



T.C.  
EGE ÜNİVERSİTESİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü



**HİNDİ GÖĞÜS ETLERİNİN ÇİYA VE ADAÇAYI  
ESANSİYEL YAĞI İÇEREN NANOEMÜLSİYONLAR  
İLE DALDIRMA VE VAKUM EMDİRİM  
YÖNTEMLERİ KULLANILARAK KAPLANMASI**

**Doktora Tezi**

Elnaz SHAREFIABADI

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir  
2025

T.C.  
EGE ÜNİVERSİTESİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü

**HİNDİ GÖĞÜS ETLERİNİN ÇİYA VE ADAÇAYI  
ESANSİYEL YAĞI İÇEREN NANOEMÜLSİYONLAR  
İLE DALDIRMA VE VAKUM EMDİRİM YÖNTEMLERİ  
KULLANILARAK KAPLANMASI**

Elnaz SHAREFIABADI

Danışman : Prof. Dr. Fatma Meltem SERDAROĞLU

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
Gıda Mühendisliği Doktora Programı

İzmir  
2025



Elnaz SHAREFIABADI tarafından doktora tezi olarak sunulan ‘‘Hindi Göğüs Etlerinin iya ve Adaçayı Esansiyel Yağı İçeren Nanoemülsiyonlar ile Daldırma ve Vakum Emdirim Yöntemleri Kullanılarak Kaplanması’’ başlıklı bu alışma E lisansüstü Eğitim ve ğretim Yönetmeliği ile E Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve ğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 28.02.2025 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

**Jüri veleri:**

**İmza**

**Jüri Başkanı: Prof. Dr. Meltem SERDAROğLU**

**Raportör ye: Doç. Dr. Burcu ÖZTÜRK KERİMOğLU**

**ye: Prof. Dr. Duygu KIşLA**

**ye: Prof. Dr. Semra KAYAARDI**

**ye: Dr. Öğr. Üyesi Tolga AKCAN**



**EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI**

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum “**Hindi Göğüs Etlerinin Çiya ve Adaçayı Esansiyel Yağı İçeren Nanoemülsiyonlar ile Daldırma ve Vakum Emdirim Yöntemleri Kullanılarak Kaplanması**” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

01/02/2025

Elnaz SHAREFIABADI



**ÖZET****HİNDİ GÖĞÜS ETLERİNİN ÇİYA VE ADAÇAYI ESANSİYEL YAĞI İÇEREN NANOEMÜLSİYONLAR İLE DALDIRMA VE VAKUM EMDİRİM YÖNTEMLERİ KULLANILARAK KAPLANMASI**

SHAREFIABADI, Elnaz

Doktora Tezi, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. F. Meltem SERDAROĞLU

Şubat 2025, 180 sayfa

Bu tez çalışması, çiya müsilağı (CM) ve/veya adaçayı esansiyel yağı (AEY) içeren nanoemülsiyon çözeltilerinin farklı kaplama yöntemleriyle uygulanarak hindi göğüs etinin teknolojik, duyuşal, oksidatif ve mikrobiyolojik özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamıştır. Çalışmada, %10 çiya müsilağı ve farklı konsantrasyonlarda (%0,5, %1 ve %1,5) AEY içeren kaplama çözeltileri, vakum emdirim (VE) ve daldırma yöntemleri kullanılarak hindi göğüs etine uygulanmış ve +1°C’de 12 gün boyunca depolanarak kalite değişimleri değerlendirilmiştir.

Çiya müsilağı ve adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon kaplama çözeltilerinin fizikokimyasal, reolojik, antioksidan ve antibakteriyel özellikleri incelenmiştir. Kaplama çözeltileri, santrifüjleme, ısıtma işlemi ve +4°C’de 7 gün boyunca depolama sonrası stabilitesini korumuştur. CM’nin pH değeri 6,55 iken, AEY ilavesiyle bu değer azalarak CMS3 grubunda 5,73 olmuştur. L\* (parlaklık) değeri en yüksek CM grubunda bulunmuş, AEY oranı arttıkça L\* değeri azalmıştır. AEY içeren gruplar yeşilimsi tonlar göstermiştir. AEY oranı arttıkça toplam fenolik bileşik içeriği yükselmiş (CMS3: 139,13 mg GAE/g) ve buna bağılı olarak antioksidan aktivite

artmıştır. CMS2 grubu (%1 AEY) en küçük damlacık çapına (335,56 nm) sahip olup en kararlı nanoemülsiyon olarak belirlenmiştir. Tüm kaplama çözeltilerinde kayma hızı arttıkça viskozite azalmış, CM grubu en yüksek viskoziteyi sergilemiştir. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi (FT-IR) sonuçları, AEY ve çiya müsilağı arasındaki etkileşimleri doğrulamış, bileşenlerin moleküler yapısında değişiklikler tespit edilmiştir. Disk difüzyon analizinde kaplama çözeltilerinin antibakteriyel etki göstermediği belirlenmiştir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizinde ise nanoemülsiyon çözeltilerinin homojen bir yapıya sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Kaplama formülasyonları, etin nem, protein, yağ ve kül içeriğini önemli ölçüde etkilemiştir ( $P<0,05$ ). Nem oranı, özellikle %1 ve %1,5 AEY içeren nanoemülsiyon çözeltileriyle kaplanan örneklerde en yüksek seviyede bulunmuş (CMS2V), kontrol (K) grubunda ise en düşük olmuştur. Protein miktarı, nem oranıyla ters bir ilişki göstererek kontrol ve çiya müsilağı içeren gruplarda en yüksek, AEY içeren gruplarda ise en düşük seviyede belirlenmiştir. Yağ ve kül içeriği, çiya müsilağı ve AEY içeren çözeltilerle kaplanan örneklerde daha yüksek bulunmuştur. En yüksek kaplama verimi, %1 AEY içeren nanoemülsiyon çözeltileriyle kaplanmış örneklerde gözlemlenmiştir ( $P<0,05$ ).

Depolama sürecinde pH değerlerinde artış görülmüştür. Ancak çiya müsilağı ve AEY içeren kaplamalar, pH artışını sınırlandırmıştır. Depolama sonunda, kontrol grubunun pH değeri en yüksek olurken, çiya müsilağı + %1,5 AEY içeren kaplamaya sahip örneklerin pH değeri en düşük bulunmuştur. Depolamanın başlangıcında su tutma kapasitesinde benzer değerler gözlenirken, 4. günde en düşük değer kontrol grubunda, en yüksek değer ise CMS3 ve CMS3V gruplarında tespit edilmiştir. Suda çözünürlük indeksi (SCİ), kaplama türlerinden etkilenmemiş ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ambalaja sızıntı miktarı, özellikle 4. günde en yüksek seviyeye ulaşmış, ancak depolama süresi ilerledikçe azalmıştır. Çiya müsilağı ve AEY'nin kombinasyonu, etin rengini korumada etkili olmuştur.

Başlangıçta gruplar arasında peroksit değerlerinde fark gözlenmezken ( $P>0,05$ ), depolama süresince değerlerde artış kaydedilmiştir. En yüksek peroksit değerleri

kontrol gruplarında ölçülürken, %1 ve %1,5 AEY içeren gruplarda değerler en düşük seviyede kalmıştır. Lipit oksidasyonunun ikincil ürünlerini belirleyen TBARS değerleri de benzer bir eğilim göstermiştir. Depolamanın ilerleyen günlerinde kontrol gruplarında en yüksek TBARS değerleri gözlenmiş, AEY içeren gruplarda ise belirgin bir düşüş kaydedilmiştir. Özellikle %1,5 AEY içeren gruplarda TBARS değerleri en düşük seviyede bulunmuştur.

Protein oksidasyonunu gösteren karbonil seviyeleri depolama süresince artış göstermiştir. En yüksek karbonil değerleri kontrol gruplarında ölçülürken, AEY içeren gruplarda protein oksidasyonu daha düşük bulunmuştur. En düşük karbonil değerleri %1 ve %1,5 AEY içeren gruplarda tespit edilmiştir. Depolama başlangıcında örneklerin sülfidril miktarları gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiştir ( $P>0,05$ ). Depolama süresince tüm örneklerde sülfidril gruplarında azalma gözlenmiştir, özellikle kontrol gruplarında (K ve KV) bu azalma daha belirgin olmuştur. Nanoemülsiyon ile kaplanan örneklerde sülfidril gruplarının korunması sağlanmış, protein oksidasyonu daha düşük seviyelerde kalmıştır. %1,5 AEY içeren nanoemülsiyon ile kaplanan gruplar (CMS3 ve CMS3V), en yüksek sülfidril konsantrasyonuna sahip olmuş ve protein oksidasyonunu belirgin şekilde engellemiştir. Vakum emdirim yöntemi, sülfidril içeriği üzerinde olumlu bir etki sağlamış ve daha az disülfid bağı oluşmasına yol açmıştır.

Depolama süresi boyunca tüm gruplarda mikrobiyal yük artarken, özellikle %1 ve %1,5 AEY içeren kaplamalar mezofilik ve psikrotrof bakteri gelişimini sınırlandırarak mikrobiyal güvenliği artırmıştır. En yüksek mikrobiyal sayıları K ve KV gruplarında tespit edilmiştir. Küf ve maya gelişimi açısından, çiya müsilağı tek başına yeterli koruma sağlayamazken, AEY eklenmesi daha iyi mikrobiyal kontrol sağlamıştır. Vakum emdirim yöntemi, mikrobiyolojik analiz sonuçları açısından daldırma yöntemine kıyasla daha etkili bulunmuştur. Ayrıca AEY içeren kaplama çözeltileri, toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerlerinin artışını engelleyerek etin tazeliğini koruma açısından avantaj sağlamıştır.

Duyusal analiz sonuçlarına göre, iya müsilajı ve AEY bazlı kaplamalar hindi ggs etinin sululuk, lezzet ve genel kabul edilebilirlik özelliklerini olumlu yönde etkilemiştir. Depolamanın başında yüksek AEY konsantrasyonları lezzet skorlarında hafif bir dşe neden olsa da, bu durum zamanla dengelenmiş ve kaplamaların duysal kaliteyi iyileştirdiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak, iya müsilajı ve adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon zltileri, hindi ggs etinin oksidatif ve mikrobiyolojik stabilitesini artırarak raf ömrünü uzatma potansiyeline sahiptir. Bu doğal bileşenlerin et ürünlerinde koruyucu kaplama olarak kullanım potansiyeli, daha sağlıklı ve uzun raf ömürlü et ürünlerinin geliştirilmesine önemli bir katkı sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilebilir kaplama, hindi eti, iya müsilaj, adaçayı esansiyel yağı, vakum emdirim tekniği, nanoemülsiyon

**ABSTRACT****COATING OF TURKEY BREAST MEAT USING DIPPING AND  
VACUUM IMPREGNATION METHODS WITH CHIA AND  
SAGE ESSENTIAL OIL-LOADED NANOEMULSIONS**

SHAREFIABADI, Elnaz

PhD in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. F. Meltem SERDAROĞLU

February 2025, 180 pages

This thesis aimed to investigate the effects of nanoemulsion solutions containing chia mucilage (CM) and/or sage essential oil (SEO) on the technological, sensory, oxidative, and microbiological properties of turkey breast using different coating methods. Coating solutions containing 10% chia mucilage and different concentrations (0.5%, 1%, and 1.5%) of SEO were applied to turkey breast using vacuum impregnation (VI) and dipping methods, and the quality changes were evaluated during 12 days of storage at +1°C.

The physicochemical, rheological, antioxidant, and antibacterial properties of the nanoemulsion coating solutions containing chia mucilage and sage essential oil were examined. The coating solutions maintained their stability after centrifugation, heat treatment, and storage at +4°C for 7 days. While the pH value of CM was 6.55, the addition of SEO reduced this value to 5.73 in the CMS3 group. The highest L\* (lightness) value was found in the CM group, and the L\* value decreased as the SEO concentration increased. Samples containing SEO exhibited greenish tones. As the SEO concentration increased, the total phenolic content increased (CMS3: 139.13 mg GAE/g), leading to an increase in antioxidant activity. The CMS2 group (1% SEO) had the smallest droplet size (335.56 nm) and was determined to be the most stable

nanoemulsion. In all coating solutions, an increase in shear rate led to a decrease in viscosity, with the CM group displaying the highest viscosity. Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) results confirmed interactions between SEO and chia mucilage, detecting changes in the molecular structure of the components. Disk diffusion analysis showed that the coating solutions did not exhibit antibacterial effects. Scanning electron microscopy (SEM) analysis revealed that the nanoemulsion solutions had a homogeneous structure.

The coating formulations significantly affected the moisture, protein, fat, and ash content of the turkey breast ( $P < 0.05$ ). The moisture content was highest in samples coated with nanoemulsion solutions containing 1% and 1.5% SEO (CMS2V), while the lowest moisture content was found in the control (K) group. The protein content showed an inverse relationship with moisture content, being highest in the control and CM-containing groups and lowest in SEO-containing groups. Fat and ash content were higher in samples coated with solutions containing chia mucilage and SEO. The highest coating yield was observed in samples coated with nanoemulsion solutions containing 1% SEO ( $P < 0.05$ ).

During storage, an increase in pH values was observed; however, coatings containing chia mucilage and SEO limited this increase. At the end of storage, the control group had the highest pH value, whereas samples coated with chia mucilage + 1.5% SEO had the lowest pH value. At the beginning of storage, similar water-holding capacity values were observed among the groups. However, on day 4, the lowest value was found in the control group, while the highest values were observed in CMS3 and CMS3V groups. The water solubility index (WSI) was not affected by coating types, and no statistically significant differences were found among the groups. The amount of purge reached its highest level on day 4 but decreased as the storage period progressed. The combination of chia mucilage and SEO was effective in preserving the color of the turkey breast.

No significant differences were observed in peroxide values among the groups at the beginning of storage ( $P > 0.05$ ). However, these values increased over time. The

highest peroxide values were measured in the control groups, while the lowest values were recorded in groups containing 1% and 1.5% SEO. TBARS values, which indicate secondary lipid oxidation products, followed a similar trend. As storage progressed, the highest TBARS values were found in the control groups, while a significant decrease was observed in SEO-containing groups. The lowest TBARS values were detected in groups containing 1.5% SEO. Protein oxidation, indicated by carbonyl levels, increased during storage. The highest carbonyl values were measured in control groups, whereas protein oxidation was lower in SEO-containing groups. The lowest carbonyl values were found in groups containing 1% and 1.5% SEO. At the beginning of storage, the sulfhydryl content of the samples did not show a statistically significant difference among the groups ( $P>0.05$ ). However, sulfhydryl groups decreased during storage, with the most significant reduction observed in the control groups (K and KV). Sulfhydryl groups were better preserved in samples coated with nanoemulsions, leading to lower levels of protein oxidation. Groups coated with nanoemulsions containing 1.5% SEO (CMS3 and CMS3V) had the highest sulfhydryl concentration and significantly prevented protein oxidation. The vacuum impregnation method had a positive effect on sulfhydryl content, leading to less disulfide bond formation.

Throughout storage, microbial loads increased in all groups, but coatings containing 1% and 1.5% SEO effectively limited the growth of total aerobic mesophilic and psychrotrophic bacteria, improving microbial safety. The highest microbial counts were found in the K and KV groups. In terms of mold and yeast growth, chia mucilage alone did not provide sufficient protection, whereas the addition of SEO ensured better microbial control. The vacuum impregnation method was found to be more effective in microbiological analysis results compared to the dipping method. Additionally, SEO-containing coating solutions prevented the increase in total volatile basic nitrogen (TVB-N) values, providing an advantage in maintaining meat freshness.

According to sensory analysis results, chia mucilage and SEO-based coatings positively affected the juiciness, flavor, and overall acceptability of turkey breast. Although high SEO concentrations initially caused a slight decrease in flavor scores, this effect balanced over time, and the coatings were found to improve sensory quality.

In conclusion, nanoemulsion solutions containing chia mucilage and sage essential oil have the potential to improve the oxidative and microbiological stability of turkey breast, thereby prolonging its shelf life. The incorporation of these natural ingredients as protective coatings in meat products could significantly contribute to the development of healthier and more durable meat products.

**Keywords:** Edible coating, turkey meat, chia mucilage, sage essential oil, vacuum impregnation, nanoemulsion.



## ÖNSÖZ

Günümüzde tüketicilerin sağlıklı ve doğal besinlere olan artan talebi, kimyasal katkı maddesi içermeyen doğal koruma tekniklerinin geliştirilmesini gerekli hale getirmektedir. Hindi eti, besleyici değeri yüksek, düşük yağ içeriğine sahip ve sağlıklı bir protein kaynağı olmasına rağmen, oksidatif ve mikrobiyal bozulmaya karşı yüksek hassasiyet göstermesi nedeniyle raf ömrü sınırlıdır. Gıda bilimi ve teknolojisi alanında yapılan araştırmalar, et ve et ürünlerinin raf ömrünün uzatılması, mikrobiyal ve oksidatif bozulmaların önlenmesi konusunda önemli gelişmeler sağlamaktadır. Kaplama; etin görünüm, sululuk, lezzet ve tekstür gibi kalite kriterleri, mikrobiyal gelişme ve raf ömrü önemli derecede etkileyen bir strateji olup, sentetik kaplama kullanımı, belirtilen bu kriterlerde olumsuz değişikliklere neden olmaktadır. Yenilebilir kaplamalar, doğal bileşenler kullanılarak gıda yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturur, nem kaybını önler, oksijen geçirgenliğini düzenler ve mikrobiyal gelişmeyi engelleyerek raf ömrünü uzatır. Bu tez çalışması, hindi etinin raf ömrünü uzatmak, teknolojik, duyuusal ve mikrobiyolojik kalitesini iyileştirmek amacıyla, çiya müsilağı ve adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon kaplama çözeltilerinin daldırma ve vakum emdirim teknikleriyle uygulanmasını incelemektedir. Çiya müsilağı ve adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyonların hindi eti üzerinde uygulanması, doğal koruma yöntemlerinin etkinliğini ve daha sağlıklı et ürünleri elde edilmesine katkı sağlamayı hedeflemektedir. Bu çalışma, doğal kaplama yöntemlerinin etkinliğini araştırarak hindi etinin raf ömrünün artırılmasına yönelik çözümler sunmayı hedeflemektedir.

Tez çalışmamın planlanması, araştırılması, yürütülmesi süresince ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleriyle tez çalışmamın her aşamasında bilimsel temeller ve etik değerler ışığında çalışmamı yönlendiren sayın hocam Prof. Dr. Fatma Meltem SERDAROĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İZMİR/2025

Elnaz SHAREFIABADI



**İÇİNDEKİLER**Sayfa

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	iii
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	xi
ÖNSÖZ.....	xv
İÇİNDEKİLER.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	6
2.1. Hindi Etinin Beslenmedeki Önemi.....	6
2.2. Et ve Et Ürünlerinde Oksidatif ve Mikrobiyal Bozulma: Mekanizmalar ve Etkileyen Faktörler.....	7
2.2.1. Oksidatif reaksiyonlar.....	8
2.2.2. Mikrobiyal bozulma.....	11
2.3. Etin Raf Ömrünü Uzatma Stratejileri.....	12
2.4. Et ve Et Ürünlerinde Ambalajlama Teknikleri.....	15

**İÇİNDEKİLER (devam)**

	<u>Sayfa</u>
2.5. Yenilebilir Film ve Kaplamalar .....	16
2.6. Yenilebilir Kaplamaların Üretiminde Kullanılan Malzemeler .....	18
2.6.1. Yenilebilir kaplamalarda kullanılan doğal polisakkarit maddeler .....	22
2.6.2. Yenilebilir kaplamalarda kullanılan aktif bileşenler .....	25
2.7. Nanoemülsiyon Bazlı Yenilebilir Kaplamalar .....	31
2.8. Yenilebilir Film Üretim Yöntemleri .....	43
2.9. Vakum Emdirim Tekniği .....	44
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	51
3.1. Materyal .....	51
3.2. Deneme Deseni .....	51
3.3. Kaplama Çözeltilerinin Hazırlanması .....	53
3.3.1. Çiya müsülajın hazırlanması.....	53
3.3.2. Nanoemülsiyon çözeltisinin hazırlanması .....	55
3.4. Hindi Göğüs Etlerinin Kaplama İşlemi.....	57
3.5. Yöntem.....	60

**İÇİNDEKİLER (devam)**

	<u>Sayfa</u>
3.5.1. Kaplama çözeltilerinin analizleri.....	61
3.5.2. Hindi etinde uygulanan analizler .....	65
3.6. İstatistiksel Analizler .....	71
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	72
4.1. Kaplama Çözeltilerin Karakterizasyonu.....	72
4.1.1. Kaplama çözeltilerin stabilite, pH ve renk sonuçları.....	72
4.1.2. Toplam antioksidan aktivite ve toplam fenolik bileşik içeriği .....	73
4.1.3. Damlacık çapı, zeta potansiyeli ve reolojik özellikler.....	75
4.1.4. Fourier dönüşümlü kızıl ötesi spektrometresi .....	79
4.1.5. Antimikrobiyal aktivite.....	83
4.1.6. Taramalı elektron mikroskobu.....	84
4.2. Kaplanmamış Hindi Göğüs Eti Analizleri .....	86
4.3. Kaplanmış Hindi Eti Analizleri .....	87
4.3.1. kimyasal kompozisyon ve kaplama verimi.....	87
4.3.2. pH .....	91

**İÇİNDEKİLER (devam)**

	<u>Sayfa</u>
4.3.3. Su tutma kapasitesi.....	93
4.3.4. Suda çözünürlük indeksi .....	96
4.3.5. Ambalaja sızıntı miktarı.....	97
4.3.6. Renk .....	99
4.3.7. Lipit ve protein oksidasyonu.....	103
4.3.8. Mikrobiyolojik analizler .....	112
4.3.9. Toplam uçucu bazik nitrojen.....	119
4.3.10. Tekstür profili analizi.....	123
4.3.11. Taramalı elektron mikroskobu .....	127
4.3.12. Sululuk ve tanımlayıcı duyuşsal analiz .....	130
5. GENEL SONUÇLAR .....	138
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	141
ÖZGEÇMİŞ .....	180
EKLER	

