of beef loin, pork loin, and chicken breast and thigh meats. *Food Science*, 73; 439–446.
- Min, D.B, Boff, J.M. 2002. Chemistry and reaction of singlet oxygen in foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 1; 60–72.
- Mohammadi, R., Mohammadifar, M.A., Mortazavian, A.M., Rouhi, M., Ghasemi, J.B., Delshadian, Z. 2016. Extraction optimization of pepsin-soluble collagen from eggshell membrane by response surface methodology (RSM), *Food Chemistry*, 190; 186–193.
- Moreno, O., Atarés, L., Chiralt, A., Cruz-Romero, M.C., Kerry, J. 2018. Starch-gelatin antimicrobial packaging materials to extend the shelf life of chicken breast fillets. *LWT- Food Science and Technology*, 97; 483–490.

- Morrissey, P.A., Sheehy, P.J.A., Galvin, K., Kerry, J.P. 1998. Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*, 49; 73–86.
- Nam, K.C., Ahn, D.U. 2003. Use of antioxidants to reduce lipid oxidation off-odor volatiles of irradiated pork homogenates and patties. *Meat Science*, 63;1–8.
- Nellessen, J.E. 2006. *Viburnum opulus* L. var. *Americanum* (Mill.) Ait. (American cranberrybush): A technical conservation assessment. Prepared for the USDA Forest Service, Rocky Mountain Region, species conservation project, May 8, 2006.
- Noor, S., Bhat, Z.F., Kumar, S., Kousar, I. 2017. *Asparagus racemosus*: A newly proposed natural preservative for improved lipid oxidative stability and storage quality of meat products. *Nutrition and Food Science*, 47; 673–687.
- Noor, S., Bhat, Z.F., Kumar, S., Mudiyansele, R.J. 2018. Preservative effect of *Asparagus racemosus*: A novel additive for bioactive edible films for improved lipid oxidative stability and storage quality of meat products. *Meat Science*, 139; 207-212.
- Nowak, M., Trziszka, T. 2010. Consumer behaviour on the poultry meat market. *Medycyna Weterynaryjna*, 68;114–120.
- Nowak, A., Czyżowska, A., Efenberger, M., Krala, L. 2016. Polyphenolic extracts of cherry (*Prunus cerasus* L.) and blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) leaves as natural preservatives in meat products. *Food Microbiology*, 59; 142–149.
- Nowzari, F., Shabanpour, B., Ojagh, S.M. 2013. Comparison of chitosan-gelatin composite and bilayer coating and film effect on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 141(3); 1667-1672.
- Nunez de Gonzalez, M.T., Hafley, B.S., Boleman, R.M., Miller, R.K., Rhee, K.S., Keeton, J.T. 2008a. Antioxidant properties of plum concentrates and powder in precooked roast beef to reduce lipid oxidation. *Meat Science*, 80(4); 997-1004.
- Nunez de Gonzalez, M.T., Boleman, R.M., Miller, R.K., Keeton, J.T., Rhee, K.S. 2008b. Antioxidant properties of dried plum ingredients in raw and precooked pork sausage. *Journal of Food Science*, 73(5); 63-71.
- Olivas, G.I. Barbosa-Canovas, G.V. 2008. Alginate/calcium films: Water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizer and relative humidity. *LWT-Food Science and Technology*, 41(2); 359-366.
- Orczewska-Dudek, S., Bederska-Łojewska, D., Pieszka, M., Pietras, M.P. 2012. Cholesterol and lipid peroxides in animal products and health implications. *Annals of Animal Science*, 12; 25–52.

- Osawa, C.C., Felício, P.E., Gonçalves, L.A.G. 2005. TBA test applied to meats and their products: traditional, modified and alternative methods. *Quimica Nova*, 28(4); 655–663.
- Oswell, N.J., Thippareddi, H., Pegg, R.B. 2018. Practical use of natural antioxidants in meat products in the U.S.: A review. *Meat Science*, 145; 469-479
- Ou, C.Y, Tsay, S.F, Lai, C.H, Weng, Y.M. 2001. Using gelatin-based antimicrobial edible coating to prolong shelf-life of tilapia fillets. *Journal of Food Quality*, 25(3); 213–22.
- Oussalah, M., Caillet, S., Salmiéri, S., Saucier, L., Lacroix, M. 2004. Antimicrobial and antioxidant effects of milk protein-based film containing essential oils for the preservation of whole beef muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52; 5598-5605.
- Özvural, E.B., Vural, H. 2011. Grape seed flour is a viable ingredient to improve the nutritional profile and reduce lipid oxidation of frankfurters. *Meat Science*, 88(1); 179–183.
- Özer, E., Kalyoncu, İ.H.A. 2007. Gilaburu (*Viburnum opulus* L.)’nun Yeşil Çelikle Çoğaltma İmkanlarının Araştırılması. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(43); 46–52.
- Özrenk, K., Gundogdu, M., Keskin, N., Kaya, T. 2011. Some Physical and Chemical Characteristics of Gilaburu (*Viburnum opulus* L.) Fruits in Erzincan Region. *Iğdır University Journal of the Institute of Science and Technology*, 1(4); 9-14.
- Papuc, C., Goran, G.V., Predescu, C.N., Nicorescu, V. 2017. Mechanisms of oxidative processes in meat and toxicity induced by postprandial degradation products: A Review. 2017. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16; 96-123.
- Perez-Gago, M.B., Krochta, J. M. 2001. Lipid particle size effect on water vapour permeability and mechanical properties of whey protein/beeswax emulsion films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49; 996–1002.
- Petrou, S., Tsiraki, M., Giatrakou, V., Savvaidis, I.N. 2012. Chitosan dipping oregano oil treatments, singly or combined on modified atmosphere packaged chicken breast meat. *International Journal of Food Microbiology*, 156; 264–271.
- Pietras, M.P., Pieszka, M., Bederska-Łojewska, D., Orczewska-Dudek, S. 2012. Cholesterol and lipid peroxides in animal products and health implications-a review. *Annals of Animal Science*, 12(1); 25–52.
- Pietrzak, D.M., Michalczuk, J., Niemiec, J., Mroczek, L., Adamczak, M. Łukasiewicz. 2013. Comparison of selected quality attributes of meat

- originating from fast and slow-growing chickens. *ZYWN.-Nauk Technol. Jakosc*, 87; 30–38.
- Pires, C., Ramos, C., Teixeira, B., Batista, I., Nunes, M.L., Marques, A. 2013. Hake proteins edible films incorporated with essential oils: Physical, mechanical, antioxidant and antibacterial properties. *Food Hydrocolloids*, 30; 224–231.
- Pirsa, S., Shamus, T. 2019. Intelligent and active packaging of chicken thigh meat by conducting nano structure cellulose-polypyrrole-ZnO film. *Materials Science & Engineering C*, 102; 798–809.
- Prodpran, T., Benjakul, S., Artharn, A. 2007. Properties and microstructure of protein-based film from round scad (*Decapterus maruadsi*) muscle as affected by palm oil and chitosan incorporation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 41; 605–614.
- Qi, S., Zhou, D. 2013. Lotus seed epicarp extract as potential antioxidant and anti-obesity additive in Chinese Cantonese Sausage. *Meat Science*, 93(2); 257–62.
- Radha-Krishnan, K., Babuskin, S., Azhagu Saravana Babu, P., Sasikala, M., Sabina, K., Archana, G., Sivarajan M, Sukumar M. 2014. Antimicrobial and antioxidant effects of spice extracts on the shelf life extension of raw chicken meat. *International Journal of Food Microbiology*, 171; 32–40.
- Ramos, Ó.L., Reinas, I., Silva, S.I., Fernandes, J.C., Cerqueira, M.A., Pereira, R.N., Vicente, A.A., Pocás, M.F., Pintado, M.E., Malcata, F.X. 2013. Effect of whey protein purity and glycerol content upon physical properties of edible films manufactured there from. *Food Hydrocolloids*, 30: 110–122.
- Rath, G., Hussain, T., Chauhan, G., Garg, T., Goyal, A.K. 2016. Collagen nanofiber containing silver nanoparticles for improved wound-healing applications. *Journal of Drug Targeting*, 24; 520–529.
- Rather, S.A., Akhter, R., Masoodi, F.A., Gani, A., Wani, S.M. 2015. Utilization of apple pomace powder as a fat replacer in Goshtaba: A traditional meat product of Jammu and Kashmir, India. *Journal of Food measurement and Characterization*, 9(3); 389–99.