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Kaplamaların içerdiği malzemeler .....	20
Şekil 2.2. Yenilebilir kaplama özellikleri ve avantajları .....	21
Şekil 2.3. Esansiyel yağların antimikrobiyal özellikleri sayesinde mikroorganizmaların hücre ölümü .....	28
Şekil 2.4. Esansiyel yağların antioksidan mekanizmaları .....	30
Şekil 2.5. Su içinde yağ ve yağ içinde su nanoemülsiyonlar .....	31
Şekil 2.6. Kaplama uygulama yöntemleri.....	44
Şekil 2.7. Vakum emdirim sistemi .....	45
Şekil 2.8. Vakum emdirim mekanizması.....	46
Şekil 3.1. Deneme deseni.....	52
Şekil 3.2. Çiya müsilağı hazırlama aşamaları.....	54
Şekil 3.3. Nanoemülsiyon çözeltilerin hazırlanması .....	56
Şekil 3.4. Hindi göğüs etlerinin kaplama ve ambalajlama aşamaları .....	58
Şekil 3.5. Hindi göğüs etlerinin kaplama ve ambalajlama aşamaları .....	59
Şekil 4.1. Gallik asit çözeltisi standart eğri grafiği.....	75
Şekil 4.2. Kaplama çözeltilerin viskozite ve frekans taraması .....	79
Şekil 4.3. Kaplama çözeltilerin FTIR spektrumları.....	81
Şekil 4.4. Kaplama çözeltilerinin disk difüzyon testi .....	84

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**ŞekilSayfa

Şekil 4.5. Kaplama çözeltilerinin farklı yakınlaştırma oranlarındaki mikrografları... 85

Şekil 4.6. Nanoemülsiyon kaplama çözeltiler ile kaplanan hindi etlerin SEM mikrografları ..... 128

Şekil 4.7. Depolama boyunca tanımlayıcı duyuşal değerlendirme ..... 137



**ÇİZELGELER DİZİNİ**

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Nanoemülsiyon sistemlerinin et endüstrisinde film/kaplama olarak kullanımı.....	33
Çizelge 2.2. Et ve su ürünlerinde vakum emdirim tekniğinin uygulanmasına yönelik güncel araştırmalar.....	47
Çizelge 3.1. Deneme kapsamında uygulanan analizler .....	60
Çizelge 4.1. Kaplama çözeltilerinin pH değerleri .....	72
Çizelge 4.2. Kaplama çözeltilerin renk değerleri .....	73
Çizelge 4.3. Kaplama çözeltilerin TAA değerleri ve toplam fenolik madde miktarı .	74
Çizelge 4.4. Kaplama çözeltilerin damlacık çapı, PDI ve zeta potansiyeli .....	76
Çizelge 4.5. Kaplanmış hindi etinin kimyasal kompozisyonu ve kaplama verimi.....	88
Çizelge 4.6. Depolama boyunca pH değerleri .....	93
Çizelge 4.7. Hindi göğüs eti örneklerinin depolama boyunca su tutma kapasitesi değerleri (%) .....	95
Çizelge 4.8. Hindi göğüs eti örneklerinin suda çözünürlük indeksi .....	96
Çizelge 4.9. Depolama boyunca örneklerin ambalaja sızıntı miktarı .....	98
Çizelge 4.10. Depolama boyunca kaplanmış hindi etlerin L* değerleri.....	100
Çizelge 4.11. Depolama süresince kaplanan hindi göğüs etlerinin a* değerleri .....	101
Çizelge 4.12. Depolama boyunca kaplanmış hindi etlerinin b* değerleri.....	102
Çizelge 4.13. Kaplanmış hindi etlerin peroksit değerleri .....	104

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.14. Kaplanmış hindi etlerin TBARS değerleri.....	106
Çizelge 4.15. Kaplanmış hindi etlerin Karbonil miktarı.....	109
Çizelge 4.16. Kaplanmış hindi etlerin sülfidril miktarı .....	112
Çizelge 4.17. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayıları .....	114
Çizelge 4.18. Toplam psikrotrofik bakteri sayısı .....	114
Çizelge 4.19. Küf ve maya sonuçları .....	115
Çizelge 4.20. Kaplanmış hindi etlerin TVB-N değerleri .....	122
Çizelge 4.21. Hindi göğüs eti örneklerinin depolama boyunca tekstür profil analiz sonuçları.....	125
Çizelge 4.22. Depolama boyunca kaplanan hindi etlerin sululuk değerleri.....	130
Çizelge 4.23. Depolama boyunca kaplanan hindi etlerin duyusal değerlendirmesi .	134

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

<u>Simge/Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
L*	Renk parlaklık değeri
a*	Renk kırmızılık değeri
b*	Renk sarılık değeri
a <sub>w</sub>	Su aktivitesi
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
N <sub>2</sub>	Azot
Rpm	Round per minute (devir/dakika)
dk	Dakika
g	Gram
Kg	Kilogram
mg	Miligram
µg	Mikrogram
ml	Mililitre
µl	Mikrolitre

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

<u>Simge/Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
Nmol	Nanomol
cm	Santimetre
mm	Milimetre
m	Metre
ppm	Parts per million (milyonda bir)
N	Newton
M	Molar
Mpa	Megapaskal
TAMB	Toplam aerobik mezofilik bakteri
PTC	Toplam psikrotrofik bakteri sayısı
MAP	Modifiye atmosfer paketlenme
STK	Su tutma kapasitesi
kob	Koloni oluşturan birim
TBARS	Tiyobarbütirik asit reaktif maddeleri

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

<u>Simge/Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
MA	Malonaldehit
TVB-N	Toplam uçucu bazik-azot
TEM	Taramalı elektron mikroskobu
LC PUFA	Uzun zincirli çoklu doymamış yağ asidi
PDCAAS	Protein sindirilebilirliği düzeltilmiş amino asit skoru
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
US-FDA	Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi
EY	Esansiyel yağı
GRAS	Genel olarak güvenli olarak kabul edilir
VE	Vakum emdirim
ATP	Adenosine triphosphate
TCA	Trikarboksilik Asit

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

<u>Simge/Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
DFD	Dark, firm, dry
PSE	Pale, soft, exudative
PA	Poliamid
PE	Polietilen
BPA	Bisphenol A





## 1. GİRİŞ

Hindi eti, insan beslenmesi için gerekli olan amino asitleri içeren, B grubu vitaminlerince zengin, yağ oranı oldukça düşük ve yüksek miktarda çoklu doymamış yağ asitlerini (Polyunsaturated Fatty Acids:PUFA) barındıran, kolay sindirilebilen, yüksek besleyici değere sahip bir hayvansal protein kaynağıdır (Al-Baidhani and Al-Qutaifi, 2021). Sağlıklı beslenme konusunda titizlik gösteren tüketiciler tarafından son yıllarda kırmızı et yerine tercih edilirliliği artan hindi eti aynı zamanda kırmızı etten daha ekonomik bir et kaynağıdır. Sağlıklı ve ekonomik bir et olmasına rağmen hindi eti tüketimi ülkemizde oldukça düşüktür, Türkiye İstatistik Kurumunun güncel verilerine göre 2023'te Türkiye'de kişi başına yıllık hindi eti üretimi 540 gr olup, 2024 yılın Ocak-Şubat aylarında %32,2 oranında artış göstermiştir (TÜİK, 2024). Tüketimin arttırılması, hindi etinin tüketiciye sağlıklı beslenmedeki öneminin vurgulanması ve ürün yelpazesinin geliştirilmesi ile mümkün olabilir.

Hindi eti, kırmızı ete göre bozulmaya karşı daha hassastır, mikrobiyal gelişme ve yağ/protein oksidasyonu taze hindi etinin raf ömrünü kısıtlayan faktörlerdir. Çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu, et ve et ürünlerinde istenmeyen lezzet, aroma ve renk değişimine neden olmanın yanı sıra toksik bileşiklerin de oluşumuna yol açmaktadır. Bu nedenle, hindi eti gibi besin değeri yüksek gıdaların paketlenme ve ambalajlanmasında çeşitli yöntemlerin kullanımı, ürünün raf ömrünü artırmak ve meydana gelebilecek kontaminasyonları önlemek bakımından büyük önem taşımaktadır (Mojaddar Langroodi et al., 2021).

Et ve et ürünlerinde kalite değişimlerini yavaşlatmak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla doğal ve çevre dostu malzemeler ile hazırlanan kaplama tekniğinin kullanılmasının son yıllarda yaygınlaştığı görülmektedir. Yenilebilir film ve kaplamalar; gıdalarda kalite kayıplarını önlemek ve raf ömrünü uzatmak amacıyla gıdanın yüzeyinde ya da gıda bileşenleri arasında oluşmuş, ince tabakalı, gıdayla birlikte yenilebilen, sentetik olmayan doğal kaynaklardan elde edilen maddelerdir (Oğuzhan ve Yangılar, 2016). Yenilebilir kaplama, gıda ile dış ortam arasında bir bariyer oluşturmak için gıda yüzeyine uygulanan ve tüm ürünün bir parçası olarak

yenebilen ince bir tabaka olarak tanımlanmıştır. İdeal yenilebilir kaplama, gıda yüzeyinden nem kaybını azaltabilen ve gaz değişimine bir bariyer görevi görerek etin etrafındaki atmosferi değiştirebilen ve su hareketine karşı kısmi bir bariyer sağlayabilen bir tabakadır (Maringgal et al., 2020). Yenilebilir kaplamalar gıdaların kalitesini koruma ve raf ömrünü uzatma işlevine sahiptir; kaplama malzemesi, taze etin veya kaplanacak gıda ürününün kaplama çözeltisine daldırılması veya ürün üzerine püskürtülmesi veya yayılması yoluyla uygulanır (Maringgal et al., 2020).

Vakum emdirim (VE); çeşitli malzemelerin, tuz, bağlayıcı ajanlar, kaplama malzemeleri, antioksidanlar ve antimikrobiyal ajanlar gibi, çeşitli ürünlere enjekte edilmesini kolaylaştırmak amacıyla gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. VE tekniği, değişen basınç seviyelerini kullanarak hayvansal veya bitkisel dokuların gözenekleri arasındaki kütle transferini artırmada önemli bir rol oynar. Bu teknik, gıda içindeki boşlukları kullanarak maddelerin enjekte edilmesini amaçlar. Kalitenin bozulmasını önlemek için VE tekniğinin kaplama uygulanan gıda ürünlerinde, kaplama çözeltisini gözenekli bir katı matrise entegre etmede oldukça etkili olduğu kanıtlanmıştır, bu uygulama ile daha kalın ve homojen bir kaplama işlemi gerçekleştirmek mümkün olabilmektedir (Panayampadan et al., 2022).

Et ve et ürünlerinde kolajen, jelatin, süt proteinleri, yağlı tohum proteinleri, bitkisel kaynaklardan elde edilen proteinler kaplama materyali olarak kullanılmaktadır. Protein bazlı yenilebilir kaplamaların çoğu iyi hidrofilik özellik göstermekle birlikte zayıf su buharı geçirgenliğine sahiptirler, neme karşı oldukça hassastırlar (Ju et al., 2019). Lipit bazlı kaplamalarda genellikle mum, açıl gliserol veya yağ asitleri kullanılır. Bu tür hidrofobik yenilebilir kaplamalar, depolama sırasında gıda kalitesi üzerindeki su, ışık, oksijen ve diğer dış faktörlerin etkilerini azaltmaya yardımcı olmakla birlikte, aynı zamanda gıdanın su buharlaşma oranını da azaltabilir. Olumsuz yönleri ise, bu kaplamalar genellikle üretimlerinde solvent veya yüksek sıcaklık gerektirir ve zayıf mekanik özellikler sergilerler (Bhagath and Manjula, 2019; Yousuf and Srivastava, 2017). Bu kaplamaların etkinliğini artırmak amacıyla antioksidan ve antimikrobiyal katkı maddeleri kullanılmaktadır. Özellikle kanatlı eti ve diğer yüksek bozulma riski taşıyan gıdalarda, oksidatif bozulmayı ve mikrobiyal kontaminasyonu

engellemek için yenilebilir kaplamalar önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır (Song et al., 2021). Antioksidan katkı maddeleri, gıdalardaki lipid oksidasyonunu geciktirerek tat, renk ve besin değerinin korunmasına yardımcı olur. Bitkisel kaynaklı doğal antioksidanlar (örneğin adaçayı, biberiye, kekik, yeşil çay ekstraktları ve C vitamini gibi bileşikler) serbest radikallerle reaksiyona girerek oksidasyon sürecini yavaşlatır (Akbari, et al., 2022; Kumar et al., 2015). Bu bileşenlerin nanoemülsiyon formunda kaplamalara entegre edilmesi, aktif bileşenlerin daha iyi dağılımını sağlayarak etkinliklerini artırır. Böylece oksijen ile temasın azaltılması ve oksidatif bozulmanın önlenmesi sayesinde gıdaların raf ömrü uzatılabilir (Guo, et al., 2021; Bush, et al., 2019).

Antimikrobiyal katkı maddeleri ise mikroorganizmaların gelişimini engelleyerek gıda güvenliğini artırır. Esansiyel yağlar (örneğin kekik, tarçın, nane, karanfil, adaçayı ve limon), organik asitler (sitrik asit, laktik asit), peptitler (lizozim, nisin) ve biyopolimer bazlı antimikrobiyaller yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bileşenler, mikroorganizmaların hücre zarlarını bozarak veya metabolik süreçlerini kesintiye uğratarak etki gösterir (Fadiji, et al., 2023). Özellikle nanoemülsiyon teknolojisi ile formüle edilen antimikrobiyal bileşikler, kaplamalarda daha homojen dağılım sağlayarak patojen mikroorganizmaların gelişimini daha etkili bir şekilde baskılayabilir (Sun, et al., 2021). Sonuç olarak, yenilebilir kaplamalarda antioksidan ve antimikrobiyal katkı maddelerinin kullanımı, gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmak, oksidatif ve mikrobiyal bozulmayı engellemek açısından önemli bir strateji olarak değerlendirilmektedir. Doğal bileşenlerin bu kaplamalara entegre edilmesi, tüketiciler için daha sağlıklı ve sürdürülebilir bir koruma yöntemi sunarken, gıda endüstrisinde kimyasal koruyuculara olan bağımlılığı da azaltmaktadır (Deshmukh, et al., 2024).

Çiya (*Salvia hispanica L.*), *Lamiaceae* ailesine ait, kökeni Orta ve Güney Amerika olan tek yıllık otsu bir bitkidir. Küçük, parlak yüzeyle ve farklı renklerde olabilen tohumları yüksek besin değerine sahiptir; %21,5 protein, %21,69 yağ ve yüksek oranda omega-3 yağ asidi (alfa-linolenik asit) içerir. Aynı zamanda lif, antioksidanlar ve kalsiyum, magnezyum, fosfor gibi mineraller bakımından zengin olup sindirim sistemi, kalp sağlığı ve kan şekeri dengesi üzerinde olumlu etkiler

gösterebilir (Kulczyński, et al. 2019). Çiya tohumundan elde edilen müsilaj, gıda endüstrisinde besleyici, fonksiyonel ve farmasötik bir malzeme olarak büyük potansiyele sahiptir. Çiya tohumları su ile temas ettiğinde, oldukça şeffaf ve kalın bir çözelti salgılar ve bu çözelti tohum kabuğuna yapışır ve müsilaj oluşturur. Oluşan bu müsilaj düşük su buharı geçirgenliği ve yüksek gerilme mukavemeti gibi sahip olduğu fonksiyonel özellikler nedeniyle yenilebilir kaplamalar ve filmlerin üretilmesinde yenilikçi bir kaynak olarak değerlendirilmektedir (Akhavan et al., 2022; Brüttsch et al., 2019). Ayrıca araştırmalar, çiya müsilajı ile kaplama işleminin ürünlerin uzun raf ömrüne katkı sağlayabileceğini göstermiştir (Çoban ve Ergür, 2020).

Emülsiyonlar, ilaç, kozmetik, gıda gibi birçok uygulamalı alanın geliştirilmesi için kullanılan bir sistemlerdir. Emülsiyonlar, su-yağ dağılımlı sistemler olup termodinamik olarak kararsızdır ve dış kuvvetler ve/veya bozucuların etkisiyle ayrılma eğilimindedir. Emülsiyonların ömrünün tahmin edilmesi ve mikro yapılarının özel olarak tasarlanması, emülsiyonların üretildiği ve kullanıldığı teknolojik alanlar için temel öneme sahiptir (Ravera et al., 2021). Nanoemülsiyonlar şeffaf veya yarı saydam sistemlerdir ve yağ damlacık boyutu 100-600 nm aralığındadır ve sütsü bir görünüme sahiptir, bu da bu tip emülsiyonları kinetik olarak daha kararlı yapar (Alavi et al., 2020; Keykhosravy et al., 2020). Nanoemülsiyonlar yüksek enerjili veya düşük enerjili teknikler kullanılarak üretilmektedir (Sneha and Kumar, 2022). Nanoemülsiyonların optik şeffaflığı ve kinetik stabilitesi, bileşimi, sıcaklık ve basınç gibi termodinamik koşullara ve ayrıca hazırlama yöntemlerine bağlıdır (Esquena and Solans, 1998). Bu nedenle, farklı hazırlama teknikleri kullanılarak belirli damlacık boyutlarına sahip nanoemülsiyonları hazırlamak mümkündür. Nanoemülsiyon sistemlerinin avantajları düşük miktarda dispers faz kullanımı, biyoyararlılığı artırılması, biyoaktif bileşenin daha uzun süre aktivite göstermesi, hedefe özel, etkili ve kontrollü salınımı sayılabilir (Sutradhar and Amin, 2013). Bu avantajlarından dolayı nanoemülsiyonlar sağlık, kozmetik, gıda, zirai kimyasallar, farmasötikler ve biyoteknoloji gibi farklı alanlardaki temel çalışmalar ve uygulamalar için büyük ilgi görmektedir.

Adaçayı (*Salvia officinalis L.*), *Lamiaceae* familyasına ait aromatik bir bitki olup, tıbbi özellikleriyle bilinmektedir. Adaçayının güçlü antibakteriyel, antifungal ve antioksidan özelliklere sahip olduğu çeşitli araştırmalar ile ortaya konulmuştur (Yazgan, 2020; Walch et al., 2011). Adaçayı esansiyel yağı; *Salmonella enterica*'nın inhibisyonu ve potansiyel bir antimikrobiyal madde olma özelliği, A, C ve E vitaminlerinden de kaynaklanmaktadır. Çeşitli kaplama malzemelerinin et ürünlerinde kullanıldığına dair birçok çalışma olmasına rağmen (Smaoui et al., 2022; Gagaoua et al., 2021), çiya müsilağı ve adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon kaplama çözeltisi ile daldırma ve vakum emdirim uygulaması kullanarak, hindi etinde kaplama malzemesi ve kaplamayı uygulanan yöntem olarak kullanıldığına dair herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu tez çalışmasında, çiya müsilağı ve farklı oranlarda adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon çözeltileriyle hindi etinin kaplanması için daldırma ve vakum emdirim tekniği kullanılarak, ürünün raf ömrünün uzatılması, teknolojik, duyusal, oksidatif ve mikrobiyolojik özelliklerinin yanı sıra taze et kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Örneklerin +1°C'de 12 gün boyunca depolama süresince lipit ve protein oksidasyonu ile mikrobiyal gelişme üzerindeki etkileri incelenmiştir.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1. Hindi Etinin Beslenmedeki Önemi

Kanatlı eti üretimi, küresel et üretiminin yaklaşık %36'sını temsil etmektedir (Gálvez et al., 2020). Hindi eti, hem ekonomik hem de besin değeri açısından önemli bir gıda kaynağı olup, dünya genelinde farklı bölgelerde yaygın olarak tüketilmektedir. Günümüzde sağlıklı beslenme giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu nedenle, düşük kolesterol ve yağ içeriğine sahip besinler tercih edilmektedir. Hindi eti, kendine özgü lezzeti, aroması ve yüksek kalitesi sayesinde bu gereksinimlere uygun ve ideal bir besin olarak öne çıkmaktadır. Yüksek kaliteli hayvansal protein içeriğinin yanı sıra, fosfor, B grubu vitaminleri ve çeşitli mineraller bakımından zengin bir kaynaktır (Baggio et al., 2002). Hipoalerjenik, besleyici ve güvenilir bir gıda olarak sağlıklı beslenme alışkanlıklarında önemli bir rol oynar (Lisitsyn et al., 2018). Özellikle B grubu vitaminleri açısından zengin olması, anemiye karşı koruyucu etkisinin yanı sıra kardiyovasküler ve sinir sistemlerinin düzenli çalışmasına katkı sağlamaktadır (Amirkhanov et al., 2017).

Hindi eti tüketimi dünya çapında sürekli artış göstermektedir. Son 20 yılda, kümes hayvancılığı küresel olarak hızla gelişmiş olup, bu büyüme, üretimin ekonomik açıdan verimli olması ve kanatlı et ürünlerinin (yumurta ve et) yüksek biyolojik değer taşımasıyla ilişkilendirilmektedir. Hindi eti, gün geçtikçe daha fazla tercih edilen bir kanatlı eti olarak öne çıkmaktadır (Hristakieva, 2021). Hindi eti, kırmızı ete kıyasla oldukça düşük yağ içeriğine sahiptir. Bunun temel sebebi, yağın büyük oranda deri altında bulunmasıdır. Bu nedenle, deri tüketilmediğinde alınan yağ miktarı önemli ölçüde azalır. Kolesterol bakımından değerlendirildiğinde, 100 gr sığır eti 68 mg, koyun eti 71 mg kolesterol içerirken, hindi etinde bu miktar 65 mg'dır. Ayrıca, hindi eti sığır ve domuz etine göre daha fazla doymamış yağ asidi içerirken, sodyum oranı da düşüktür. Bu özellikleri sayesinde, tuz tüketiminin sınırlandırıldığı diyetler için ideal bir protein kaynağıdır. Buna ek olarak, hindi eti; tiamin, pantotenik asit, riboflavin, B5, B12 ve A vitamini açısından zengin bir besindir (Elmas ve Koç, 2020)

Hindi etinin besin değeri, içerdiği temel amino asitlerin miktarı, oranı ve vücut tarafından kolay sindirilebilirliği ile belirlenmektedir. Hindi eti, özellikle lizin başta olmak üzere, alanin, serin, aspartik asit, metiyonin, glutamik asit ve tirozin gibi aminoasitler bakımından oldukça zengindir. Yüksek besleyici içeriği, lezzeti ve pratik kullanımı sayesinde diğer et türlerine kıyasla avantajlı bir konumdadır (Hristakieva, 2021; Elmas ve Koç, 2020). İçerdiği protein oranı %28 olup, diğer kanatlılara kıyasla (%14-18) oldukça yüksektir. Yağ oranı ise %2-5 arasında değişmektedir. Aynı zamanda B grubu vitaminleri açısından zengin olup, diğer et türlerine kıyasla en düşük kolesterol seviyesine sahiptir (Amirkhanov et al., 2017; Okuskhanova et al., 2017). Derisiz hindi göğüs eti, düşük yağ içeriğine sahiptir ve yaklaşık %1 oranında yağ içerir (Mikulski ve ark., 2012).