- Rather, S.A., Akhter, R., Masoodi, F.A., Gani, A., Wani, S.M. 2016. Effect of apple pomace powder on the physico-chemical and sensory characteristics of low-fat rista, a traditional meat product of India. *Animal Science Journal*.
- Rawdkuen, S., Sai-Ut, S., Benjakul, S. 2010. Properties of gelatin films from giant catfish skin and bovine bone: A comparative study. *European Food Research Technology*, 231(6); 907–916.

- Reeder, B.J., Wilson, M.T. 2001. The effects of pH on the mechanism of hydrogen peroxide and lipid hydroperoxide consumption by myoglobin: a role for the protonated ferryl species. *Free Radical Biology and Medicine*, 30; 1311–8.
- Rodríguez, G.M., Sibaja, J.C., Espitia, P.J.P., Otoni, C.G. 2020. Antioxidant active packaging based on papaya edible films incorporated with *Moringa oleifera* and ascorbic acid for food preservation. *Food Hydrocolloids*, 103; 105630.
- Rodríguez-Calleja, J.M., Cruz-Romero, M.C., O'Sullivan, M.G., García-López, M.L., Kerry, J.P. 2012. High-pressure-based hurdle strategy to extend the shelf-life of fresh chicken breast fillets. *Food Control*, 25(2); 516–524.
- Rodríguez-Carpena, J.G., Morcuende, D., Andrade, M.J., Kylli, P., Estévez, M. 2011. Avocado (*Persea americana* Mill.) Phenolics, In Vitro Antioxidant and Antimicrobial Activities, and Inhibition of Lipid and Protein Oxidation in Porcine Patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59; 5625–5635.
- Rop, O., Reznicek, V., Valsikova, M., Jurikova, T., Mlcek, J., Kramarova, D. 2010. Antioxidant properties of European cranberry bush fruit (*Viburnum opulus* var. *edule*). *Molecules*, 15; 4467–4477.
- Ruan, C., Zhanga, Y., Wanga, J., Suna, Y., Gaob, X., Xiong, G., Liang, J. 2019. Preparation and antioxidant activity of sodium alginate and carboxymethyl cellulose edible films with epigallocatechin gallate. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134; 1038–1044.
- Ruiz, J., Ventanas, J., Cava, R., Andres, A., Garcia, C. 1999. Volatile compounds of dry-cured Iberian ham as affected by the length of the curing process. *Meat Science*, 52; 19–27.
- Sağdıç, O., Aksoy, A., Özkan, G. 2006. Evaluation of the antibacterial and antioxidant potentials of cranberry (gilaburu, *Viburnum opulus* L.) fruit extract. *Acta Alimentaria*, 35(4); 487– 492.
- Salinas, Y.J. V., Ros-Lis, J.L., Vivancos, R., Martínez-Mañanez, M.D., Marcos, S., Aucejo, N., Herranz, and I. Lorente. 2012. Monitoring of chicken meat freshness by means of a colorimetric sensor array. *Analyst*, 137; 3635–3643.
- Saltan, G., Süntar, I., Ozbilgin, S., Ilhan, M., Demirel, M.A., Oz, B.E., Keleş, H., Akkol, E.K. 2016. *Viburnum opulus* L.: A Remedy for the Treatment of Endometriosis Demonstrated by Rat Model of Surgically-Induced Endometriosis. *Journal of Ethnopharmacology*, 193; 450–455.
- Sampels, S. 2013. Oxidation and antioxidants in fish and meat from farm to fork. *Food Industry*, 115–144.
- Sanches-Silva, A., Costa, D., Albuquerque, T.G., Buonocore, G.G., Ramos, F., Castilho, M.C., Costa, H.S. 2014. Trends in the use of natural antioxidants in

- active food packaging: A review. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 31(3); 374–395.
- Santos, N.L., Braga, R.C., Bastos, M.S., Cunha, P.L., Mendes, F.R., Galvão, A.M., et al. 2019. Preparation and characterization of Xyloglucan films extracted from *Tamarindus indica* seeds for packaging cut-up ‘Sunrise Solo’ papaya. *International Journal of Biological Macromolecules*, 132; 1163–1175.