Et ve et ürünleri, proteinler, vitaminler, mineraller ve diğer mikro besinler açısından oldukça zengin bir besin kaynağıdır ve dünya genelinde taze olarak ya da sosis, köfte, hamburger gibi işlenmiş ürünler şeklinde yaygın şekilde tüketilmektedir. Ancak yüksek besin değeri, su aktivitesi, doymamış yağ asidi içeriği, pH dengesi, hem pigmentleri, metal katalizörler ve çeşitli oksitleyici ajanlar nedeniyle bozulmaya karşı hassastır (Ayranci et al., 2020). Bu hassasiyet, etin raf ömrünü kısaltan, duyuşal özelliklerini (lezzet, renk ve koku) olumsuz yönde etkileyen ve besin değerini azaltan önemli bir kalite sorunudur (Ruiz-Hernández et al., 2023).

## **2.2. Et ve Et Ürünlerinde Oksidatif ve Mikrobiyal Bozulma: Mekanizmalar ve Etkileyen Faktörler**

Etin raf ömrünü etkileyen başlıca faktörler; oksijen varlığı, depolama sıcaklığı, endojen enzimler, ışığa maruz kalma ve mikroorganizmalardır. Bu faktörler, etin bozulmasına ve raf ömrünün azalmasına neden olur. Taze etin bozulması temelde üç ana mekanizmaya dayanmaktadır: mikrobiyal bozulma, lipit ve protein oksidasyonu, ve otolitik enzimatik bozulma (Lanza et al., 2021). Bu süreçler; pH değişiklikleri, görünüm bozuklukları, mukus oluşumu ve yapısal bileşenlerin bozulmasına yol açarak biyojenik aminlerin ve uçucu organik bileşiklerin üretimini tetikler (Habibi, et al., 2024; Zhu, et al., 2024; Wang, et al., 2021).

Lipit ve protein oksidasyonu ile mikrobiyal bozulma, etin raf ömrünün uzatılması ve kalite kaybının önlenmesi için farklı yöntemler; düşük sıcaklıkla koruma, ışınlama, vakumla paketlenme, kimyasal koruyucular, esansiyel yağlar ve ısısal olmayan teknolojiler gibi etkili müdahale ve teknikler gerektirir (Zhu, et al., 2024). Depolama ve işleme süreçleri sırasında gerçekleşen bu bozulma süreçleri, protein yapısında değişikliklere neden olarak istenmeyen tat ve kokulara sebep olmaktadır. Tüm bu olumsuz değişimler, tüketicilerin algısını ve memnuniyetini olumsuz etkilerken, üreticiler açısından ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Ruelas-Chacon et al., 2020). Bu nedenlerle, etin oksidatif ve mikrobiyal bozulmasını en aza indirmek amacıyla uygun depolama koşullarının sağlanması, yenilikçi koruma tekniklerinin uygulanması ve etkili gıda güvenliği stratejilerinin benimsenmesi büyük önem taşımaktadır.

### 2.2.1 Oksidatif reaksiyonlar

Lipit oksidasyonu, et ürünlerinde kalite kaybına yol açan ve çeşitli mekanizmalarla ilerleyen bir süreçtir. Temel olarak üç farklı şekilde meydana gelir: foto-oksidasyon, enzimatik oksidasyon ve oto-oksidasyon (Dominguez et al., 2019).

Foto-oksidasyon, ışık, ışığa duyarlı bileşikler ve oksijenin etkileşimiyle ortaya çıkar. Enzimatik oksidasyon, lipoksijenaz ve siklooksijenaz enzimleri tarafından katalize edilerek özellikle uzun zincirli omega-3 ve omega-6 yağ asitlerinden türeyen eikosanoidlerin biyolojik sistemlerde oluşumuna katkıda bulunur. Oto-oksidasyon ise serbest radikal reaksiyonlarıyla ilerler ve bu süreç, etin duyuusal ve besinsel özelliklerinde bozulmalara neden olur. Kötü koku oluşumu, toksik bileşiklerin birikimi ve fonksiyonel özelliklerin kaybı oto-oksidasyonun başlıca olumsuz etkilerindedir (Huang and Ahn, 2019). Bu üç mekanizma arasında oto-oksidasyon, sürekli bir serbest radikal zincir reaksiyonu ile ilerlediğinden, etlerde lipit oksidasyonunun en önemli süreci olarak kabul edilir. Foto-oksidasyon ve enzimatik oksidasyon ise özellikle hidroperoksitlerin başlangıç aşamasında oto-oksidasyondan farklılık gösterir (Dominguez et al., 2019). Oto-oksidasyon üç temel aşamada gerçekleşir: başlatma, yayılma ve sonlanma (Králová, 2015).

Başlatma aşaması, ışık ( $h\nu$ ), oksijen veya metal katalizörlerin ( $Mn^{+}$ ) etkisiyle gerçekleşen serbest radikal oluşum sürecidir. Bu süreçte, substrattan bir hidrojen atomu koparak serbest radikal ( $R\bullet$ ) meydana gelir. Serbest radikal, doymamış yağ asitleri, antioksidanlar veya oksidasyona yatkın bileşiklerden oluşabilir. Başlatma genellikle yavaş ilerler ve substrat bütünlüğüne önemli bir zarar vermez. Tek başına peroksil radikalleri ( $ROO\bullet$ ) üretmez, ancak ışık, oksijen ve geçiş metallerinin bir arada bulunması durumunda bu türlerin oluşumu hızlanır. Yayılma aşaması, peroksil radikalinin ( $ROO\bullet$ ) başka bir substrattan hidrojen atomu kopararak hidroperoksitleri ( $ROOH$ ) oluşturduğu zincir reaksiyonlarını içerir. Oksijen tüketimiyle daha fazla radikal, peroksit ve hidroperoksit oluşur. Oksidasyonun erken safhalarında hidroperoksitler baskın ürünlerdir. Hidrojen koparma reaksiyonları, substratın yapısına ve kırılan bağın gücüne bağlı olarak değişir ve antioksidanlar tarafından yavaşlatılabilir veya pro-oksidanlar tarafından hızlandırılabilir. Yayılmanın ilerleyen aşamalarında, hidroperoksitler metal katalizörler aracılığıyla parçalanarak serbest radikallerin, peroksil ( $ROO\bullet$ ) ve alkoksil ( $RO\bullet$ ) radikallerinin miktarını artırır. Bu ara bileşikler, aldehitler ve ketonlar gibi ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşerek oksidasyon sürecini devam ettirir. Zincir reaksiyonlar, substrat veya antioksidan konsantrasyonu azaldığında ve peroksitler birbirleriyle etkileşime girerek inaktif, stabil yan ürünlere dönüştüğünde sona erer. Sonlanma aşamasında, peroksil radikalleri birbirleriyle reaksiyona girerek stabil bileşiklere dönüşür ve zincir reaksiyon durur. Lipit oksidasyonu, et ürünlerinde duyusal ve besinsel kaliteyi olumsuz etkilediğinden, bu sürecin kontrol edilmesi gıda endüstrisinde büyük önem taşır (Musakhanian, et al., 2022; Dominguez ve ark., 2019).

Et ve et ürünlerindeki lipitlerin oksidasyonu, çeşitli iç ve dış faktörler tarafından teşvik edilir. İç faktörler arasında yağ asitlerinin doymamışlık derecesi, pH seviyeleri ve pro-oksidan ile antioksidan dengesindeki değişiklikler bulunur (Sabuncular et al., 2021). Ayrıca, yüksek pro-oksidan konsantrasyonları (örneğin hem türleri) ve işleme sırasında et karışımlarına eklenen moleküler oksijen de etkili olabilir. Dış faktörler ise ışığa maruz kalma, yüksek sıcaklıklar ve eklenen yüksek tuz ( $NaCl$ ) konsantrasyonlarıdır. Lipit oksidasyonu, serbest radikal zincir reaksiyonları ile başlar

ve yayılır. Bu serbest radikaller, reaktif bileşiklerin varlığı, oksijene maruz kalma ve hücrel bozulma gibi etmenler tarafından artırılır. Hidroperoksitler oluştuğunda, bozulma reaksiyonları başlar ve bu süreç, ketonlar, alkoller, asitler ve aldehitler gibi istenmeyen uçucu bileşiklerin ortaya çıkmasına neden olur (Jacinto-Valderrama et al., 2023).

Protein oksidasyonu oluşum mekanizması lipit oksidasyon reaksiyonlarıyla benzerlik gösterir. İlk aşamada, hidroperoksitler, aldehitler, OH, O<sub>2</sub> ve ROO gibi reaktif oksijen ve azot türleri, demir ve bakır gibi metaller ve amino asitlerden hidrojen atomu ayrılması protein radikallerinin oluşmasına neden olur (Kehm, et al., 2021). Bu reaksiyonlar protein radikallerinin OH iyonlarıyla bağlanmasıyla sonuçlanır ve bu da su (H<sub>2</sub>O) oluşumuna yol açar. Üretilen protein radikali oksijenle reaksiyona girerek protein peroksil radikallerine (POO•) yol açar, bunlar daha sonra hidrojen atomları edinerek protein hidroperoksitler (POOH) ve yeni protein radikalleri (P•) oluşturur. Kararsızlığı nedeniyle hidroperoksitler hızla alkoksi radikallerine (PO•) ve hidroksil radikallerine (HO•) ayrışır. Bu, belirli amino asit kalıntılarının karbonil bileşiklerine dönüşmesiyle sonuçlanır. Prolin, arginin, lizin ve treonin gibi belirli amino asit kalıntılarında meydana gelen değişiklikler, protein oksidasyonunun bir sonucu olarak meydana gelir ve karbonil içeriğinde bir artışa yol açar (Domínguez et al., 2022; Serdaroğlu, 2023). Oksidasyon yoluyla disülfür bağları ve ditirozin köprülerinin oluşumu nedeniyle sülfidril ve tirozin içeriğinde azalmalar gözlemlenmektedir (Ergezer et al., 2016).

Protein oksidasyonu, proteinlerin karakterinde değişikliklere yol açar, bu değişiklikler arasında parçalanma, agregasyon, çözünürlük kaybı, işlevsellikte azalma ve proteolize karşı duyarlılığın düşmesi yer alır. Proteinlerin değişime uğraması, istenmeyen tatların ortaya çıkmasına ve etin renginin bozulmasına neden olabilir (Domínguez et al., 2021). Bu tür duyusal değişiklikler, et ürünlerinin kabul edilebilirliğini düşürür. Oksidatif bozulma ve karbonil bileşenlerin üretimi, çapraz bağlanma (disülfür bağları oluşumu) veya kükürt içeren türevlerin (sülfon, sülfoksit ve disülfür türevleri) üretimi, protein sindirilebilirliğini etkileyerek et ürünlerinin besin değerini olumsuz yönde etkiler (Nawaz, et al., 2022). Protein oksidasyonu, etteki tiyol

grubunun konsantrasyonunu Ellman reaktifi (5,5'-ditiobis-(2-nitrobenzoik asit) veya DTNB), kütle spektrometrisi, karbonil ve metmiyogloblin içerikleri aracılığıyla belirlenebilir (Jacinto-Valderrama et al., 2023).

## 2.2.2 Mikrobiyal bozulma

Oksidasyon reaksiyonlarıyla birlikte, mikrobiyal bozulma da etin kalitesinin düşmesi ve raf ömrünün kısılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Et, temel besin öğeleri açısından zengin olmakla birlikte, çabuk bozulabilen bir yapıya sahiptir. Soğutulmuş taze et genellikle kısa bir raf ömrüne sahiptir. Kanatlı eti, kırmızı ete kıyasla daha fazla doymamış yağ asidi içerdiğinden oksidasyona daha duyarlıdır. Ayrıca, daha yüksek pH ve su aktivitesine sahip olması, mikroorganizmaların üremesini kolaylaştırır. Kas yapısının daha gevşek olması bakterilerin daha hızlı yayılmasına neden olmaktadır (Nethra et al. , 2023; Amaral, et al., 2018). Kanatlı etlerinin mikrobiyolojik kontaminasyonu, hayvanların yetiştirilme, taşınma, kesim, işleme ve depolama süreçlerinde bulunan ortamlardan etkilenir ( Perez-Arnedo et al., 2021; Hardy et al., 2013). Kanatlı etinin mikrobiyolojik yapısı, *Pseudomonas spp.*, *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus spp.*, *Brochotrix thermosphacta*, *Acinetobacter*, laktik asit bakterileri ve *Aeromonas spp.* gibi çeşitli bakteri türlerinden oluşur. Kanatlı etiyle ilişkili en yaygın bozulma bakterileri ise *Pseudomonas spp.*, laktik asit bakterileri, *B. thermosphacta* ve *Enterobacteriaceae*'dir (Martínez-Laorden et al., 2023). Kesim sırasında et üzerinde bulunan mikroflora, genellikle mezofilik mikroorganizmalardan oluşur. Ancak, soğutma aşamasında bu mikroflora, psikrotrofik mikroorganizmalara doğru bir değişim gösterir. Ayrıca, *Candida*, *Cryptococcus* ve *Rhodotorula* gibi maya ve küf türleri de taze etin yüzeyini geliştirebilir. Hindi eti, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Campylobacter spp.*, *Clostridium perfringens* ve *Listeria monocytogenes* gibi patojenlerin salgınlarıyla ilişkilendirilmiştir (Martínez-Laorden et al., 2023). Hindi etindeki bozulmaya neden olan mikroorganizmalar arasında *Pseudomonas spp.*, önemli bir endişe kaynağıdır. Bu psikrotrofik bakteriler, soğutma koşullarında ve pH 6,5 ila 8,0 arasında aktif olup, hindi proteinini hidrolize eden ve bozulmaya neden olan proteinazlar üretirler (Carrizosa et al., 2017; Lee et al., 2017). *Pseudomonas spp.* gibi bozulma bakterileri, hindi etinde glikozu besin olarak

kullanır ve bu besin tükendiğinde mevcut amino asitleri tüketirler. Normal pH koşullarında, soğuk depolama sırasında popülasyonlarını 7,6 ila 8,2 saat içinde iki katına çıkarabilirler. Bu bakteriler, yağ fraksiyonlarının bozulması, sertlik kaybı ve jelatinimsi görünümle birlikte yeşil renklenmelere neden olabilir. Bu tür bozulmaları önlemek için antimikrobiyal özellikler taşıyan yenilebilir kaplamalar kullanılarak, ürünün raf ömrü önemli ölçüde uzatılabilir (Garavito et al., 2020).

Et ve et ürünlerinin bozulması, et sektöründe yaklaşık %40 oranında kayba yol açmaktadır. Bu yüzden, etin duyuşal, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyal özelliklerini koruyarak raf ömrünü uzatacak koruma yöntemlerinin kullanılması büyük önem taşır. Önceki araştırmalar, bakteriyel kontaminasyonun etin istenmeyen renk değişiminde önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur. Mikrobiyal gelişim, miyoglobinin oksidasyonuna neden olarak etin renginin bozulmasına yol açar (Wang et al., 2021).

### **2.3. Etin Raf Ömrünü Uzatma Stratejileri**

Etin muhafazasında kullanılan stratejiler, etin raf ömrünü uzatmayı, besin değerini korumayı ve mikroorganizmaların çoğalmasını engellemeyi hedefler. Bu stratejiler, çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler kullanarak etin kalitesini ve güvenliğini sağlamayı amaçlamaktadır. Etin korunmasında kullanılan geleneksel ve modern yöntemler, saklama süresini uzatmanın yanı sıra tüketicilere daha sağlıklı ve güvenli gıda ürünleri sunmayı amaçlamaktadır (Soro, et al., 2021).

En yaygın muhafaza yöntemlerinden biri soğutma ve dondurma işlemidir. Soğutma, etin sıcaklığının 0-4°C arasında tutulmasıyla bakteriyel büyümeyi yavaşlatır ve raf ömrünü birkaç gün uzatır. Daha uzun süreli saklama için kullanılan dondurma yöntemi ise etin -18°C veya daha düşük sıcaklıklarda muhafaza edilmesini sağlar. Bu süreç, mikroorganizmaların çoğalmasını büyük ölçüde yavaşlatsa da, donma ve çözülme sırasında etin dokusunda bazı değişikliklere neden olabilir (Woods, 1999).

Etin korunması için kullanılan bir diğer geleneksel yöntem tuzlama ve kurutma işlemidir. Tuzlama, etin üzerine tuz eklenerek suyun çekilmesini ve

mikroorganizmaların gelişimini engelleyen bir tekniktir. Bu yöntem, etin daha uzun süre saklanmasını sağlar ve salamura işleminde birlikte uygulanabilir. Benzer şekilde, kurutma işlemi de etin nem içeriğini azaltarak bozulmasını önler. Özellikle taşıma ve uzun süreli muhafaza gereken durumlarda kurutulmuş et ürünleri büyük avantaj sağlar (Pittia, and Antonello, 2016).

Bazı işlenmiş et ürünlerinde fermentasyon yöntemi kullanılarak dayanıklılık artırılmaktadır. Örneğin, sucuk gibi ürünlerde uygulanan kontrollü fermentasyon süreci, asidik ortam ve faydalı mikroorganizmalar sayesinde ürünün raf ömrünü uzatırken lezzet profilini de zenginleştirir. Bu yöntem, doğal koruyucuların devreye girmesiyle etin bozulmasını geciktiren biyokimyasal değişiklikler yaratır (Ross, et al., 2002).

Pişirme ve pastörizasyon, etin korunmasında önemli bir rol oynayan yüksek sıcaklık uygulamalarıdır. Pişirme, patojen mikroorganizmaları öldürerek etin güvenli hale gelmesini sağlarken, aşırı sıcaklık kullanımı bazı duyuşsal ve besinsel kayıplara neden olabilir. Pastörizasyon yöntemi ise daha düşük sıcaklıklarda uygulanarak mikroorganizmaların çoğalmasını engellerken besin değerinin korunmasına yardımcı olur (Woods, 1999).

Muhafaza yöntemlerinden bir diğeri de paketleme teknikleridir. Vakumlu ambalajlama, etin çevresindeki oksijenin uzaklaştırılmasıyla oksidasyonu ve mikrobiyal bozulmayı geciktirir. Bu yöntem, etin taze kalmasını sağlarken, raf ömrünü birkaç kat artırabilir. Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP) tekniğinde ise etin paketlenmeden önce bulunduğu atmosferin bileşimi değiştirilir. Oksijen, karbondioksit ve azot gibi gazlar belirli oranlarda kullanılarak etin bozulma süreci geciktirilir. Özellikle oksijen seviyesinin düşürülmesi, etin renk stabilitesini koruyarak tüketici tarafından daha cazip görünmesini sağlar (Lambert et al., 1991).

Kimyasal koruyucuların kullanımı da etin muhafazasında önemli bir stratejidir. Nitrat ve nitritler, özellikle işlenmiş et ürünlerinde etin rengini korumak, oksidasyonu önlemek ve bazı patojenleri öldürmek amacıyla kullanılır. Bunun yanı sıra limon suyu,

sirke ve asetik asit gibi asidik maddeler etin pH seviyesini düşürerek mikrobiyal gelişimi yavaşlatabilir. Ancak, bazı sentetik koruyucuların uzun vadeli sağlık üzerindeki etkileri tartışma konusu olduğundan, doğal alternatiflerin araştırılması giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Nair et al., 2020).

Işınlama etin mikroorganizmalardan arındırılması için kullanılan yenilikçi bir yöntemdir. Gama ışınları gibi radyasyon teknikleri, mikroorganizmaların DNA yapısını bozarak üremelerini engeller. Bu teknik, etin besin değerini kaybetmeden uzun süre korunmasını sağlarken, yaygın kullanımı konusunda tüketiciler arasında bazı endişeler bulunmaktadır (Rodrigues, et al., 2021).

Son yıllarda geliştirilen biyoteknolojik yöntemler ve enzimatik muhafaza teknikleri, etin korunmasına yönelik doğal alternatifler sunmaktadır. Örneğin, etin olgunlaşmasını destekleyen enzimatik uygulamalar, hem lezzeti artırmak hem de mikroorganizmaların çoğalmasını engellemek için kullanılmaktadır. Ayrıca, doğal antimikrobiyal biyolojik katkı maddeleri, etin yüzeyine uygulanarak bozulmayı önleyen biyofilmler oluşturabilir (Kaveh et al., 2023; Bhattacharya et al., 2021).

Bunlara ek olarak, yüksek basınç uygulaması, ohmik ısıtma, dielektrik ısıtma, yüksek yoğunluklu vurgulu ışık, X ışınları ve elektron demetleri gibi yenilikçi muhafaza yöntemleri de giderek daha fazla ilgi görmektedir. Bu modern teknikler, etin besin değerini ve doğal yapısını koruyarak patojen mikroorganizmaları etkisiz hale getirmeyi amaçlamaktadır. Böylece, geleneksel koruyucu yöntemlerin ötesine geçilerek daha sağlıklı ve uzun ömürlü et ürünleri üretmek mümkün hale gelmektedir (Akkara ve Kayaardı, 2014).

Sonuç olarak, etin raf ömrünü uzatmak ve kalite kayıplarını önlemek için farklı fiziksel, kimyasal ve biyolojik muhafaza yöntemleri uygulanmaktadır. Kullanılacak yöntem, etin türüne, işleme yöntemine ve saklama süresine bağlı olarak seçilir. Gıda güvenliğini artırmak ve tüketicilere daha sağlıklı ürünler sunmak için geleneksel ve yenilikçi koruma stratejilerinin entegre edilmesi büyük önem taşımaktadır (Barbut and Leishman, 2022; Yıldırım et al., 2021).

## 2.4. Et ve Et Ürünlerinde Ambalajlama Teknikleri

Gıda ambalajlama; gıda güvenliğini sağlamak, raf ömrünü uzatmak ve tüketiciye kaliteli ürün sunmak açısından büyük önem taşımaktadır. Ambalajın temel işlevleri arasında içerik korunumu, fiziksel, kimyasal ve biyolojik koruma, kullanım kolaylığı ve bilgilendirme yer almaktadır (Garba, A. I., 2023).

Tarih boyunca çeşitli malzemelerle yapılan ambalajlama, modern gıda endüstrisinde gelişmiş teknolojilerle daha fonksiyonel hale getirilmiştir. Günümüzde kullanılan ambalaj sistemleri, gıdaları oksijen, nem, ışık ve mikroorganizmalardan koruyarak besin değerinin korunmasını ve bozulmanın geciktirilmesini sağlar. Aynı zamanda, tüketicilerin ürün hakkında bilgi edinmesini sağlayan etiketler de ambalajın önemli bir bileşenidir (Ebner et al., 2021).

Et ürünlerinin muhafazasında kullanılan ambalajlama yöntemleri arasında vakum paketleme (VP), modifiye atmosfer paketleme (MAP), aktif paketleme, akıllı paketleme ve yenilebilir kaplamalar gibi teknikler bulunmaktadır. Vakum paketleme, etin oksijenle temasını minimuma indirerek mikrobiyal büyümeyi yavaşlatır ve oksidasyonu engeller. Modifiye atmosfer paketleme (MAP), ambalaj içindeki gaz bileşimini değiştirerek bakteri gelişimini kontrol altına alır ve ürünün duyu özelliklerini korur. Aktif ve akıllı ambalajlama sistemleri ise nem, sıcaklık ve mikrobiyal büyümeyi izleyerek tüketicilere daha güvenli gıda ürünleri sunmayı amaçlamaktadır (Arvanitoyannis and Stratakos, 2012; Lambert et al., 1991).

Gıda ambalajlarında kullanılan malzemeler; metal, cam, plastik ve biyobazlı alternatifler olmak üzere çeşitli kategorilere ayrılmaktadır. Metal ambalajlar (çelik, alüminyum), dayanıklılığı ve geri dönüştürülebilirliği ile dikkat çekerken, cam ambalajlar kimyasal olarak inert olmalarına rağmen ağır ve kırılabilir yapıları nedeniyle kullanım açısından bazı dezavantajlar taşımaktadır (Kim, et al., 2014).

Plastik ambalajlar ise hafifliği, düşük maliyeti ve esnekliği nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir. Ancak plastiklerin çevresel etkileri, geri dönüşüm zorlukları

ve potansiyel sağlık riskleri, sentetik polimerlerin kullanımına yönelik ciddi eleştirileri beraberinde getirmiştir (Ebner et al., 2021).

Sentetik ambalajlar, özellikle petrol bazlı polimerlerden türetilen malzemelerden oluşmaktadır ve mükemmel bariyer özellikleri ile et ve et ürünlerinin muhafazasında önemli bir yer tutmaktadır. Bununla birlikte, kimyasal migrasyon ve gıda kontaminasyonu gibi riskler taşımaktadır. Plastik ambalajlardan et ürünlerine geçebilen plastikleştiriciler, stabilizatörler ve diğer katkı maddeleri, insan sağlığı için zararlı olabilir (Wongphan et al., 2024).

Bisfenol A (BPA), ftalatlar ve stiren gibi kimyasallar, özellikle yağlı ve asidik etlerde ambalajdan gıdaya geçiş yaparak sağlık sorunlarına neden olabilir. Bunun yanı sıra, bazı sentetik ambalaj malzemeleri anaerobik ortam oluşturarak *Clostridium botulinum* ve *Listeria monocytogenes* gibi patojenlerin gelişimini teşvik edebilir, bu da gıda kaynaklı hastalık riskini artırır (Muzeza et al., 2023). Sentetik plastiklerin çevresel etkileri de oldukça büyüktür. Biyolojik olarak parçalanmayan plastikler çöp depolarında ve okyanuslarda birikerek ekosisteme zarar vermekte ve plastik atık kirliliğine yol açmaktadır. Atık plastiklerin yakılması sırasında açığa çıkan dioksinler ve furanlar, hava kirliliğine ve iklim değişikliğine katkıda bulunur. Ayrıca, geri dönüşüm süreçlerinin karmaşıklığı ve yetersiz altyapı, plastik atıkların çevrede daha uzun süre kalmasına neden olmaktadır. Dünya genelinde her yıl yaklaşık 300 milyon ton ambalaj malzemesi üretilmekte olup, bunun %39,6'sı petrol türevli plastiklerden oluşmaktadır. Bu durum, sürdürülebilir alternatiflere olan ihtiyacı giderek artırmaktadır (Song et al., 2021)

## 2.5. Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Plastik atıkların çevreye verdiği zarar ve gıda ambalajlarının sürdürülebilirliği konusundaki artan farkındalık, biyobozunur ve yenilebilir ambalajların kullanımını teşvik etmektedir. Araştırmalar, antimikrobiyal bileşenler içerecek şekilde formüle edilen yenilebilir kaplamaların, özellikle et ürünlerinde raf ömrünü uzatmada etkili olduğunu ortaya koymaktadır (Song et al., 2021). Gıda endüstrisinde, az işlenmiş ve

doğal içerikli ürünlere olan talebin artmasıyla birlikte, yenilikçi ambalaj çözümleri giderek daha fazla ilgi görmektedir. Yenilebilir kaplamaların kullanımı yeni bir kavram değildir. 12. yüzyılda Güneydoğu Asya'da balmumu kaplamalar kullanılmış, Japonya'da soya sütü bazlı kaplamalar geliştirilmiştir. 19. yüzyılda ABD'de hayvansal protein bazlı kaplama patentleri alınarak ticari üretime geçilmiştir (Gagaoua et al., 2021). Günümüzde ise yenilikçi ambalajlama teknolojileri, antimikrobiyal ajanların kaplama matrisine entegre edilmesiyle et ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için aktif olarak kullanılmaktadır.

Yenilebilir filmler, ürünleri sarmak veya katmanlar arasında yerleştirmek için hazırlanan, biyolojik makromoleküllerden elde edilen ince yapılı (malzeme tabakası) yapılardır (Andriani and Handayani, 2023; Beyza et al., 2018). Bu filmler/kaplamalar, dış etkenlere (nem, gazlar ve yağlar) karşı bariyer görevi görerek ürünleri korur ve raf ömrünü uzatır. Biyobozunur ve yenilebilir yapıları sayesinde gıda, koruma ve ambalajlama kavramlarını bir araya getirmiştir. Ayrıca, nem kaybını, renk solmasını, lipid oksidasyonunu ve istenmeyen kokuları önler, raf ömrünü uzatır ve et, balık ve türev ürünlere fonksiyonel özellikler kazandırır (Song et al., 2021). Yenilebilir filmler (kalınlık  $< 254 \mu\text{m}$ ) veya tabakalar (kalınlık  $> 254 \mu\text{m}$ ) gıdadan ayrı olarak hazırlanırken, yenilebilir kaplamalar doğrudan gıdanın yüzeyinde oluşturulur. Kalite düşüşünü önlemek ve raf ömrünü uzatmak için etin üzerine doğrudan uygulanan yenilebilir kaplama ile koruyucu bir tabaka oluşturulur. Bu kaplamalar sonraki işlemler sırasında güvenli bir şekilde yenilebilir, yok edilebilir veya yıkanabilir (Janjarasskul and Krochta, 2010).

Nem kaybı, gazlar, sıvı ve katı yağ migrasyonu, çözünen maddelerin taşınması, uçucu bileşiklerin migrasyonu gibi koruma fonksiyonu ve tercih edilen kullanım özellikleri korunur. Bu tip ambalajların amacı raf ömrünü uzatmak ve malzemenin verimliliğini arttırmaktır, sadece kirliliği azaltmakla kalmaz, aynı zamanda besin değerine de katkıda bulunurlar. Heterojen gıdalar için ve yan ürün malzemelerle kombinasyon halinde kullanılabilir. Antimikrobiyal ve antioksidan ajanların taşıyıcıları olabilirler (Cenci-Goga et al., 2020). Bu yöntemde film veya kaplama içerisinde aktif veya kemoaktif maddeler doğrudan polimer matrisine entegre edilir.

Sentetik antioksidanlar, lipit oksidasyonunu geciktirir. ABD Federal Yönetmelikler Kanunu'na göre, gıdalarda kullanılan popüler sentetik antioksidanlar arasında askorbil palmitat, bütillenmiş hidroksitoluen (BHT), bütillenmiş hidroksianisol (BHA), propil gallat (PG) ve tert-büttilhidrokinon (TBHQ) bulunur. Ancak bu bileşiklerin insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olduğu gösterilmiştir. TBHQ gibi bazı sentetik antioksidanlar, potansiyel genotoksik etkileri nedeniyle birçok ülkede yasaklanmış ve kullanım sınırları getirilmiştir. Et ve et ürünlerinde lipit oksidasyonunun ölçülmesinde en yaygın kullanılan yöntemler, sırasıyla hidroperoksit içeriğini belirleyen peroksit değeri (PV) ve malondialdehit içeriğini tespit eden tiyobarbiturik asit reaktif maddeler (TBARS) analizleridir (Jacinto-Valderrama et al., 2023; Ruiz-Hernández et al., 2023).

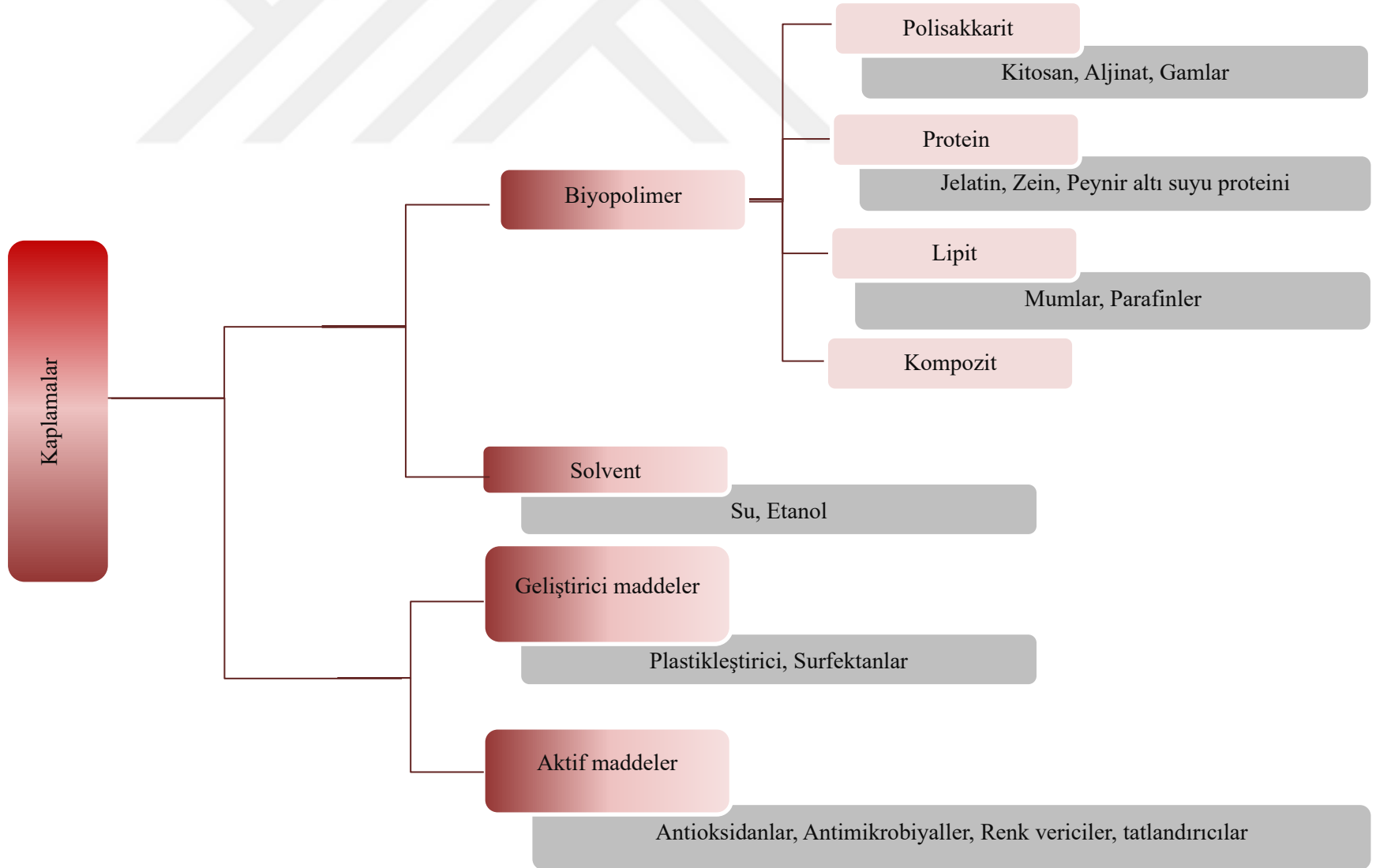
## **2.6. Yenilebilir Kaplamaların Üretiminde Kullanılan Malzemeler**

Polisakkaritler, lipitler, proteinler ve/veya bunların kombinasyonlarını içeren yenilebilir kaplamalar (Şekil 2.1), gıdalar üzerinde ince bir tabaka oluşturarak kalite değişimlerini minimuma indirerek raf ömrünü uzatır (Ju et al., 2019). Protein ve polisakkarit bazlı yenilebilir kaplamalar iyi hidrofilik özellik göstermekle birlikte zayıf su buharı geçirgenliği sergiler ve minimum nem bariyeri sağlar. Lipit bazlı yenilebilir kaplamalar, hidrofobik özelliği nedeniyle depolama sırasında su, ışık, oksijen ve diğer dış faktörlerin gıda kalitesi üzerindeki etkilerini azaltmaya yardımcı olmakla birlikte, aynı zamanda gıdanın su buharlaşma oranını da azaltabilir ancak genellikle kaplama hazırlamada solvent veya yüksek sıcaklık kullanımı gerektirir ve zayıf mekanik özellikler sergilerler (mumlar katı ve kırılabilir kaplamalar oluşturur) (Dehghani et al., 2018).

Bu sebeple diğer kaplama materyallerine göre daha az kullanılmaktadır. Kaplamalar farklı malzemelerden formüle edilebilir ve istenilen özelliklere sahip olabilir. Farklı polisakkaritlerden, proteinlerden ve lipitlerden yapılan kaplamalar, gıdaların oksidatif bozulmasını geciktirmede, bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişimini engellemede ve gıdaların raf ömrünün uzatılmasında başarılı olmuştur (Ju et al., 2019). Araştırılan biyopolimerlerin çoğu ya yenilenebilir

kaynaklardan ya da tarımsal endüstrilerin yan ürünlerinden elde ediliyor (Anis et al., 2021).





Şekil 2.1. Kaplamaların içerdiği malzemeler (Ribeiro et al., 2021)

Yenilebilir kompozit kaplamaların matriksini oluşturmak için polisakkarit ve protein filmlerine yağların dahil edilmesi, kaplamanın nem bariyer özelliklerini iyileştirmede başarılı olmuştur. Hidrofobik yağ bileşeni, hidrofilik polisakkarit ve protein fazı üzerinde sürekli bir tabaka oluşturabilir veya dispers şeklinde hidrofilik matris içinde dağılabilir (Pérez-Gago and Rhim, 2014). Emülsifiye edilmiş kaplamalarda yağ damlacıkları dağılır, protein veya polisakkaritin destekleyici matrisinde hapsedilir. Bununla birlikte normal kaplamalara kıyasla daha iyi mekanik özellikler gösterirler ve artan yağ konsantrasyonu ile ilişkili olarak tutunma özelliğinde hafif bir azalma eğilimi ile yüksek parlaklık değerleri sunar (Galus and Kadzińska, 2015). Yenilebilir kaplamalar, kaplanacak gıda üzerine sıvı formda, bir çözeltiliye daldırarak uygulanır. Yenilebilir kaplamalar, çift tabakalı, nanoemülsiyon veya stabil emülsiyonlar olarak üretilebilir (Akin and Berber, 2021). Şekil 2.2 yenilebilir kaplamaların özellikleri ve avantajlarını göstermektedir.



Şekil 2.2. Yenilebilir kaplama özellikleri ve avantajları (Kumar, 2019)

Yenilebilir kaplama sistemlerinin belirli sınırlamaları vardır ve henüz önemli ölçüde sanayileşme/ticarileşme ve tüketici tarafından kabul görmesi düşüktür. Nano ve biyo-bileşenler hakkında daha fazla araştırma, biyo-polimer ağındaki yeni kavramlar, et ve et ürünlerini korumak için etkili kaplamalar geliştirmeye yönelik yaklaşımların artması gerekmektedir.

### 2.6.1 Yenilebilir kaplamalarda kullanılan doğal polisakkarit maddeler

Polisakkarit bazlı kaplamalar, tarımsal gıda ve ilaç endüstrisinde yenilebilir kaplama oluşumu için yaygın olarak kullanılır. Bu filmler monosakkarit birimlerinden oluşan ve genellikle eter bağının O-glikozidik bağlarıyla birleşen karbonhidratlardır. Biyolojik olarak parçalanabilir, çok kararlı, biyouyumlu, toksik olmayan, hidrofilik ve kolayca modifiye edilebilirler. Polisakkarit bazlı kaplama, nişasta, kitosan, selüloz, aljinat, karragenan ve pektin gibi farklı polisakkarit bileşenlerinden oluşur. Bu bileşenler ekosistemdeki bitki kaynaklarından üretilir. Polisakkarit bazlı bileşenlerin polimer zincirleri, yenilebilir kaplamalar oluşturur. Polisakkaritler, gıda endüstrilerinde kalınlaştırıcı ve jelleştirici maddeler, kristalleşme inhibitörleri, stabilizatörler ve kapsülleme maddeleri olarak ticari olarak kullanılır. Yenilebilir kaplama için kullanılan ana polisakkarit bileşenleri arasında kitosan, pullulan, nişasta, aljinat, karragenan, modifiye selüloz, pektin, jellan zankı ve ksantan zankı gibi maddeler yer almaktadır (Parente et al., 2022; Kumar, 2019).

Hidrokoloidler, gıda ürünlerini daha viskoz ve kararlı hale getirmeleri ve gıda sistemlerinin raf ömrünü uzatmalarıyla bilinir. Bunların temel etkileri, suyla etkileşim ve viskozitedeki değişiklikler gibi reolojik özellikleri değiştirme yetenekleriyle ilişkilidir. Bununla birlikte, belirli hidrokoloidlerin ek işlevselliği gösterilmiştir: "dağılmış katı parçacıkların çökmesinin geciktirilmesi", "yağ damlacıklarının ve köpüklerin kremalaşma oranlarının azaltılması", "dağılmış parçacıkların kümelenmesinin önlenmesi", "yağlar içeren jelleşmiş sistemlerin sinerezinin önlenmesi" ve "yağ damlacıklarının birleşmesinin geciktirilmesi" (Barazandegan, 2022). Yapılarındaki hidroksil gruplarının bolluğu, onları güçlü bir şekilde hidrofilik yapan su bağlama afinitesinin ana nedenidir (Cassiday, 2012). Suda dağıldıktan sonra,

her hidrokolloid molekül, hidrojen bağı yoluyla çevredeki su molekülleri ve herhangi bir komşu hidrokolloid molekülü ile etkileşime girer. Bu büyük hidrofilik makromoleküllerin üst üste binme ve bir araya gelme eğiliminin bir sonucu olarak, yeterince yüksek konsantrasyonlarda çapraz ağlar ve makroskobik jeller oluştururlar (Dickinson, 2018). Farklı tohum müsilaajları, viskozite oluşturma ve hem organoleptik özellikleri hem de gıda ürünlerinin nutrasötik (tıbbi faydası olan) potansiyelini artırma eğilimleri nedeniyle çeşitli gıda endüstrilerinde süspansiyon maddeleri, yapıştırıcılar veya bağlayıcılar, koyulaştırıcılar, köpük stabilizatörleri, emülgatörler, lif güçlendiriciler, su emici maddeler, film oluşturma ve kaplama malzemesi gibi çeşitli özellikler göstermiştir (Liu et al., 2021).

Çiya (*Salvia hispanica*), nane ailesi olarak da adlandırılan *Lamiaceae* ailesine aittir. Küçük oval tohumlara sahip, renkleri beyazdan kahverengi ve siyaha kadar değişen çiçekli bir yaz bitkisidir (Barazandegan, 2022). Çiya, yüksek oranda omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri (%55-60), omega-6 (%18-20) ve omega-9 tekli doymamış yağ asitleri (%6-10), tokoferoller, fitosteroller ve fenolik bileşiklerin iyi bir besin kaynağıdır (Mondor, 2024; De Falco et al., 2017). Ayrıca, Çiya tohumları toksik bileşikler ve gluten içermez, bu nedenle tohumları glütensiz diyetler için de güvenli bir bileşen olmuştur (De Falco et al., 2017). Tohumlar ayrıca, vücudu serbest radikallerden, yaşlanmadan ve kanserden koruyan antioksidan bileşikler olan kafeik asitten türetilen polifenoller bakımından da zengindir. Ek olarak, karbonhidrat bazlı lifler, iltihaplanmayı azaltma, kolesterolü düşürme ve bağırsak fonksiyonunu düzenleme özelliği vardır (De Falco et al., 2017). Çiya tohumlarındaki diyet lifi ve doymamış omega-3 yağ asitleri bakımından zenginlik, serum kolesterol seviyesinde azalmaya yol açar. Çiya tohumları ayrıca hipotansif, hipoglisemik ve antropometrik etkiye sahiptir (Rani et al., 2021). Çiya tohumun yüzeyini hidrasyon sırasında çevreleyen bir polisakkarit jel tabakası oluşur. "Müsilaaj" terimi, glikozidik bağlarla birbirine bağlanmış büyük şeker ve üronik asit moleküllerinden oluşan suda çözünür polisakkaritler olarak tanımlanır. Çiya müsilaajı (CM); su, karbonhidratlar (monosakkaritler dahil), protein, yağ, kül ve üronik asitleri içerir (Chiang et al., 2021). CM'de bulunan başlıca şekerlere örnekler Hernández (2012) tarafından yapılan araştırmada ksiloz, mannoz, arabinoz, glikoz, glukuronik asit ve galakturonik asit

bulunmuştur (Hernandez, 2012). Buna ek olarak, Timilsena ve ark. (2016), müsilajda ksiloz, glikoz, arabinoz, galaktoz, glukuronik asit ve galakturonik asit bulunduğunu bildirmiştir. CM,  $\beta$ -d-ksilopiranosil,  $\alpha$ -d-glukopiranosil ve 4-O-metil- $\alpha$ -d-glukopiranosilüronik asitten oluşan bir tetrasakkarittir (Timilsena et al., 2016). CM'nin kimyasal bileşimlerinde görülen çeşitlilik, tohumların yetiştirildiği farklı bölgesel tarım koşullarına (örneğin tohum çeşidi, coğrafi konumlar ve tarım uygulamaları) ve müsilajların ekstrakt etmek için kullanılan yöntem türüne bağlı olduğu bildirilmiştir (Segura-Campos et al., 2014).