- Sarbon, N.M., Badii, F., Howell, N.K. 2013. Preparation and characterization of chicken skin gelatin as an alternative to mammalian gelatin. *Food Hydrocolloids*, 30; 143–151.
- Sarıözkan, S., Türk, G., Eken, A., Bayram, L.Ç., Baldemir, A., Doğan, G. 2017. Gilaburu (*Viburnum opulus* L.) Fruit Extract Alleviates Testis and Sperm Damages Induced by Taxane-Based Chemotherapeutics. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 95;1284-1294.
- Sasaki, T., Fujikane, Y., Ogino, Y., Osada, K., Sugano, M. 2010. Hepatic function and lipid metabolism are modulated by short-term feeding of cholesterol oxidation products in rats. *Journal of Oleo Science*, 59(9); 503–7.
- Scannell, A.G.M., Hill, C., Ross, R.P., Marx, S., Hartmeier, W., Arendt, E.K. 2000. Development of bioactive food packaging materials using immobilised bacteriocins Lacticin 3147 and Nisaplin. *International Journal of Food Microbiology*, 60; 241–249.
- Schafer, F.Q., Qian, S.Y., Buettner, G.R. 2000. Iron and free radical oxidations in cell membranes. *Cellular and Molecular Biology*, 46; 657–624.
- Schaur, R.S., Siems, W., Bresgen, N., Eckl, P.M. 2015. 4-Hydroxynonenal-A bioactive lipid peroxidation product. *Biomolecules*, 5(4); 2247–337.
- Schmid, M. 2013. Properties of cast films made from different ratios of whey protein isolate: Hydrolysed whey protein isolate and glycerol. *Materials*, 6; 3254–3269.
- Shahidi, F., Rubin, L.J, Wood, D.F. 1987. Control of lipid oxidation in cooked ground pork with antioxidants and dinitrosyl ferrohemochrome. *Journal of Food Science*, 52; 564–567.
- Shahidi, F. 2000. Antioxidants in food and food antioxidants, *Nahrung*, 44; 158–163.
- Shahidi, F., Zhong, Y. 2005. Lipid oxidation: measurement methods, in: *Bailey’s Industrial Oil and Fat Products*, John Wiley & Sons Ltd., 1, 357–386, Hoboken.
- Shahidi, F., Naczek, M. 2004. *Phenolics in food and nutraceuticals*, CRC Press, Boca Raton, FL.

- Shahidi, F., Ho, C.T. 2007. Antioxidant measurement and applications ACS Symposium Series, American Chemical Society, Washington, DC.
- Shahidi, F., Zhong, Y. 2008. Bioactive peptides. *Journal of AOAC International*, 91; 914–931.
- Shahidi, F., Zhong, Y. 2010a. Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews*.
- Shahidi, F., Zhong, Y. 2010b. Novel Antioxidants in Food Quality Preservation and Health Promotion. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112; 930-940.
- Shleikin, A.G., Medvedev, Y.V. 2014. Role of peroxidation and heme catalysis in coloration of raw meat. *Acta Sci Pol Technol Aliment* 13(2); 123–7.
- Siripatrawa, U., Harte, B.R. 2010. Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract *Food Hydrocolloids*, 24; 770-775.
- Skarp, C.P.A.M. L. Hänninen, and H. I. K. Rautelin. 2016. Campylobacteriosis: the role of poultry meat. *Clinical Microbiology and Infection*, 22; 103–109.
- Soares, R.M.D., Lima, A.M.F., Oliveira, R.V.B., Pires, A.T.N., Soldi, V. 2005. Thermal degradation of biodegradable edible films based on xanthan and starches from different sources. *Polymer Degradation and Stability*, 90; 449-454.
- Sobral, P.J.A., Menegalli, F.C., Hubinger, M.D., Roques, M.A. 2001. Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. *Food Hydrocolloids*, 15; 423–432.
- Soni, A., Kandeepan, G., Mendiratta, S.K., Shukla V., Kumar, A. 2016. Development and characterization of essential oils incorporated carrageenan based edible film for packaging of chicken patties. *Nutrition and Food Science*, 46; 82-95.
- Soo, P.Y., Sarbon, N.M. 2018. Preparation and characterization of edible chicken skin gelatin film incorporated with rice flour. *Food Packaging and Shelf Life*, 15; 1–8.
- Sothornvit, R., Pitak, N. 2007. Oxygen permeability and mechanical properties of banana films. *Food Research International*, 40(3); 365–370.
- Soyer, A., Özalp, B., Dalmış, Ü., Bilgin, V. 2010. Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. *Food Chemistry*, 120; 1025–1030.

- Söğüt, E., Seydim, A.C. 2018. The effects of Chitosan and grape seed extract-based edible films on the quality of vacuum packaged chicken breast fillets. *Food Packaging and Shelf Life*, 18; 13–20.
- Sönmez, N., Alizadeh, H.H.A., Öztürk, R., Acar, A.İ. 2007. Some physical properties of Gilaburu seed. *Journal of Agricultural Sciences*, 13(3); 308-311.
- Sperber, W.H. 1983. Influence of water activity on foodborne bacteria — a review. *Journal of Food Protection*, 46 (2); 142–150.
- Sujiwo, J.D. Kim, and A. Jang. 2018. Relation among quality traits of chicken breast meat during cold storage: correlations between freshness traits and torrymeter values. *Poultry Science*, 97; 2887–2894.
- Sun, B.X., Fukuhara, M. 1997. Effects of co-administration of butylated hydroxytoluene, butylated hydroxyanisole and flavonoids on the activation of mutagens and drug-metabolizing enzymes in mice. *Toxicology*, 122; 61–72.
- Sun, X., Guo, X., Ji, M., Wu, J., Zhu, W., Wang, J., vd. 2019. Preservative effects of fish gelatin coating enriched with CUR/betaCD emulsion on grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during storage at 4°C. *Food Chemistry*, 272; 643–652.
- Şahin, A., Çarkcioğlu, E., Demirhan, B., Candoğan, K. 2017. Chitosan edible coating and oxygen scavenger effects on modified atmosphere packaged sliced sucuk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41, Article e1321.
- Tajik, H., Farhangfar, A., Moradi, M., Rohani, S.M.R. 2014. Effectiveness of clove essential oil and grape seed extract combination on microbial and lipid oxidation characteristics of raw buffalo patty during storage at abuse refrigeration temperature. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2014;38(1); 31–38.
- Tang, S.J.P., Kerry, D., Sheehan, D.J., Buckley, and P. A. Morrissey. 2001. Antioxidative effect of added tea catechins on susceptibility of cooked red meat, poultry and fish patties to lipid oxidation. *Food Research International*, 34; 651–657.
- Tang, J., Faustman, C., Mancini, R.A., Seyfert, M., Hunt, M.C. 2005. Mitochondrial reduction of 420 metmyoglobin: dependence on the electron transport chain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53; 5449–5455.
- Tannin-Spitz, T., Bergman, M., van-Moppes, D., Grossman, S., Arad, S. 2005. Antioxidant activity of the polysaccharide of the red microalga *Porphyridium* sp. *Journal of Applied Psychology*, 17; 215–222.
- Tesoriere, L., D'Arpa, D., Butera, D., Pintaudi, A.M., Allegra, M., Livrea, M.A. 2002. Exposure to malondialdehyde induces an early redox unbalance

- preceding membrane toxicity in human erythrocytes. *Free Radical Research*, 36; 89–97.
- Tharanathan, R.N. 2003. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science & Technology*, 14(3); 71-78.
- Trespalacios, P., Pla, R. 2007a. Simultaneous application of transglutaminase and high pressure to improve functional properties of chicken meat gels. *Food Chemistry*, 100; 264–272.
- Trespalacios, P., Pla, R. 2007b. Synergistic action of transglutaminase and high pressure on chicken meat and egg gels in absence of phosphates. *Food Chemistry*, 104; 1718–1727.
- Trindade, R.A., Mancini-Filho, J., Villavicencio, A.L.C.H. 2010. Natural antioxidants protecting irradiated beef burgers from lipid oxidation. *LWT-Food Science and Technology*, 43(1); 98–104.
- Tuğlu, D., Yılmaz, E., Yuvanc, E., Erguder, I., Kisa, U., Bal, F., Batislam, E. 2014. *Viburnum opulus*: Could it be a new alternative, such as lemon juice, to pharmacological therapy in hypocitraturic stone patients? *Archivio Italiano di Urologia e Andrologia*, 86(4); 297-299.