Çiya müsilajı %72 oranında çözünür lif içerir. Yüksek diyet lifi ve düşük karbonhidrat içeriği nedeniyle çiya tohumu tokluk hissini artırma ve yeme isteğini azaltma yeteneğini göstermiştir, bu da sonuç olarak kilo kontrolüne yardımcı olur (Fernandes et al., 2023). CM'nin, planteoz olarak bilinen sağlık geliştirici bir oligosakkaritin bol miktarda içerdiği bildirilmiştir. Planteoz ilk olarak psyllium (karnıyarık otu) tohumlarında önemli bir oligosakkarit olarak tanımlanmıştır (Wattiez and Hans, 1943) ve son yıllarda bal, kivi meyveleri ve süpürge otu tohumlarında da bulunduğu bildirilmiştir. Araştırmacıların belirttiği gibi planteoz, galaktozil-sükroz oligosakkarit (GSO) ailesinin bir üyesidir. GSO'ların, yararlı bakterilerin gelişmesini teşvik ederken, gastrointestinal sistemde patojenik bakterilerin gelişmesini engelleyerek bağırsak sağlığını iyileştirdiği bilinmektedir. Bu suda çözünür müsilaj, benzersiz işlevsel özellikleri (yağ ikame maddesi, doku verici madde, film oluşturucu madde, kozmetik, ilaç bileşeni ve atık su arıtımı gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır) nedeniyle gıda endüstrilerinde önemli ilgi görmüştür. CM, diyet lifi ve biyoyararlı makro ve mikro besinlerin iyi bir kaynağı olmasının yanı sıra, yiyeceklerin glikemik indeksini azaltma ve tokluk hissini düzenleme gibi yararlı polisakkaritler olarak işlev görme yetenekleri nedeniyle de bilinmektedir (Çiyang et al., 2021).

Müsilaj, su molekülleriyle hidrojen bağları oluşturabilen hidroksil (-OH) grupları gibi çok sayıda hidrofilik gruba sahiptir. Bu hidrofilik gruplar suyla etkileşime girerek suyun emilmesine ve tutulmasına yol açar. Suyu bağlama yeteneği, müsilajın nem tutmasına sebep olur. çiya müsilajı, ortamın viskozitesini artırır veya viskozite artışına katkıda bulunur. Bunun nedeni, zincirlerin birbirine dolanıp suyu hapseden bir ağ

oluşturması ve akışa karşı direnci artırmasıdır. Musilaj oluşturan işlem, suyu hareketsizleştiren ve jel oluşturan üç boyutlu bir ağ meydana getiren bir süreçtir. Ayrıca müsilaj, viskoz yapısı ve yağ damlacıklarının etrafında bir film oluşturma yeteneği nedeniyle emülsiyonları stabilize edebilir (Gao et al., 2024).

### **2.6.2 Yenilebilir kaplamalarda kullanılan aktif bileşenler**

Et ürünlerinde kimyasal katkı maddelerinin kullanımını azaltmak amacıyla, doğal bileşiklerin film ve kaplama formülasyonlarına dahil edilmesi alternatif bir antioksidan ve antimikrobiyal kaynak olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle, farklı bitkisel malzemelerden elde edilen doğal aktif bileşenlerin kullanımı lipit ve protein oksidasyonunu geciktirmek veya engellemek, mikrobiyal gelişmeyi geciktirmek veya engellemek için geçerli bir strateji olarak düşünülebilir. Doğal kaynakların bu özelliği, fenolik bileşikler (fenolik asitler, fenolik diterpenler, flavonoidler), esansiyel yağlar, karotenoidler, vitaminler (A vitamini, C vitamini ve E vitamini) ve biyoaktif peptitler gibi çok çeşitli kimyasal bileşiklere bağlı olabilmektedir. Örneğin, 2019'da  $\beta$ -karoten, kitosan yenilebilir filmlerine eklenerek antioksidan aktiviteyi artırmıştır. Bitkiler, polifenoller gibi birçok terapötik özelliğe sahip biyoaktif bileşikler açısından zengindir. Bu fenolik bileşikler, esansiyel yağlar, oleorezinler veya ekstraktlar olarak elde edilebilir. Esansiyel yağlar, antimikrobiyal ve antioksidan özellikleriyle et ve et ürünlerini korumada kullanılırken, oleorezinler de antimikrobiyal özellikleri ve aroma verici kapasiteleri nedeniyle tercih edilmektedir (Ribeiro, et al., 2021).

Bitkisel ekstraktlar, farklı bitki materyallerinden çeşitli çözücüler kullanılarak elde edilmekte ve fenolik bileşikler sayesinde oksidasyonu önleyici, anti-inflamatuar, antialerjik, antibakteriyel ve antiviral özellikler göstermektedir. Bu ekstraktlar; meyve, sebze, otlar ve bitki yan ürünlerinden elde edilebilmekte ve yenilebilir film ve kaplamalara dahil edilerek gıda sistemlerinde oksidasyonu önleme, renk ve aroma gibi organoleptik özellikleri iyileştirme amacıyla kullanılmaktadır. Birçok çalışma, bu doğal ekstraktların yenilebilir filmlerde başarılı bir şekilde kullanıldığını göstermektedir. Örneğin, fıstık kabuğu ve biber ekstraktları içeren kitosan filmleri, tavuk ürünlerinde lipit oksidasyonunu ve mikrobiyal aktiviteyi kontrol edilmiştir

(Serrano-León et al., 2018). Sardin balıkları, kekik ve biberiye ekstraktları ile geliştirilen filmlerle korunarak oksidasyon ve mikrobiyal gelişmeyi engellenmiştir (Ribeiro et al., 2021).

Fenolik bileşikler antimikrobiyal ve antioksidan etkilere sahip olmaları bilinmektedir. Baharat ve otlardan elde edilen EY'lerin uygulanması, sentetik kimyasal katkı maddelerinden daha iyi bir seçenek olarak kabul edilmektedir. Kekik, sarımsak, tarçın, fesleğen, tarhun, kimyon, defne, karabiber, maydanoz ve adaçayı gibi otlardan elde edilen EY'ler doğal antimikrobiyal ve antioksidanlar olarak et ürünlerinin mikrobiyal ve oksidasyon gelişmeyi önlemede etkinliği kanıtlamıştır. Raf ömrü, oksidatif stabiliteyi ve duyu nitelikleri iyileştirmenin yanı sıra bu doğal bileşikler et ürünlerinin işlevsel özelliklerine ve sağlık yararlarına da katkıda bulunabilir (Rakmai et al., 2021; Ursachi et al., 2020; Moghimi et al., 2016). Bir EY tek başına ve/veya diğer EY'lerle sinerjik ilişkiler içinde kullanılabilir. Esansiyel yağların nitel bileşimi, belirli bitkinin genomu, sıcaklık ve ışık gibi çeşitli çevresel koşulların neden olduğu değişiklikler ile belirlenir. Yukarıda belirtilen koşullar, bitki metabolitlerinde mevsimsel dalgalanmalara neden olabilir (Mot et al., 2022).

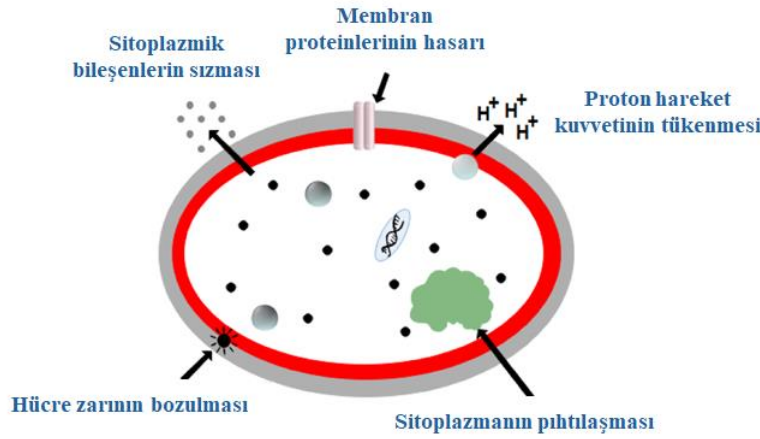
Esansiyel yağların antimikrobiyal etkinliğiyle ilgili önerilen mekanizmalar arasında şunlar yer alır: Hücre duvarının tahribatı; esansiyel yağlar, bakteriyel hücre duvarına zarar vererek hücre bütünlüğünü bozabilir. İyon sızması; hücre zarındaki geçirgenliği artırarak iyon dengesinin bozulmasına yol açarlar. Enzim sistemine zarar; bakteri enzim sistemlerinde ciddi hasar oluşturarak sitoplazmanın pıhtılaşmasına neden olabilirler. Genetik materyalin tehlikeye atılması; bakterilerin DNA ve RNA yapısına zarar vererek genetik işlevlerini etkileyebilirler. Yağ asidi oksidasyonu; doymamış yağ asitlerinin oksijenlenmesiyle oluşan yağ asidi hidroperoksidazı, bakterilerin ölümüne yol açabilir. Proton transfer sistemlerinin bozulması; enerji üretim süreçlerini etkileyerek bakterilerin ölümüne sebep olabilen mekanizmaları devre dışı bırakabilirler. Bu mekanizmalar, esansiyel yağların bakteri üzerindeki etkisini anlamamıza yardımcı olmaktadır (Zhang et al., 2016). Genel olarak Gram-pozitif bakterilerin EY'lere Gram-negatif bakterilere kıyasla daha duyarlı olduğu belirtilmiştir; bunun nedeni peptidoglikan tabakasına ek olarak Gram-negatif bakterilerin hidrofilik

hücre duvarı, temel olarak lipopolisakkaritlerden oluşur ve bu yapı, hidrofobik bileşenlerin hücreye girişini engelleyerek uçucu yağların hedef hücre zarında birikmesini önler (Mukurumbira et al., 2022; Bajpai and Baek, 2016). Ancak, EY'ler üzerindeki tüm araştırmalar gram pozitif bakterilerin daha hassas olduğunu doğrulamamıştır. EY'lerin bileşenlerinin Gram pozitif ve Gram negatif bakterilere karşı çeşitli derecelerde etkinlik gösterdiği öne sürülmüştür. Ayrıca, belirli bitki türlerinden elde edilen EY'lerin kimyasal bileşimlerinin, coğrafi kökenine ve hasat dönemine bağlı olarak değişebileceği bilinmektedir (Burt, 2004). Hücre duvarı kimyası dışında, hücre şekli de bakterilerin duyarlılığını etkileyen faktörlerden biri olabilir; örneğin, çubuk şeklindeki bakterilerin koklardan daha duyarlı olduğu bildirilmiştir (Lopez-Romero et al., 2015). Ayrıca, küf ve mayaların genel olarak esansiyel yağlara ve antimikrobiyal ajanlara karşı daha dirençli olduğu gözlemlenmiştir (Zhang et al., 2023).

Esansiyel yağlar, gıdaların raf ömrünü uzatmak, bozulmalarını önlemek ve patojenlere karşı koruma sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Esansiyel yağların antimikrobiyal etkinliğinden sorumlu ana hidrofobik bileşenler, aldehitler, fenoller ve oksijenli terpenoidlerdir (Jacinto-Valderrama et al., 2023). EY'lerin çoğu bakteri hücre duvarı geçirgenliğini artırır. Hücre duvarının geçirgenliğindeki artış, mikrobiyal hücre duvarının bütünlüğünü tehlikeye atan lipit yapıların çözünmesiyle ilişkili olabilir. Sonuç olarak hücre içi içeriklerin sızmasına ve dolayısıyla bakteri hücre ölümüne neden olur. Hücre duvarı hasarına ek olarak, EY'ler hücre zarı proteinlerine ve sitoplazmik zara zarar verebilir. Bu nedenle, EY'ler dış zarın dış yüzeyinde bir peptidoglikan tabakası içeren Gram pozitif bakterilere karşı daha fazla aktivite gösterir. Gram negatif bakterilerdeki lipopolisakkaritlerin varlığı, EY'lerin bakteri hücreleri içinde internalizasyonu önler. *Vibrio* cinsinin çoğunluk algılama tepkisi düzenleyicisinin aktivitesi, EY'lerin belirli bileşenleri (örneğin sinnamaldehit ve türevleri) tarafından engellenir ve bu da virülanslarını önemli ölçüde azaltır. EY'lerin varlığında sitoplazmanın pıhtılaşması ve proton hareket gücünde azalma bildirilmiştir. Trans-sinnamealdehit içeren EY'ler, bazı bakterilerde (örneğin, *Escherichia coli* ve *Salmonella Typhimurium*) hücre içi ATP düzeylerini önemli ölçüde azaltabilir. ATP düzeylerindeki azalma, ATP'lerin hidrolizi ve sentezlenmeye engel olma etkisiyle kombine olarak açıklanabilir. Carvone (bitkilerden elde edilen EY'lerdeki bir

monoterpen) yalnızca hücre duvarı işlevselliğini bozabilir ve bakterilerdeki hücre içi ATP düzeyleri üzerinde herhangi bir etkiye sahip değildir. Birçok araştırmacı, EY'ler, saflaştırılmış aktif antimikrobiyal bileşenlerinin kullanımına kıyasla daha iyi antimikrobiyal aktivite gösterdiklerini önermiştir. Bu, EY'lerde bulunan farklı antimikrobiyal bileşenlerin sinerjik aktivitesine dayandırılmıştır. Sinerjik aktivite, herhangi bir toksik etki yaratmadan EY'lerin gücünü artırır (Anis et al., 2021).

Bu bileşenler, mikrobiyal hücre zarını polisakkaritler, yağ asitleri ve fosfolipitler gibi temel hücrel bileşenleri yok ederek daha geçirgen hale getirirler. Ayrıca hücre içine girdiklerinde, hücre zarının normal fonksiyonlarını (elektron transferi, besin değişimi, protein sentezi, nükleik asitler ve enzimatik aktivite) bozarlar ve ribozomlar, endoplazmik retikulum ve Golgi cisimciği gibi hücre organelleriyle etkileşerek solunum süreçlerini aksatarak hücre ölümüne yol açarlar (Şekil 2.3) (Jacinto-Valderrama et al., 2023).



Şekil 2.3. Esansiyel yağların antimikrobiyal özellikleri sayesinde mikroorganizmaların hücre ölümü (Angane et al., 2022)

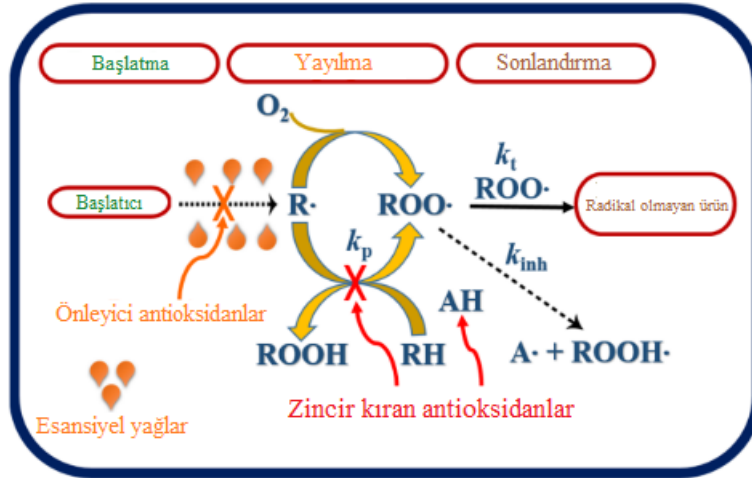
Bunun yanı sıra, EY'ler, oksidatif reaksiyonları inhibe etmek için çeşitli etki mekanizmalarına sahiptir; serbest radikal oluşumunu engeller, metal iyonlarını şelatlar ve oksidatif reaksiyonlardan kaynaklanan serbest radikalleri temizleyerek bu radikallerin yayılmasını durdururlar (Şekil 2.4) (Ferreira et al. 2023; Hou et al., 2022).

Esansiyel yağların antioksidan aktivitesini anlamak için, kimyasal bileşimlerine değinmek oldukça önemlidir. Esansiyel yağlar büyük bir kimyasal çeşitlilik sergiler, ancak ana bileşenleri genellikle iki ana yapısal ailede sınıflandırılabilir. Bu aileler:

- Terpenoidler: İzopren birimlerinin birleşmesiyle oluşur. Bu sınıfın başlıca alt grupları şunlardır:
  - ◆ Monoterpenler: İki izopren biriminin birleşiminden oluşur.
  - ◆ Seskiterpenler: Üç izopren biriminin birleşimiyle meydana gelir.
  - ◆ Diterpenler: Dört izopren biriminin birleşmesiyle oluşur.
- Fenilpropanoidler: Fenolik yapıdaki bileşiklerden oluşur ve bu bileşikler genellikle esansiyel yağların antioksidan etkisinde büyük rol oynar (Amorati et al., 2013).

Her iki ailede de fenolik bileşikler bulunabilir ve bu bileşikler esansiyel yağların antioksidan aktivitesinin önemli bir parçasıdır. Bu bileşikler serbest radikallerle etkileşime girerek onların etkisini azaltır ve bu sayede oksidatif stresi önler. Doğal ve sentetik fenolik bileşikler, peroksil radikalleriyle yüksek reaktivite göstererek antioksidan işlevi görürler. Fenoksil radikalleri kararlı olup, zincir reaksiyonlarını durdurarak birden fazla peroksil radikalini etkisiz hale getirirler (Amorati et al., 2013).

Fenolik ve terpenolik bileşiklerin en önemli grupları flavonoidler, tokoferoller ve fenolik asitlerdir. Fenolik bileşiklerde, hidroksil grubu doğrudan aromatik halkanın karbon atomuna ve serbest radikallere bağışlanan hidrojen atomuna bağlanarak diğer bileşiklerin oksidasyonunu engeller. Son dönemde yapılan birçok çalışma, farklı esansiyel yağların antioksidan özelliklerini incelemiş ve toplam fenol, flavonoid, flavonol, kateşin, fenolik asit, lignan ve tanen içerikleri gibi parametreleri değerlendirmiştir. EY'lerin ana bileşenleri arasında terpenoidler, kükürt içeren bileşikler ve karvakrol, timol, öjenol ve linalool gibi fenolik bileşikler yer almakta olup, bu bileşikler EY'lerin en yüksek temizleme aktivitesine sahiptir. Ayrıca, rosmarinik asit, kafeik asit, karnosol ve kuersetin gibi bazı uçucu olmayan bileşikler, özel radikal kimyaları sayesinde potansiyel antioksidan aktivite sergiler (Basavegowda and Baek, 2021).

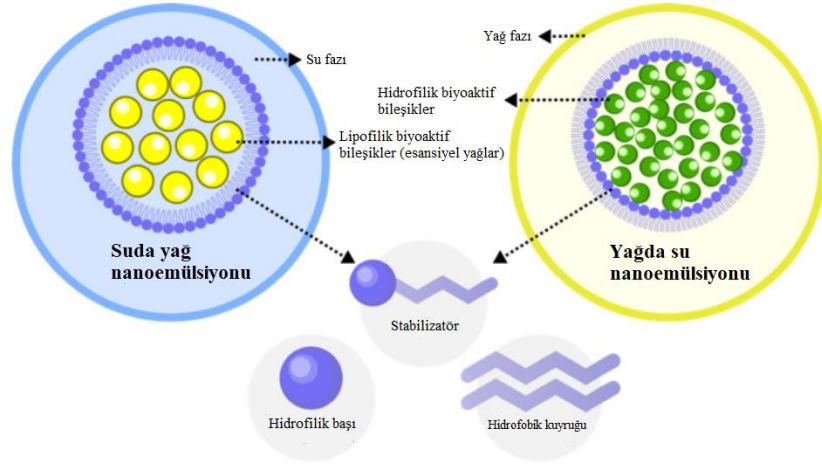


Şekil 2.4. Esansiyel yağların antioksidan mekanizmaları (Basavegowda and Baek, 2021)

Adaçayı kafur (camphoraceous) ve tujon (thujone) benzeri bir koku, sarı veya yeşil bir yağa sahip Güney Avrupa'da yaygın olarak yetiştirilir (Vera et al., 1999). *Salvia officinalis*, çeşitli sağlık yararlarına sahip olduğu bilinen bir bitkidir. Ayrıca, antibakteriyel, antifungal, antitümör ve antioksidan özelliklere sahip olduğu da belirtilmektedir (Mot et al., 2022). Adaçayı esansiyel yağının kimyasal bileşimi terpen bileşiklerinden (monoterpenlerden ( $\alpha$ - ve  $\beta$ -tuyon, kafur vb.), diterpenlerden ve seskiterpenoidlerden) oluşur (Abu-Darwish et al., 2013). Terpen bileşiklerine ek olarak, alkaloidler, karbonhidratlar, glikozit türevleri, fenolik bileşikler, poliasetilen, steroidler ve mumlar da adaçayı esansiyel yağının karmaşık bileşimine dahildir (Ghorbani and Esmailizadeh, 2017). Özellikleri bakımından, adaçayının antioksidan aktivitesi esas olarak düşük miktarda bulunan karnosol ve karnosik asit gibi fenolik bileşiklerin içeriğiyle ilişkilidir (Estévez et al., 2007). Adaçayı EY'lerin bileşimi bitki kısmına, hasat zamanına, mevsime, genetik çeşitliliğe, iklime ve meteorolojik koşullara bağlı olarak oldukça karmaşıktır. Adaçayı EY'lerin antioksidan kapasitesinin orta derecede olduğunu (sırasıyla DPPH ve ABTS analizleri ile %33,61 ve %84,50 inhibisyon) belirlenmiştir (Mot et al., 2022). Yapılan araştırmalar adaçayının güçlü antibakteriyel ve antifungal aktivitelere de sahip olduğunu göstermiştir (Danilović et al., 2021; Moghimi et al., 2016).

## 2.7. Nanoemülsiyon Bazlı Yenilebilir Kaplamalar

Nanoteknoloji günümüzde dünya ticaretinde öncelikli bir alan haline gelmiştir. Nanoteknolojideki son gelişmeler, patojenik mikroorganizmaların kontrol altına alınması ve yok edilmesi gibi pek çok etkili uygulamaya yol açmıştır (Kışla et al., 2023). Biyoaktif bileşiklerin (örneğin ilaçlar, renkler, esansiyel yağlar ve vitaminler) salınımını kontrol etmek için nanoemülsiyonların üretimi gıda endüstrisindeki araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Nanoemülsiyonlar, 100-600 nm damlacık boyutuna sahip emülsiyonlardır (Jafarinia et al., 2022). Nanoemülsiyonlar (Şekil 2.5) termodinamik ve sentetik olarak kararlıdır ve özel boyutları nedeniyle çıplak gözle şeffaf veya yarı saydam olabilirler. Bununla birlikte, sedimentasyon ve kremleşmeye karşı dirençlidirler. Bu özellikler nanoemülsiyonları kimya, sağlık, ilaç, gıda bilimleri ve diğer birçok alanda temel ve uygulamalı çalışmalar için uygun seçenekler haline getirmiştir (Alavi et al., 2020).