- Turgut, S.S., Soyer, A., Işıkcı, F. 2016. Effect of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during refrigerated storage. *Meat Science*, 116; 126–132.
- Turgut, S.S., Işıkcı, F., Soyer, A. 2017. Antioxidant activity of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during frozen storage. *Meat Science*, 129; 111–119.
- Ulger, H., Ertekin, T., Karaca, O., Canoz, O., Nisari, M. 2013. Influence of gilaburu (*Viburnum opulus*) juice on 1,2-dimethylhydrazine (DMH)-induced colon cancer. *Toxicology and Industrial Health*, 29(9); 824–829.
- Umaraw, P., 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*, 57(6); 1270–1279.
- Vaithiyanathan, S., Naveena, B.M., Muthukumar, M., Girish, P.S., Sen, A.R., Babji, Y., et al. 2009. Effect of methyl gallate on physico-chemical qualities of spent hen meat patties. *Journal of Food Science and Technology*, 46; 577–580.
- Vaithiyanathan, S., Naveena, B.M., Muthukumar, M., Girish, P.S., Kondaiah, N. 2011. Effect of dipping in pomegranate (*Punica granatum*) fruit juice phenolic solution on the shelf life of chicken meat under refrigerated storage (4 °C). *Meat Science*, 88; 409–414.

- Varela, P., Fiszman, S.M. 2011. Hydrocolloids in fried foods. A review. *Food Hydrocolloids*, 25; 1801–1812.
- Velioğlu, Y.S., Ekici, L., Poyrazoğlu, E.S. 2006. Phenolic composition of European cranberry bush (*Viburnum opulus* L.) berries and astringency removal of its commercial juice. *International Journal of Food Science and Technology*, 41; 1011–1015.
- Venkatesan, A., Kathirvel, A., Prakash, S., Sujatha, V. 2017. Antioxidant, antibacterial activities and identification of bioactive compounds from *Terminalia chebula* bark extracts. *Free Radicals and Antioxidants*, 1; 43–49.
- Viga-Santos, P., Oliveria, L.M., Cereda, M.P., Scamparini, A.R.P. 2007. Sucrose and inverted sugars as plasticizer. Effect on cassava starch gelatin film mechanical properties, hydrophilicity and water activity. *Food Chemistry*, 103; 255–262.
- Vodnar, D.C., Pop, O.L., Dulf, F.V., Socaciu, C. 2015. Antimicrobial efficiency of edible films in food industry. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 43; 302–312.
- Vu, C.H.T., Won, K. 2013. Novel water-resistant UV-activated oxygen indicator for intelligent food packaging. *Food Chemistry*, 140(1–2); 52–56.
- Wanasundra, P.K.J.P.D., Shahidi, F. 2005. Antioxidants: Science, Technology and Applications. In: *Bailey's industrial oil and fat products*, John Wiley & Sons, Inc., 1; 431–489, Hoboken.
- Wang, S., Melnyk, J.P., Tsao, R., Marcone, M.F. 2011. How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health. *Food Research International*, 44; 14–22.
- Wang, Y., Liu, F., Liang, C., Yuan, F., Gao, Y. 2014. Effect of Maillard reaction products on the physical and antimicrobial properties of edible films based on ϵ -polylysine and chitosan. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(14); 2986–2991.
- Wang, Y., Liu, A., Ye, R., Wang, W., Li, X. 2015. Transglutaminase-induced crosslinking of gelatin-calcium carbonate composite films. *Food Chemistry*, 166; 414–422.
- Wang, Z., Hu, S., Gao, Y., Ye, C., Wang, H. 2017. Effect of collagen-lysozyme coating on fresh-salmon fillets preservation. *LWT-Food Science and Technology*, 75; 59–64.
- Wattanachant, S. 2008. Factors Affecting the Quality Characteristics of Thai Indigenous Chicken Meat. *Suranaree Journal of Science Technology*. 15 (4); 317–322.

- Were, L., Hettiarachcky, N.S., Coleman, M. 1999. Properties of cysteine-added soy protein wheat gluten films. *Food Science*, 64 (3); 514-518.
- Wittaya, T. 2012. Protein-Based edible films: Characteristics and improvement of properties. *Structure and Function of Food Engineering*, 43–71.
- Wojciak, K.M., Dolatowski, Z.J., Okon, A. 2011. The effect of water plant extracts addition on the oxidative stability of meat products. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 10; 175–188.
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R., Enser, M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66; 21–32.
- Wu, Y., Weller, C.L., Hamouz, F., Cuppett, S.L., Schnepf, M. 2002. Development and application of multicomponent edible coatings and films: a review. *Advances in Food and Nutrition Research*, 44; 347-394.
- Xiong, Y.L., Cantor, A.H., Pescatore, A.J., Blanchard, S.P., Straw, M.L. 1993. Variations in Muscle Chemical Composition, pH, and Protein Extractability Among Eight Different Broiler Crosses. *Poultry Science*, 72; 583-588.
- Xiong, Z., Sun, D.W., Pu, H., Xie, A., Han, Z., Luo, M. 2015. Non-destructive prediction of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value for freshness evaluation of chicken meat using hyperspectral imaging. *Food Chemistry*, 179; 175-181.
- Xu, T., Gao, C.C., Feng, X., Yang, Y., Shen, X., Tang, X. 2019. Structure, physical and antioxidant properties of chitosan-gum arabic edible films incorporated with cinnamon essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134; 230–236.
- Yang, B., Ahotupa, M., Määttä, P., Kallio, H. 2011. Composition and antioxidative activities of supercritical CO₂-extracted oils from seeds and soft parts of northern berries. *Food Research International*, 44; 2009–2017.
- Yao, L.H., Jiang, Y.M., Shi, J., Tomas-Barberan, F.A., Datta, N., Singanusong, R. 2004. Flavonoids in Food and their health benefits. *Plants Foods for Human Nutrition*, 59; 113-122.
- Yemiş, G.P., Candoğan, K. 2017. Antibacterial activity of soy edible coatings incorporated with thyme and oregano essential oils on beef against pathogenic bacteria. *Food Science and Biotechnology*. 26, 4: 1113–1121.
- Yıldız-Turp, G., Sedaroğlu, M. 2010. Effects of using plum puree on some properties of low fat beef patties. *Meat Science*, 86(4); 896-900.

- Yılmaz, N., Yaylı, N., Mısır, G., Çoskunçelebi, K., Karaoglu, S. 2008. Chemical composio and antimicrobial activities of the essential oils of *Viburnum opulus*, *Viburnum lantana* and *Viburnum orientala*. Asian Journal of Chemistry, 20(5); 3324–3330.
- Zareie, Z., Yazdi, F.T., Mortazavi, S.A. 2020. Development and characterization of antioxidant and antimicrobial edible films based on chitosan and gamma-aminobutyric acid-rich fermented soy protein. Carbohydrate Polymers, 244; 116491.
- Zhang, Q., Li, N., Zhou, G., Lu, X., et al. 2003. In vivo antioxidant activity of polysaccharide fraction from *Porphyra haitanesis* (Rhodophyta) in aging mice. Pharmacological Research, 48; 151–155.
- Zhang, Y., Han, J., Liu, Z. 2008. 5-Starch-based edible films A2. Environmentally compatible food packaging, Woodhead Publishing, 108-136 p.
- Zhang, X.Q., Do, M.D., Casey, P., Sulistio, A., Qiao, G.G., Lundin, L. et al. 2010. Chemical cross-linking gelatin with natural phenolic compounds as studied by high-resolution NMR spectroscopy. Biomacromolecules, 11(4); 1125-1132.
- Zhang, Q.Q., Jiang, M., Rui, X., Li, W., Chen, X.H., Dong, M.S. 2017. Effect of rose polyphenols on oxidation, biogenic amines and microbial diversity in naturally dry fermented sausages. Food Control, 78; 324–330.
- Zhou, G.H., Xu, X.L., Liu, Y. 2010. Preservation technologies for fresh meat-a review. Meat Science, 86; 119-128.
- Zink, J., Wyrobnik, T., Prinz, T., Schmid, M. 2016. Physical, chemical and biochemical modifications of protein-Based films and coatings: An extensive review. International Journal of Molecular Sciences, 17(9); 1376.
- Zou, Y.H., Yang, P.P., Li, M.H., Zhang, X.X., Zhang, W.M., Xu, D.Y. Wang. 2019. Effect of different time of ultrasound treatment on physicochemical, thermal and antioxidant properties of chicken plasma protein. Poultry Science, 98; 1925–1933.