Şekil 2.5. Su içinde yağ ve yağ içinde su nanoemülsiyonlar (Ujilestari et al., 2023)

Nanoemülsiyonlar yüksek enerjili veya düşük enerjili teknikler kullanılarak üretilmektedir. Nanoemülsiyon sistemlerinin avantajları düşük miktarda dispers faz kullanımı, biyoyararlılığı artırılması, biyoaktif bileşenin daha uzun süre aktivite

göstermesi, hedefe özel, etkili ve kontrollü salınımı sayılabilir (Sutradhar and Amin, 2013).

Serbest esansiyel yağlar içeren aktif ambalajlardaki temel sorun, aktif bileşiklerin hızlı geçişi nedeniyle azalan kaplama aktivitesidir. Bu sorunun üstesinden gelmek için umut vaat eden stratejilerden biri, farklı yenilebilir matrislerle daha iyi uyum sağlamak için esansiyel yağların su içinde yağ nanoemülsiyonlarına kapsüllenmesidir; bu aynı zamanda esansiyel yağların işlevsel özelliklerini de artırabilir (Ansarian et al., 2022). Son zamanlarda, çeşitli esansiyel yağların eklenmesi için biyopolimerik ve biyolojik olarak parçalanabilir polimerik nanotaşıyıcılar giderek daha fazla kullanılmaktadır. Sonuç olarak, biyopolimerik mikropartiküller, farklı aktif madde formlarının kontrollü salımı nedeni ile büyük ilgi görmektedir. Su içinde yağ nanoemülsiyonları (NE), kaba emülsiyonlara kıyasla daha yüksek şeffaflık, daha güçlü fiziksel ve kimyasal özellikler, artan stabilite, daha iyi kontrollü salım ve daha yüksek biyolojik aktivite sağlar (Shen et al., 2021).

Yapılan bir araştırmada esansiyel yağ içeren nanoemülsiyonların antimikrobiyal aktivitesi (d z 222 nm), minimum inhibitör ve bakterisidal konsantrasyon (MIC ve MBC) yöntemleri kullanılarak gıda kaynaklı bakterilere (*Escheriçiya coli*, *Shigella dizanteri* ve *Salmonella typhi*) karşı serbest esansiyel yağı karşılaştırılmıştır. Nanoemülsiyonların antibakteriyel aktivitesi, *E. coli* ve *S. typhi*'ye karşı serbest esansiyel yağdan dört kat daha yüksek olmuştur. Esansiyel yağ içeren nanoemülsiyonların tüm *E. coli*'yi yaklaşık 10 dakikada yok edebildiğini, serbest EY kullanıldığında ise bakterilerin <50'sinin öldürüldüğünü göstermiştir. Serbest ve nanoemülsiyeye edilmiş esansiyel yağların antibakteriyel aktivitesinin potansiyel mekanizması araştırılmıştır ve sonuçlara göre, nanoemülsiyon işleminden sonra bakteriyel hücre zarında hasar görülmüştür ve adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyonların antibakteriyel aktivitesini iyileştirdiğini belirtmiştir (Moghimi et al., 2016). Son yıllarda farklı etler üzerine uygulanan ve soğukta depolanan, esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon yenilebilir film ve kaplamalarla ilgili araştırmalar Çizelge 2.1'de sunulmuştur.

Çizelge 2.1. Nanoemülsiyon sistemlerinin et endüstrisinde film/kaplama olarak kullanımı

Ürün	Nanoemülsiyon bileşimi	Bulgular	Referans
Tavuk göğüs eti (4°C'de 10 gün,) steril numune torbası	Bezelye proteini (PPI) + kekik esansiyel yağı (OEO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Laboratuvar ortamında (in vitro) %2,0 OEO eklenmesinin üç <i>Salmonella</i> suşlarının gelişmesini önemli ölçüde engellemiştir.</li> <li>➤ Tavuk göğsü üzerine %2,0 OEO içeren bezelye proteini bazlı filmin uygulanması, mikrobiyal sayıda önemli bir azalma göstermiştir.</li> <li>➤ PPI film matrisinde OEO'nun parçacık boyutunun nanometre ölçeğine düşürülmesinin, film özelliklerini veya antimikrobiyal aktiviteleri önemli ölçüde değiştirmedini göstermiştir.</li> </ul>	(Cheng et al., 2024)
Sığır eti (4°C'de 10 gün), polietilen (PE) filme sarılmış	κ-karragenan + benzil izotiyosiyanat	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Salmonella typhimurium</i> ve <i>Pseudomonas fluorescens</i>'e karşı gelişmiş antimikrobiyal aktivite göstermiştir.</li> </ul>	(Du et al., 2024)

		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Toplam canlı sayım, TVB-N içeriği ve TBARS artışı önemli ölçüde geciktirmiştir ve çiğ sığır etinin raf ömrü 10 güne kadar uzatılmıştır.</li> </ul>	
Kuzu eti (4 °C, 20 gün)	Kitosan + <i>Satureja EY</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kitosan bazlı nanoemülsiyon filmler, kontrolle karşılaştırıldığında film görünümünde ve şeffaflığında büyük bir değişikliğe neden olmamış ve ışık bariyeri özelliğini artırmıştır.</li> <li>➤ Ek olarak, filmde fiziksel (su direnci ve su buharı geçirgenliği) ve mekanik (çekme mukavemeti ve kopma uzaması) özellikleri de dahil olmak üzere önemli ölçüde iyileştirilmiştir.</li> <li>➤ Gıda kaynaklı patojen gelişmesini önemli ölçüde engellenmesi ve gıda raf ömrünün uzatılması ile umut verici bir antimikrobiyal gıda paketlenme olmuştur.</li> </ul>	(Elsherif et al., 2024)
Alabalığı fileto (4°C'de 12 gün)	Jelatin-kitosan çift katmanlı + <i>Perovskia abrotanoides</i> <i>Kar.</i> (adaçayının	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ TVB-N ve peroksit miktarı çalışma süresince artmıştır.</li> <li>➤ Bakterilerin ortalama indirgenme log'u</li> </ul>	(Ahmadi and Mohsenzadeh, 2023)

	türü) esansiyel yağı	tüm uygulamalar arasında önemli derecede farklı olmuş ve en yüksek antibakteriyel etki <i>Perovskia abrotanoides</i> Kar. esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon kaplamada gözlenmiştir. ➤ Etkili bir antimikrobiyal etkiye sahip olduğu ve alabalık filetolarının duyuşal özelliklerini koruyabileceği ve raf ömrünü artırabileceği görülmüştür.	
Tavuk eti (4°C'de 7 gün )	Kitosan (CS), polivinil alkol (PVA) ve jelatin (GE) + Limon Otu + Çinko oksit nanopartiküller (ZnO-NP)	➤ Örneklerin raf ömrünü uzatmıştır, duyuşal özelliklerini iyileştirmede başarılı olmuştur. ➤ daha düşük pH, TBARS değerleri. ➤ Depolama süresi boyunca patojenik gıda mikroorganizmaları, <i>Listeria monocytogenes</i> ve <i>Salmonella Typhimurium</i> popülasyonu üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmuştur.	(Ayoub et al., 2023)
Tavuk göğüs eti (4°C'de 21 gün )	Badem gümü (AG) /polivinil alkol (PVA)/kitosan(CS) + sivri kekik	➤ Toplam mezofilik, psikrotrofik ve laktik asit bakterilerinin mikrobiyal popülasyonları 21 gün sonra	(Mirsharifi et al., 2023)

	esansiyel yağı (TEO)	izin verilen sınırdan düşük bulunmuştur. ➤ TEO nanoemülsiyonu içeren AG/PVA/CS kompozit filmlerinin gıda ürünlerinin raf ömrünü artırmıştır.	
Deve eti (+4°C, 20 gün)	Fesleğen tohum gamı + resveratrol (RES) ve karanfil esansiyel yağı (CEO)	➤ Nanoemülsiyon bazlı filmlerinin konvansiyonel filmlere kıyasla daha yüksek antioksidan aktivite. ➤ RES 4µg/mL + CEO 10mg/mL içeren nanoemülsiyon kontrol grubuna kıyasla toplam karbonil, peroksit, TBARS ve duyusal özellikler açısından daha iyi sonuç göstermiştir.	(Ansarian et al., 2022)
Kıyılmış (minced) domuz ve tavuk eti (5°C, 6 gün)	Karabiber EY	➤ Enfekte olan taze etlerde <i>Salmonella enterica</i> ve <i>Escheriçiya coli</i> 'nin gelişmesini engellemiştir.	(Hien and Dao, 2022)
Kuzu eti	Sızma zeytinyağı ve ajowan ( <i>Carum copticum</i> ) EY (AEO)	➤ Psikrotrofik, mezofilik bakterilerin, laktik asit bakterilerinin ve <i>Enterobacteriaceae</i> 'nin gelişmesinin gecikmesi. ➤ Düşük TVB-N içeriği, lipit ve protein oksidasyonunu,	(Jafarinia et al., 2022)

		<p>metmiyogloblin oluşumu ve renk bozulması.</p> <p>➤ Mikrobiyal, kimyasal ve duyuşal parametrelerin sonuçlarına göre kuzu eti raf ömrü kontrolde 4 gün, zeytinyağı nanoemülsiyonda(ONE) 8 gün ve ONE + %1 AEO ve ONE + %2 AEO gruplarında en az 16 gün.</p>	
Domuz eti (4°C'de 12 gün), vakumlu olmayan plastik torbalar	Kitosan + timol veya kekik esansiyel yağı	<p>➤ Oksidasyon ve bakteriler nedeniyle et kalitesindeki düşüşü engellemiştir.</p>	(Wang et al., 2022)
Balık fileto (4°C'de 8 gün)	Antosiyanidin/ kitosan + tarçın-perilla esansiyel yağı	<p>➤ Daha düşük TVB-N ve TBARS değerlerine sahip olmuştur.</p> <p>➤ Balık filetolarındaki kalite değişimlerini kontrol etmede etkili olmuştur.</p>	(Zhao et al., 2022)
Tavuk eti (+4°C ,20 gün)	Mısır nişastası + sinnalaldehit ile zenginleştirilmiş <i>Zataria multiflora</i> esansiyel yağı (NZEOC)	<p>➤ Nişasta içeren nanoemülsiyon çözeltisi ile kaplanan numuneler, geleneksel formlara göre daha iyi antimikrobiyal aktivite göstermiştir.</p> <p>➤ NZEOC depolama sonunda en iyi antimikrobiyal özelliklere sahip olmuştur.</p>	(Abbasi et al., 2021)

Kuzu eti (4°C, 20 gün), yüksek bariyerli poşetler (oksijen emici poşeti)	Ayçiçeği + kimyon EY	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Psikrotrofik, mezofilik, laktik asit bakterilerinin ve <i>Enterobacteriaceae</i> bakterilerinin gelişmesini engellemiştir.</li> <li>➤</li> </ul>	(Hasani-Javanmardi et al., 2021)
Hindi fileto (4 °C, 12 gün), steril kilitli paketler	Aljinat + <i>Trachyspermum ammi</i> EY(%0,5 ve %1 v/v)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 12 günlük soğuk depolamadan sonra bile <i>Listeria monocytogenes</i> gelişmesini engellemiştir.</li> </ul>	(Kazemeini et al., 2021)
Eşek eti (4°C'de 10 gün), steril bir kapalı poşet	Karboksimetil kitosan (CMC) + karanfil EY (CEO) ve ε-polilizin (ε-PL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mikrobiyal çoğalmayı önlemiştir.</li> <li>➤ pH değerinin stabilitesini koruyarak, mikroorganizmaların çoğalmasını engelleyerek ve depolama süresi boyunca yağ ve proteinin oksidasyonu önemli ölçüde azaltarak Nano-CEO-ε-PL-CMC uygulamasının renk değişimini etkili bir şekilde azaltabildiğini ve soğutulmuş etin esnekliğinin ve yapışkanlığının azalmasını geciktirebildiğini ortaya koymuştur.</li> <li>➤</li> </ul>	(Zixiang et al., 2021)
Domuz eti dilimleri (4 °C, 16 gün), oksijen	Kitosan + <i>Schizonepeta tenuifolia</i> EY	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mikrobiyal gelişmeyi engellemiştir ve</li> </ul>	(Zhang et al., 2021)

geçirgenliği olan polietilen (PE) film	(CH-STE0)(% 0,5, %1, ve %2 (v/v )	lipit oksidasyonunu geciktirmiştir. ➤ Özellikle CH-STE0 nanoemülsiyon kaplaması, geliştirilmiş koruyucu işlevi ve kararlılığı ile daha küçük parçacık boyutuna ve et korumada en iyi performansı göstermiştir.	
Balık fileto (4°C'de 16 gün), streç filmle sarılmış	Su + Zeytin yağı	➤ Raf ömrü uzatılmıştır.	(Boga et al., 2020)
Sığır fileto (4°C, 21 gün), polietilen poşetler + gama ışınlama	Kitosan + kimyon esansiyel yağı	➤ Patojenik mikroorganizmaların gelişmesini engellemiştir.	(Dini et al., 2020)
Tavuk eti (4 °C, 16 gün) streç film	Jelatin ve kitosan nanoemülsiyon kaplama + Mısır tohumu yağında biberiye ekstraktı ve ε-poli-L-lizin	➤ Nanoemülsiyon kaplama kaba emülsiyona göre daha yüksek ç potansiyeli, gözeneksiz ve daha homojen yüzey ve daha iyi yapısal bütünlüğe sahip olmuştur. ➤ Nanoemülsiyonla kaplanmış numuneler, en düşük toplam canlı sayısı (TVC), küf ve maya sayımları, TBARS değerleri ve pH değişimlerini göstermiştir.	(Huang et al., 2020)

		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Nanoemülsiyon kaplamalı tavuğun raf ömrü, kontrole kıyasla en az 6 gün uzamıştır.</li> </ul>	
Hindi fileto (4 °C, 18 gün) kilitli poşetler	<p>Kitosan + <i>Zataria Multiflora Boiss</i> EY (ZEO) ve <i>Bunium persicum Boiss</i> EY</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ En yüksek bakteri azalma oranı (TVC, toplam psikrofilik, <i>Pseudomonas spp.</i>, <i>Enterobacteriaceae</i>, laktik asit bakterisi, maya ve küf sayısı) kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında %1 ZEO içeren örneklerde görülmüştür.</li> <li>➤ Kitosan içeren nanoemülsiyonların uygulanması nedeniyle raf ömrü, kontrol grubuna (6 gün) kıyasla önemli ölçüde artmıştır (15-18 gün).</li> </ul>	(Keykhosravy et al., 2020)
Taze piliç (4°C, 17 gün)	<p>Karagenan ve jelatin + Gallik asit, kurkumin ve kuersetin</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Escheriçiya coli</i> ve <i>Salmonella typhimurium'a</i> karşı antibakteriyel aktivite göstermiştir.</li> <li>➤ En yüksek antioksidan aktivite.</li> <li>➤ Raf ömrünü uzatmıştır.</li> </ul>	(Khan et al., 2020)
Domuz eti (4°C, 15 gün ) MAP	<p>Pektin (PEC) + Kekik esansiyel yağ (OEO) ve resveratrol (RES)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ OEO ve RES eklenmesi ile kaplamanın, pH ve renk değişimini en aza indirerek, lipit ve protein oksidasyonunu geciktirerek, etin gevrekliği koruyarak ve</li> </ul>	(Xiong, Li, et al., 2020)

		<p>mikrobiyal gelişmesini engelleyerek domuz etinin raf ömrünü önemli ölçüde uzattığını göstermiştir.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Özellikle, OEO-RES-PEC içeren Nanoemülsiyon kaplama örneği, daha iyi koruyucu işlevi ve kararlılığı ile daha küçük parçacık boyutuna bağlı olarak en iyi performansı göstermiştir.</li> </ul>	
<p>Tavuk fileto (4 °C, 12 gün), düşük yoğunluklu polietilen (LDPE)</p>	<p>Sodyum kazeinat + Zencefil EY (GEO) (%3 ve %6 wt)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Antibakteriyel potansiyeli antioksidan aktivitelerinden daha yüksek ve nanoemülsiyon yapıldığında önemli ölçüde artmıştır.</li> <li>➤ %6 GEO içeren nanoemülsiyon bazlı yenilebilir kaplamalar, toplam aerobik psikrofilik bakterilerinde azalma gözlemlenmiştir.</li> <li>➤ GEO'nun filetoların TBARS seviyelerine etkisi önemli olmamıştır.</li> <li>➤ En düşük renk farkı ve pişirme kaybı nanoemülsiyon kaplamalı numuneler için elde edilmiştir. En yüksek toplam kabul edilebilirlik, depolama sırasında %6 GEO</li> </ul>	<p>(Noori et al., 2018)</p>

		nanoemülsiyonu içeren filetolarda kaydedilmiştir.	
--	--	--	--

Genel olarak farklı nanoemülsiyon bileşimleri kullanılarak hazırlanan yenilebilir filmler ve kaplamalar, taze etlerin raf ömrünü uzatmak, mikrobiyal gelişmeyi önlemek ve oksidatif bozulmayı geciktirmek amacıyla kullanılmıştır. Araştırmalarda genellikle kitosan, jelatin, aljinat, tohumlardan elde edilen gamlar ve çeşitli esansiyel yağlar (ör. karanfil, biberiye, zencefil, kekik) kullanılmıştır. Bu nanoemülsiyonlar, geleneksel emülsiyon kaplamalara kıyasla daha iyi antimikrobiyal ve antioksidan aktivite göstermiş ve etlerin duyuşsal özelliklerini korumuştur. Ayrıca, nanoemülsiyon kaplamaların daha homojen yapıya ve daha iyi yapısal bütünlüğüne sahip olduğu da gözlenmiştir. Araştırmalar, özellikle belirli oranlarda esansiyel yağ içeren nanoemülsiyonların gıda kaynaklı patojenlerin gelişmesini önemli ölçüde engellediğini ve etlerin raf ömrünü uzattığını ortaya koymuştur.

Son araştırmalar, nanoemülsiyon oluşumunun EY'lerin kötü kokusunu maskeleyebileceğini, stabilitelelerini iyileştirebileceğini ve kontrollü salınımlarını artırabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, EY'lerin nanoemülsiyonla kapsüllenmesi önde gelen bir araştırma yönü haline gelmiştir. Bununla birlikte, kaba emülsiyonlar ve serbest yağlarla karşılaştırıldığında, bu emülsiyonların yavaş salınımı ve ayrışmayı uzatmak nedeniyle EY'lerin işlevsel aktivitesini iyileştirdiği bildirilmektedir. Zhang ve ark. (2021), sivri kekik esansiyel yağı (TEO) içeren kaba emülsiyonu (TEOC) ve nanoemülsiyonu (TEON) kullanılarak hazırlanan polielektrolit jellan jel-kitosan çok katmanlı filmlerin, film yapısına ve antibakteriyel özelliklerine olan etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada, nanoemülsiyon formlarının daha küçük damlacıklar ve daha düzgün dağılım ile emülsiyonlara göre daha yüksek antibakteriyel aktivite gösterdiği ortaya konmuştur ve daha yüksek mekanik esnekliğe, bariyer özelliklerine ve yavaş salınım özelliklerine sahip olmuştur (Li et al., 2023; Zhang et al., 2021).

## 2.8. Yenilebilir Film Üretim Yöntemleri

Yenilebilir film üretimi, genel olarak kuru ve ıslak olmak üzere iki farklı yöntemle gerçekleştirilmektedir. Kuru üretim yöntemi, su veya alkol gibi sıvı çözücüler kullanılmadan uygulanan bir tekniktir ve ısı presleme, ekstrüzyon ile eriterek döküm gibi yöntemleri içerir. Bu yöntemde, yenilebilir ve biyobozunur malzemeler belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılarak erime noktasının üzerine çıkarılır ve şekillendirilebilir hale getirilir (Han, 2014). Bu nedenle, yenilebilir film üretim süreçlerinin başarılı bir şekilde tasarlanabilmesi için hammaddelerin termoplastik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Islak üretim yöntemi ise hammaddelerin uygun çözücüler içinde çözünmesi ve ardından çözücünün uzaklaştırılmasıyla yenilebilir filmin oluşturulmasını sağlar. Bu yöntemde çözücü seçimi büyük önem taşımaktadır, çünkü yenilebilir filmler doğrudan insan tüketimine uygun olmalıdır. Bu nedenle yalnızca su, etanol ve bu iki maddenin karışımları çözücü olarak tercih edilmektedir. Üretim süreci üç temel aşamadan oluşur: İlk olarak, yenilebilir film bileşenleri çözücü içinde çözündürülerek veya homojen bir şekilde dağıtılarak çözelti hazırlanır. Daha sonra, bu çözelti düz yüzeylere daldırma silindiri, yayıcı veya püskürtme yöntemiyle uygulanır. Son aşamada ise çözücünün uzaklaştırılması için kurutma işlemi gerçekleştirilerek film yapısı tamamlanır (Song et al., 2021). Yenilebilir kaplamalar üretiminde genellikle kullanılan teknikler: (a) püskürtme (sprey), (b) yayma (c) daldırma (Şekil 2.6) (Hashemi et al., 2023).

Püskürtme geleneksel olarak veya elektro-püskürtme yöntemiyle gerçekleştirilebilir. Geleneksel işlemde damlacık boyutu yaklaşık 20 nm iken, elektro-püskürtme yönteminde yaklaşık 100 nm boyutundadır. Sprey kaplamalar, meyve ve sebze ve et ürünlerin yüzeyinde önceden belirlenmiş bir bileşime, kalınlığa ve işleve sahip kaplamalar yapmak için düzgün bir tabaka oluşturmak amacıyla kullanılabilir. Yayma yönteminde kaplama gıda yüzeyine fırçalanır (Chhikara and Kumar, 2022).

Kalın kaplama elde etmek için daldırma yöntemi kullanılır. Minimum işlem görmüş ürünlerin kalite parametreleri genellikle bu yöntemle iyileştirilir. Yüzey gerilimi, yoğunluk ve viskozite gibi diğer farklı parametreler kaplamanın kalınlığını

izlemek için kullanılabilir. Daldırma yönteminin benzersiz bir çeşidi elektrostatik bir yaklaşımla gerçekleştirilebilir. İki veya daha fazla katmanı birleştirmek için fiziksel veya kimyasal etkileşimler kullanılır. Bu yöntem şekerleme ürünlerini kaplamak için kullanılır. Daldırma yöntemi, gıda maddesinin kaplama solüsyonu kabına daldırılmasını içerir. Bu yöntem, özellikle tam bir kaplama (antimikrobiyal, antioksidan, besleyici, vb.) gerektiren, karmaşık veya pürüzlü bir yüzeye sahip gıda maddeleri için yararlıdır. Gıda maddesi daldırıldıktan ve kalan katman kurutulduktan sonra, oda sıcaklığında (hava kurutma) veya özel bir kurutucu kullanılarak kurutulur. Bu yöntem çeşitli meyve, sebze ve et ürünlerinde kullanılmıştır (Andriani and Handayani, 2023).

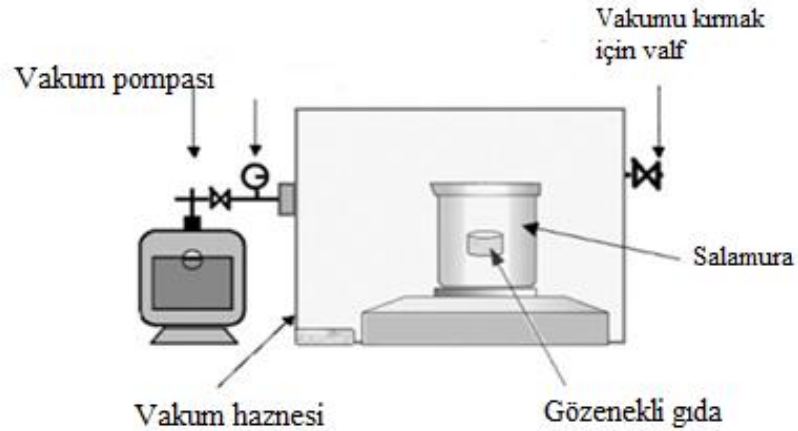


Şekil 2.6. Kaplama uygulama yöntemleri (Hashemi et al., 2023).

## 2.9. Vakum Emdirim Tekniği

Sağlıklı gıda üretimi ve aynı zamanda duyu özellikleri geliştirmek için farklı teknikler araştırılmaktadır. Gıda işleme tekniklerinden biri difüzyona dayalı vakum emdirimdir (VE). Yapılan ilk çalışmada, izotonik sakaroz çözeltisinde elma dilimlerine (8 mm kalınlıkta) VE uygulandığında kütle transferinin arttığı tespit edilmiştir (Fito and Pastor, 1994).

Vakum emdirim tekniği, farklı basınçların uygulanmasıyla hayvansal veya bitkisel dokuların gözenekleri üzerinden kütle transferini etkili bir şekilde artıran önemli bir yöntemdir (Tomac et al., 2020). Vakum emdirim yönteminde, vakum basıncı uygulanarak kılcal damarlarda sıkışan iç sıvıların ve gazların çıkarılması ve atmosfer basıncı geri yüklendikten sonra istenen çözeltiyle değiştirilmesi mümkündür. Bu teknik, gıdaların boş fraksiyonlarını kullanarak kimyasal/organik bileşiklerin biyolojik dokuların kılcal yapısına emdirilmesini amaçlamaktadır (Kırmızııkaya and Çınar, 2018). Vakum emdirim, gıda endüstrisinde çeşitli ürünler için, örneğın tuz, bağlayıcı maddeler, kaplama malzemeleri, antioksidan veya antimikrobiyal maddeler vb. gibi bileşenlerin emdirilmesini kolaylaştırmak için kullanılır. İşlenecek gıdanın işleme verimliliğı ve kalitesi dikkatlice düşünölmelidir. Vakum emdirim, et ve su ürünlerinin genel kalitesini iyileştirmek ve raf ömrünü artırmak için mükemmel bir potansiyele sahiptir (Sharefiabadi and Serdaroglu, 2023). Vakum emdirim sisteminde kullanılan malzemeler Şekil 2.7’te gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Vakum emdirim sistemi (Hofmeister et al., 2005)

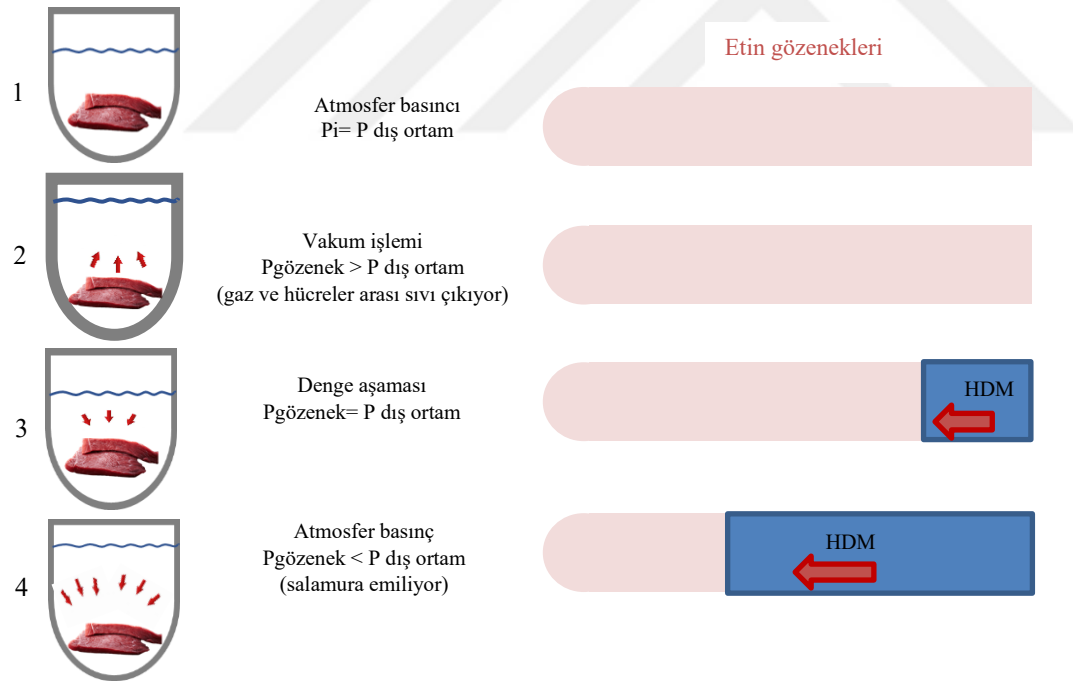
Vakum emdirim işleminin 4 aşamadan oluşmaktadır (Şekil 2.8):

1. Katı matrisin sıvı fazı içeren bir tanka daldırılması

2. Vakum ( $P_{\text{gözenek}} > P_{\text{dış ortam}}$ ), sistemde kapalı tankta kısa bir süre ( $t_1$ ) uygulanır ve gözeneklerdeki gazın genişlemesine yol açar. Daha sonra gaz ve biraz sıvı gözeneklerden çıkar.

3. Gözeneklerin basıncı sistem basıncına eşit olduğunda, ( $P_{\text{gözenek}} = P_{\text{dış ortam}}$ ) hidrodinamik mekanizmanın bir sonucu olarak sıvının kılcal borulara nüfuz etmesi artarak, kılcal yapının basıncı yavaşça yükselir.

4. Atmosfer basıncı ( $P_{\text{gözenek}} < P_{\text{dış ortam}}$ ) tanka bir süre ( $t_2$ ) boyunca geri yüklenir. Kılcal yapıdaki basıncın artması gözeneklerde kalan gaz hacminde önemli bir azalmaya yol açar ve dış çözeltiyi gözenekli yapıya akıtır (Sharefiabadi and Serdaroglu, 2023; Kırmızııkaya and Çınar, 2018).



Şekil 2.8. Vakum emdirim mekanizması

Vakum emdirim kullanarak et ve et ürünlerinin işlenmesi Çizelge 2.2 de sunulmuştur.

Çizelge 2.2. Et ve su ürünlerinde vakum emdirim tekniğinin uygulanmasına yönelik güncel araştırmalar.

Vakum emdirim ile yeni teknolojilerin birlikte kullanımı			
İşleme detayları	Ürün	Bulgular	Referans
Vakum emdirim (50 mbar, 5 dk) ve yüksek hidrostatik basınç (250 MPa, 6 dk) uygulamaları tek başına veya kombine kullanarak Lüfer filetosunun marinasyonu (%85,5 su, %14 limon konsantresi, %0.6 beyaz sirke ve %0.08 limon kabuğu aroması), 1–2 °C'de 16 gün depolama	Lüfer fileto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geleneksel marinasyona kıyasla, vakum emdirim tek başına, limon aroması algısının daha yüksek olması dışında, fizikokimyasal, mikrobiyolojik, oksidatif stabilite, ve duyuşsal özellikler üzerinde herhangi bir etki yapmamıştır.</li> <li>Vakum emdirim ile basınç uygulaması, 16 gün boyunca 2°C'de depolama sonrası toplam aerobik mezofilik bakteri sayısını 4 log koloni oluşturan birim kob/g'ın altına düşürmüştür, konvansiyonel marinasyon ise bu sayı 6 log kob/g olmuştur.</li> <li>Renk ve doku basınç uygulamasından etkilenmiştir. Ancak, renk daha hassas olmuştur ve depolamanın başında, basınç uygulanan örneklerde L*, kontrol örneklerine göre daha yüksek olmuştur.</li> <li>Raf ömründe artış, lipit oksidasyonunun önlenmesi</li> </ul>	(Bou et al., 2023)
Chamuang yaprak ekstrakti (CLE) + yüksek voltajlı soğuk atmosferik plazma (HVCAP) (ST: 4°C, SD: 18 gün) ile marine edilmiş darbeli elektrik alanı (PEF) ve VE (Vp: 5kPa, Vt: 15 dk, Rt: 15 dk) kombinasyonu. PEF ön uygulama olarak	Beyaz karides	<ul style="list-style-type: none"> <li>PEF ile %2 CLE ile muamele edilen ve HVCAP'a tabi tutulan VE örnekleri 18 gün boyunca en düşük mikrobiyal yüke sahip, daha düşük lipit oksidasyonu, pH, toplam uçucu baz (TVB-N) ve</li> </ul>	(Shiekh et al., 2021)

kullanılmıştır (frekans: 10 Hz, darbe aralığı: 10 ms ve darbe süresi: 100 ms)		karbonil içeriğine sahip olmuştur. • Raf ömrü termal olmayan işlemler kullanılarak uzatılmıştır.	
Soğan suyuyla marine edilmiş sığır etinde ultrason (US) ve VE (Vp: 250, 500 ve 750 mbar, Vt: 10dk, Rt: 10dk) ön işlemlerinin kombinasyonu (ST: 4°C, SD: 24 saat). Ultrasonikasyon (frekans: 40kHz), VE ile kombine olarak kullanılmıştır	Sığır eti	• US-VE250 numunelerinde elde edilen en kısa tuzlama süresi	(Aykın-Dinçer, 2021)
Tavuk etinin marine edilmesinde (ST: 6°C, SD: 60 saat) darbeli vakum (Vp: 15 kPa, Vt: 150s, Rt: 4s) ve lazer mikro delmelerinin (mikro perforasyon) kullanımı. Lazer mikro delme ön işlem olarak kullanılmıştır (toplam 100-W gücün %35'i, 2 µs süreli 300 darbe ve darbeler arasında 1 µs gecikme)	Tavuk eti	• En iyi sonuçlar VE+ mikro perforasyon kombinasyonunda elde edilmiştir. Çözeltilerin emilimini artmış ve işlem süresi %34 oranında azalmıştır.	(Ramírez et al., 2021)
Domuz etinin vakum emdirim (Vp: 6.67 kPa, Vt: 5dk, Rt: 2dk) ve CO <sub>2</sub> -lazer mikro delme (ST: 8°C, SD: 60 saat) kombinasyonu ile marine edilmesi. Lazer mikro delme ön işlem olarak kullanılmıştır (45 W, 1 sn süreli 300 darbe)	Domuz eti	• Geleneksel marinasyona göre kütle transferi önemli oranda hızlanmış ve marinasyon süresi %47,8 oranında kısalmıştır.	(Figuerola et al., 2020)

#### Vakum emdirim (tek kullanımı)

İşleme detayları	Ürün	Bulgular	Referans
Balık kaplamasında suda çözünen polifenol ekstraktları (nar kabuğu (PPE), üzüm çekirdeği (GSE) ve yeşil çay (GTE) ile birlikte vakum emdirimin (Vp: 10 kPa, Vt: 5dk, Rt: 5sn) kullanımı (ST: 4°C, SD: 12 gün)	Balık eti dilimleri	• Kaplamalı gruplarda kontrole kıyasla düşük TBARS, TVB-N ve K değeri • En düşük TVB-N, TBARS, K değeri, su kaybı ve en yüksek kesme kuvveti ve duyusal değerleri kitosan-yeşil çay	(Zhao et al., 2021)

		ekstraktında görülmüştür.	
Soğan suyu ile sığır eti marine edilmesinde (ST: 4°C, SD: 24 saat) ultrasonikasyon (US) (frekans: 37 kHz, çalışma gücü: 150W) ve VE (Vp: 0,1 MPa, Vt: 20, 40, 60 dk) ön işlemlerinin (tek tek olarak) kullanımı	Sığır eti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• US ve VE ön işlemleri marinasyon çözelti alımını arttırmıştır.</li> <li>• Düşük tiramin, spermin ve putresin seviyeleri (biyojen aminler)</li> <li>• Duyusal özellikler üzerinde olumsuz bir etkisi olmamıştır.</li> </ul>	(Demir et al., 2021)
Çeşitli tuz konsantrasyonlarının ve vakum emdirim süresinin etkisi (Vp: -70 kPa) (ST: 4°C), balık-çözelti oranı 1:3 (w/w)	Balık ( <i>Acipenser gueldenstaedtii</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vakum emdirim tuzlama verimliliğini ve STK'yi arttırmıştır.</li> <li>• Özellikle 2 saatlik tuzlamadan sonra mikro yapı korunmuş, sertlik ve esneklik değerleri artmış, L* ve a* değerleri azalmıştır.</li> <li>• Ek olarak, vakum emdirilmiş filetolar 5 saatlik tuzlamadan sonra daha düşük TVB-N ve karbonil içeriğine sahip olmuştur.</li> </ul>	(Shen et al., 2020)
Vakum emdiriminin (Vp: 10000 Pa, Vt: 5dk, Rt: 420dk) kütle transfer kinetiği, doku ve renk (ST: 4°C) üzerindeki etkisi (1:10 balık-çözelti oranı)	Balık fileto ( <i>Merluccius hubbsi</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VE işlemi kontrole kıyasla renk ve dokuyu etkilemiştir</li> <li>• İşleme süresini kısaltmış ve emilimi arttırmıştır.</li> </ul>	(Tomac et al., 2020)
Balık jelatini (FG) ve üzüm çekirdeği ekstraktı (GSE) ile vakum emdirim yöntemi (Vp: 5 kPa, Vt: 15 dk, At: 10 dk) kullanılarak kaplama (ST: 4°C, SD: 12 gün), et-kaplama çözeltisi oranı 1:3	Tilapia fileto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Damlama kaybı, doku değişiklikleri ve mikrobiyal bozulmasının azaltılması</li> <li>• Disülfid bağları ve karbonil gruplarının oluşumunu engelleyerek protein oksidasyonunun geciktirilmesi, daha yüksek sülfidril içeriği ve Ca<sup>2+</sup>-ATPaz aktivitesinin korunması</li> <li>• Genel olarak, %3 FG + %0,9 GSE içeren VE yöntemiyle kaplama, balık fileto kalitesi</li> </ul>	(Zhao et al., 2019)

		üzerinde en iyi koruyucu etkiyi göstermiş ve raf ömrünü uzatmıştır.	
Dondurma-çözündürme döngüleri sırasında (-20°C'de 24 saat depolama ve ardından 4°C'de 12 saat çözündürme) ringa balığı antifriz proteini (AFP) ile CS@Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> nanoparçacıklarının kombinasyonu kullanılarak 0,06 MPa vakum emdirim işlemi	Kırmızı mercan balığı ( <i>Pagrosomus major</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vakum emdirim, buz kristallerinin büyümesini engelleyerek ve keskinliğini azaltarak son ürünün kalitesini artırmıştır.</li> <li>Dondurma-çözündürme hasarını en aza indirmiştir.</li> <li>Lipit ve protein oksidasyonunu önlemiştir.</li> <li>Dondurulmuş gıdaların maliyetinde azalma sağlamıştır.</li> </ul>	(Nian et al., 2019)
Darbeli vakum (Vp: 10 kPa, Vt: 5 dk) uygulanarak tuz alımı, numune/çözelti oranı 1:20 (ağırlık/hacim)	Pirarucu ( <i>Arapaima gigas</i> ) fileto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tuz alımında artış</li> <li>Oda sıcaklığında veya soğukta etkili tuzlama işlemi sağlanmıştır.</li> </ul>	(Martins et al., 2019)
Soğan suyu ile marine işlemi için VE (Vp: 0,1 MPa, Vt: 20, 40 ve 60 dk) kullanımı	Sığır eti	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geleneksel marinasyonla karşılaştırıldığında etin daha yumuşak olması</li> <li>Lipit oksidasyonunun azalması</li> </ul>	(Çelik, 2019)

Vp-vakum basıncı; Vt-vakum zamanı; Rt-restorasyon zamanı; ST-depolama sıcaklığı; SD-depolama süresi; L\*-parlaklık; a\*-kırmızılık; K value-etin tazelik indikatörü; At-atmosfer basıncındaki süre

VE, et ve su ürünlerinin genel kalitesini iyileştirmek ve raf ömrünü uzatmak için mükemmel bir potansiyele sahiptir. VE'nın çeşitli et ve su ürünlerinde kütle transfer oranını, harici çözelti alımını, STK, duyuusal ve teknolojik kalite parametrelerini artırmada avantajlar sağladığı bildirilmiştir. VE ile işlenmiş et ürünleri, işleme verimini başarılı bir şekilde artırabilir, doku ve duyuusal parametreleri koruyabilir (Demir et al., 2021). VE, oksidasyonu ve mikrobiyal gelişmeyi önlemek için yeterli olup, TVB-N ve biyojenik aminleri azaltabilmiştir (Shiekh et al., 2021).

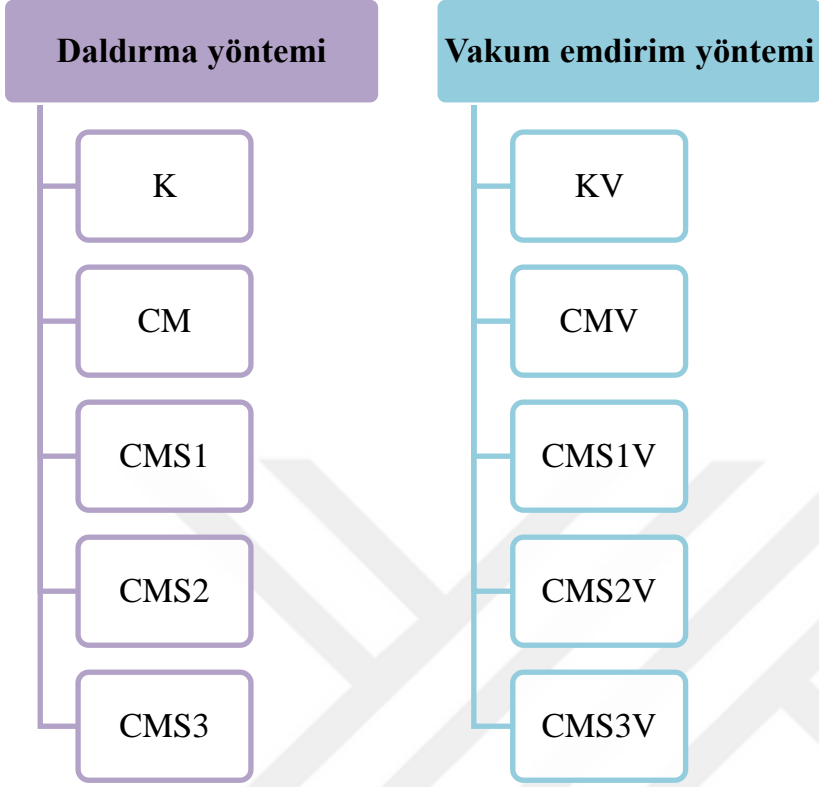
### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Deneme materyali olarak ölüm sertliği evresini tamamlamış taze hindi göğüs etleri (*Pectoralis major/minor*) İzmir ilinde bulunan Pınar Entegre Et ve Ün Sanayi A.Ş den sağlanmıştır. Çiya tohumu Tazemiz Doğal Ürünler (Mersin) firmasından, adaçayı esansiyel yağı ve vakum ambalaj poşetleri (23°C’de 3 g/m2d’lik su geçişi ve O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> için sırasıyla 23°C’de 50, 10, 150 cm<sup>3</sup>/m2d gaz geçirgenliği olan) İzmir ili yerel piyasasından temin edilmiştir. Nanoemülsiyon üretiminde kullanılan Tween 80 Smart Kimya Tic. ve Danışmanlık Ltd. Şti.’den tedarik edilmiştir. Denemeler kapsamında uygulanan analizlerin gerektirdiği kimyasal maddeler analitik saflıkta ve spesifikasyonlara uygun olarak kullanılmıştır.

#### 3.2. Deneme Deseni

Deneme kapsamında, hindi göğüs etleri, çiya müsilağı ve adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyonlarla kaplanmasına yönelik daldırma ve vakum emdirim olmak üzere iki farklı kaplama yöntemi kullanılmıştır. Kontrol grubu sadece saf su ile muamele edilmiş, diğer gruplar ise çiya müsilağı veya çiya müsilağı + adaçayı esansiyel yağının % 0,5, % 1 ve % 1,5 oranlarını içeren nanoemülsiyon çözeltileri ile kaplanmıştır. Böylece, iki kaplama yöntemi ve beş farklı formülasyon kombinasyonu sonucunda toplam 10 deneme grubu oluşturulmuştur. Deneme deseni Şekil 3.1 de verilmiştir.



Şekil 3.1 Deneme deseni

K: Hindi göğüs etinin saf su ile daldırma yöntemi kullanarak kaplanması

KV: Hindi göğüs etinin saf su ile vakum emdirim yöntemi kullanarak kaplanması

CM: %10 çiya müsilağı ile daldırma yöntemi ile kaplanan örnekler

CMV: %10 çiya müsilağı ile vakum emdirim ile kaplanan örnekler

CMS1: %10 çiya müsilağı + %0,5 adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon çözeltisi ile daldırma yöntemi ile kaplanan örnekler

CMS1V: %10 çiya müsilağı + %0,5 adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon çözeltisi ile vakum emdirim ile kaplanan örnekler

CMS2: %10 çiya müsilağı + %1 adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon çözeltisi ile daldırma yöntemi ile kaplanan örnekler

CMS2V: %10 çiya müsilağı + %1 adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon çözeltisi ile vakum emdirim ile kaplanan örnekler

CMS3: %10 iya müsilajı + %1,5 adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon çözeltisi ile daldırma yöntemi ile kaplanan örnekler

CMS3V: %10 iya müsilajı + %1,5 adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon çözeltisi ile vakum emdirim ile kaplanan örnkeler

### **3.3 Kaplama özeltilerinin Hazırlanması**

#### **3.3.1 iya müsilajın hazırlanması**

iya müsilajı, Yüncü ve ark. (2022) tarafından belirlenen yöntem ile üretilmiştir. iya tohumları dış kabuklarında bulunan polisakkaritlerin su ile birleştiğinde müsilaj oluşumunu sağlamak amacıyla ezilmiştir. Ezilen tohumlar 1:10 oranında su ile 45°C'de 15-20 dakika boyunca manyetik bir karıştırıcı üzerinde tam hidrasyon sağlanana kadar karıştırılmıştır. Tam hidrasyon, karışımın içerisine atılan balığın karışım içerisinde hareket edemediği gözlendiğinde sağlanmıştır. Hidrasyon sonrasında elde edilen viskoz çözelti çekirdek ve musilaj kısımlarının ayrılması amacıyla 4100 rpm'de 15 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Santrifüjleme işleminin ardından tüplerin üst kısmında biriken su fazı ayrılmış ve tüplerde kalan iya tohumları süzülerek yapıdan uzaklaştırılmıştır ve elde edilen müsilaj fazı daha sonra nanoemülsiyon formülasyonunda kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir. iya musilajı üretim akış şeması Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Çiya müsilajı hazırlama aşamaları

### 3.3.2 Nanoemülsiyon çözeltilisinin hazırlanması

Hindi filetolarının kaplanmasında kullanılan nanoemülsiyonun üretimi, Ghosh ve ark. (2013) yönteminde bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Nanoemülsiyon, çiya müsilağı, Tween 80 (HLB-15), su ve adaçayı esansiyel yağı (AEY) (%0,5, %1 veya %1,5) kullanılarak formüle edilmiştir. Formülasyonda kullanılan AEY, çiya müsilağı ve yüzey aktif madde oranları, ön denemeler ile belirlenmiştir. Nanoemülsiyon üretim süreci iki aşamadan oluşmaktadır (Şekil 3.3) . İlk aşamada, esansiyel yağ (%0,5, %1 veya %1,5), Tween80 ve su, Ultraturax (WiseTis Homogenizer HG-15D) kullanılarak 12000 rpm'de 2 dakika karıştırılarak basit bir emülsiyon oluşturulmuştur. İkinci aşamada, hazırlanan emülsiyon, yüksek basınçlı homojenizatör (GEA Lab Homogenizer Panda PLUS 2000) ile 120 MPa'da üç kez işlenerek nanoemülsiyon haline getirilmiştir. Sonrasında, elde edilen nanoemülsiyona %10 çiya müsilağı eklenmiş ve santrifüjleme (15 dk, 4100 rpm) işlemi yapılmıştır. Elde edilen nanoemülsiyonlar, 4°C'de 12 saat boyunca depolanmıştır.

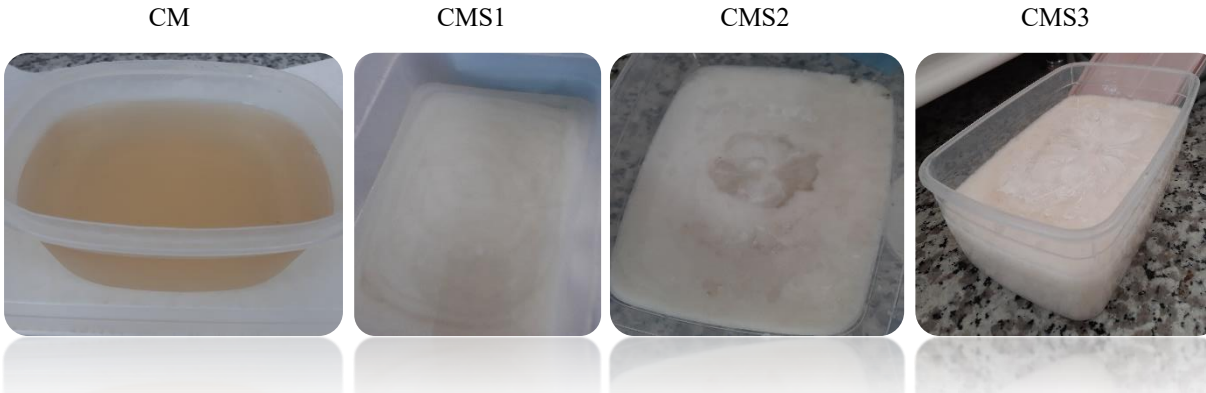


Su + Tween 80 (%1) + Adaçayı esansiyel yağı (%0,5-%1-%1,5)



Ultratrax ile emülsiyon oluşturmak (2 dk 12000 rpm)

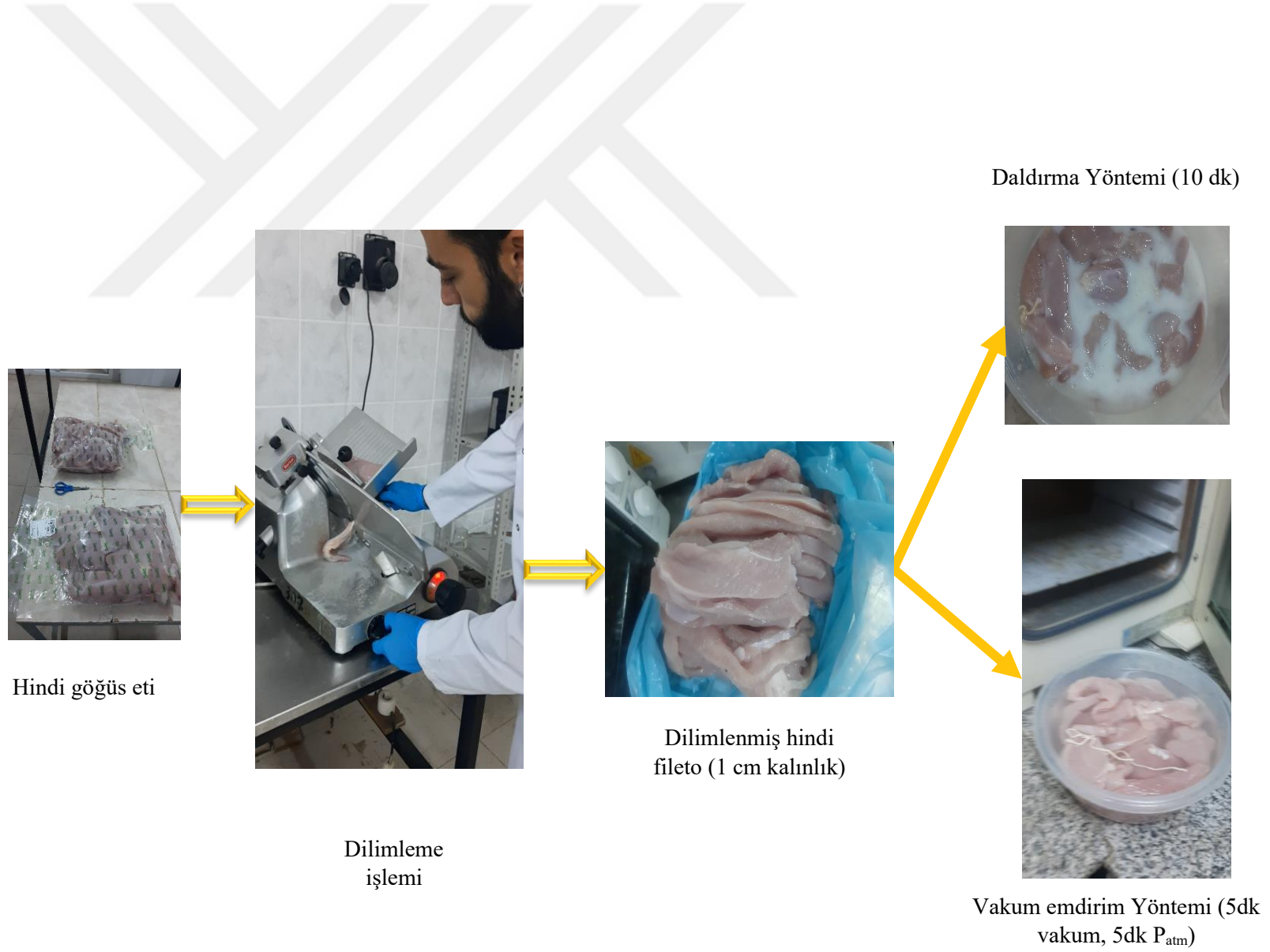
Yüksek basınç ile nanoemülsiyon oluşturmak (120 MPa, 3kez)



Şekil 3.3 Nanoemülsiyon çözeltilerin hazırlanması

### 3.4 Hindi Göğüs Etlerinin Kaplama İşlemi

Hindi göğüs etlerinin kaplama işlemine ait akış şeması Şekil 3.4 ve 3.5’de sunulmuştur. Hindi etlerin görünür yağ ve bağ dokuları uzaklaştırıldıktan sonra 1 cm kalınlıkta kaplama işlemi için hazır hale getirilmiştir. Vakum emdirim işlemi, ¼ HP güce sahip bir vakum pompasına (Alue,China) bağlı, uygulanan vakumun kontrolunun sağlanabildiği bir haznede gerçekleştirilmiştir (MMM Medcenter Vakumlu Etüv). Vakum emdirim işlemi, Zhao et al. (2021) tarafından belirtilen yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Nanoemülsiyon kaplama çözeltisinin vakum emdirim uygulanması amacıyla daldırılan örnekler 1:3 (et-kaplama çözeltisi) oranında 5 dk boyunca 5 kPa’lık vakum uygulanmış ardından 10 sn içerisinde atmosferik basınç geri yüklenerek örnekler 5 dk süreyle atmosferik basınçta tutulmuştur. Daldırma yönteminde ise hindi göğüs etleri nanoemülsiyon kaplama çözeltisine 1:3 oranda et-kaplama çözeltisine 10 dk tutulmuştur. Hindi eti yüzeyinde kalan fazlalık solüsyonun uzaklaştırılması amacıyla, kaplanan örnekler 30 dk boyunca süzölmüştür (Zhao et al., 2021; Mao et al., 2017). Üretimi tamamlanan örnekler modifiye atmosferde (%50 CO<sub>2</sub>, %50 N<sub>2</sub>, Henkelman Boxer42) ambalajlanmış ve 1°C’de depolanmıştır. Üretimden sonra kaplanan ürünler 0, 4, 8 ve 12.gün analizleri için depolanmıştır.

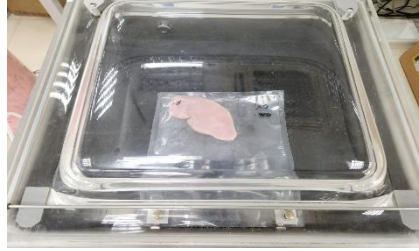


Şekil 3.4 Hindi göğüs etlerinin kaplama ve ambalajlama aşamaları



MAP (%50 CO<sub>2</sub>, %50 N<sub>2</sub>)  
ambalajlama işlemi

30 dk süzülme



Ürünler onaylanmış olup ve 12  
gün , 1°C'de depolanmıştır



Şekil 3.5 Hindi göğüs etlerinin kaplama ve ambalajlama aşamaları

### 3.5. Yöntem

Kaplama çözeltileri, kaplanmamış hindi göğüs eti, deneme desenine ait son ürün ve depolama periyodu boyunca gerçekleştirilen analizler Çizelge 3.1’de sunulmuştur. Analizler üretimi takiben ilk 24 saat içerisinde ve 12 günlük depolama periyodu boyunca 4 gün ara ile yapılmıştır.

Çizelge 3.1. Deneme kapsamında uygulanan analizler

<b>Kaplama çözeltilerinin analizleri</b>	<b>Hindi göğüs eti analizleri</b>	<b>Kaplama sonrası analizler (ilk 24 saat içinde)</b>	<b>Depolama 1°C de , 4, 8, 12. gün)</b>
Emülsiyon stabilitesi	Kimyasal kompozisyon (nem, protein, yağ, kül)	Kimyasal kompozisyon (nem, protein, yağ, kül)	pH
pH			Su tutma kapasitesi
Renk	pH	Kaplama verimi	Ambalaja sızıntı miktarı
Toplam antioksidan aktivite	Su tutma kapasitesi	pH	Renk (L*, a*, b*)
Toplam fenolik bileşik içeriği	Renk (L*, a*, b*)	Renk (L*, a*, b*)	Peroksit sayısı
Damlacık çapı	Tekstür profil analizi (TPA)	Su tutma kapasitesi	Tiyobarbütirik asit (TBARS)
ζ potansiyeli	Peroksit sayısı	Suda çözünürlük indeksi	Toplam karbonil miktarı
Reolojik özellikler	Tiyobarbütirik asit (TBARS)	Peroksit sayısı	Reaktif sülfidril grupları
Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR)	Toplam Karbonil	Tiyobarbütirik asit (TBARS)	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB)
Antimikrobiyal aktivite	Sülfidril Grupları	Toplam karbonil miktarı	Toplam psikrotrof bakteri sayımı (PTC)
	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB)	Reaktif sülfidril grupları	Maya-Küf
		Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB)	

Taramalı elektron mikroskobu	Toplam psikrotrof bakteri sayımı (PTC) Maya-Küf <i>Salmonella</i> aranması	Toplam psikrotrof bakteri sayımı (PTC) Maya-Küf Toplam uçucu bazik azot miktarı Tekstür profil analizi (TPA) Taramalı elektron mikroskobu Sululuk Tanımlayıcı duyuşal analiz	Toplam uçucu bazik azot miktarı Tekstür profil analizi (TPA) Tanımlayıcı duyuşal analiz
------------------------------	--	--	---

### 3.5.1 Kaplama çözeltilerinin analizleri

#### 3.5.1.1 Kaplama çözeltilerin stabilitesi:

Çözeltilerin stabilitesi, santrifüjleme ve termal kuvvetlerin uygulanmasıyla belirlenmiştir. 3000 rpm'de 3 dakika santrifüj edildikten sonra santrifüjleme stabilitesi gözlemlenmiştir (Serdaroğlu et al., 2016). Nanoemülsiyonların 4°C'de 7 gün depolanarak kremleşme stabiliteeleri değerlendirilmiştir (Gu et al., 2005). Termal stabilite, bir su banyosunda 70°C'de 30 dakika ısıl işlemden sonra ölçülmüştür (Surh et al., 2007). Stabil olduğu ön denemeler ile belirlenen nanoemülsiyon formülasyonlarında damlacık boyutu, ζ potansiyeli, reolojik özellikler ve FTIR spektroskopisi analizleri gerçekleştirilmiştir.

### 3.5.1.2 pH ve renk:

Kaplama çözeltilisinin pH değerleri portatif pH metre (WTV pH 3110 set 2, Germany) kullanılarak ölçülmüştür. Renk ölçümü (L\*-parlaklık, a\*- kırmızılık, b\*- sarılık) portatif renk ölçüm cihazı (CR-400, Konica Minolta, Japonya) ile 4 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

### 3.5.1.3 Toplam antioksidan aktivite:

Farklı oranlarda adaçayı esansiyel yağı eklenerek hazırlanan kaplama çözeltilerinin antioksidan aktivitesinin ölçülmesi amacıyla DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) analizi Byun ve ark., (2009) tarafından geliştirilen metot kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Byun et al., 2009) ve toplam antioksidan aktivite (TAA) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır (Marcinkowska-Lesiak et al., 2020):

$$TAA(\%) = (1 - As/Ac) \times 100$$

As: test örneğinin absorbansı ve Ac: kontrolün absorbansı

### 3.5.1.4 Toplam fenolik bileşik içeriği:

Kaplama çözeltilesindeki toplam fenolik bileşik içeriği, Yu ve ark., (2005) modifikasyonları ile Folin ve Ciocalteu yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Yu et al., 2017). Bu amaçla 2,5 ml örnek 7,5 ml metanol ile homojenize edilmiştir. Daha sonra, elde edilen 0,1 ml metanolik ekstrakta 0,5 ml Folin reaktifi ilave edilmiştir. 3 dk sonra, 1,5 mL (200 mg/ml konsantrasyonda) doymuş sodyum karbonat reaktif karışımına ilave edilmiş, son olarak distile su ile 10 mL'ye kadar doldurulmuş ve 40°C sıcaklıktaki su banyosunda 30 dakika bekletilmiştir. Absorbans, 765 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Sonuçlar, önceden hazırlanmış kalibrasyon eğrisine dayalı olarak, 100 g numunede mg gallik asit eşdeğeri (GAE) cinsinden üç tekrardan ortalama olarak hesaplanmıştır (Marcinkowska-Lesiak et al., 2020).

### 3.5.1.5 Damlacık çapı, zeta potansiyeli ve reolojik özellikler:

Kaplama çözeltilerin kararlılığı hakkında bilgi veren damlacık çapı ve zeta potansiyeli analizleri, reolojik karakterizasyon analizleri Ege Üniversitesi Farmasötik Bilimler Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Kaplama çözelti örneklerinin parçacık boyutu (PS) ve polidispersite indeksi (PI) 25°C'de, formülasyonların damıtılmış ve filtrelenmiş (0,45 µm) su ile seyreltilmesinden sonra 173° açıyla bir Nano-ZS Zetasizer (Malvern Instruments, Malvern, İngiltere) kullanılarak ölçülmüştür. Her deney altı kez gerçekleştirilmiştir.

Zeta potansiyelinin (ZP) ölçümü 25°C'de, 40 V/cm'lik bir elektrik alanı altında Nano-ZS Zetasizer kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümler altı kez gerçekleştirilmiştir.

Kaplama çözeltilerin reolojik davranışı Haake Mars reometresi (Thermo Fisher, Karlsruhe, Almanya) kullanılarak karakterize edilmiştir. Her formülasyonun sürekli kayma analizi, 20°C ± 0,1'de, akış modunda ve 0,3 mm boşluklu paralel çelik plaka geometrisi (çap 40 mm) ile birlikte gerçekleştirilmiştir. Örnekler dikkatlice alt plakaya yerleştirilmiş, formülasyonun kaymasının en aza indirildiğinden ve analizden önce en az 1 dakika dengeye gelmesine izin verildiğinden emin olmuştur. Yukarı ve aşağı akış eğrileri, bir dizi kayma hızı (10–1000s<sup>-1</sup>) boyunca ölçülmüştür. En az altı tekrar örneğinin akış özellikleri belirlenmiştir.

Her formülasyonun salınımlı analizi, gerilimin doğrudan gerinime orantılı olduğu ve depolama modülünün sabit kaldığı doğrusal viskoelastik bölgesinin belirlenmesinden sonra 20,0°C ± 0,1'de gerçekleştirilmiştir. Frekans tarama analizi, sabit bir gerilimin uygulanmasının ardından 0,1–10,0 Hz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. Her numune için standart boşluk boyutu 0,3 mm olmuştur. Depolama modülü (G') ve kayıp modülü (G'') ve viskozite (η') belirlenmiştir. Her analizde, en az altı tekrarın dinamik reolojik özellikleri incelenmiştir.

### 3.5.1.6 Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR)

FTIR spektroskopi analizi Ege Üniversitesi Merkezi Araştırma Test ve Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. FTIR cihazı (Perkin Elmer Spectrum Two), kaplama çözeltilerinin yapısal aydınlanmasında kullanılmaktadır ve moleküllerdeki bağların titreşim frekanslarını ölçerek ilgili fonksiyonel grupların tanınmasını sağlamaktadır. Elmas kristal-ATR (Zayıflatılmış Toplam Yansıma) modülü sayesinde örneklerde hızlı bir şekilde analiz yapılabilmektedir. Numuneler zayıflatılmış toplam yansıma probunun yüzeyine yerleştirilmiş ve spektrumlar 4 cm<sup>-1</sup> çözünürlükte 600 ile 4000 cm<sup>-1</sup> arasındaki dalga boyunda kaydedilmiştir.

### 3.5.1.7 Antimikrobiyal aktivite:

Farklı oranlarda adaçayı esansiyel yağı eklenerek hazırlanan kaplama çözeltilerinin antibakteriyel aktivitesinin yorumlanabilmesi için önce disk difüzyon analizi yapılması gerekmektedir. Antibakteriyel aktivite tespit edildiğinde, minimum inhibitör konsantrasyon (MIC) analizi gerçekleştirilir. Disk difüzyon yöntemi, önceden test bakterisi ile aşılansmış agar üzerine yerleştirilen antibiyotik emdirilmiş diskin nemi emmesi ve antibiyotiğin agar ortamında radyal olarak yayılmasıyla bir konsantrasyon gradyanı oluşturması prensibine dayanır. Diskin çevresinde antibiyotik konsantrasyonu yüksek olup, diskten uzaklaştıkça bu konsantrasyon kademeli olarak azalır ve organizma için artık engelleyici olmayacak bir düzeye gelir; bu noktadan sonra bakteri serbestçe gelişmeye başlar. Eğer ajan bakteriyel gelişmeyi durdurursa, inkübasyonun ardından antibiyotik diskinin çevresinde berrak bir bölge veya halka oluşur (Ruangpan and Tendencia, 2004).

### 3.5.1.8 Taramalı elektron mikroskobu (SEM):

Kaplama çözeltileri mikroyapıları Ege Üniversitesi Merkezi Araştırma Test ve Analiz Laboratuvarından SEM cihazı (Thermo Scientific Apreo S) kullanılarak hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmiştir. Analizin prensibi elektronik tabancasından (Schottky FEG) oluşturulan elektron demetinin iletken hale getirilmiş numune ile etkileşimi

sonucu oluşan görüntülerin X, Y ve Z eksenlerinde hareket ettirilerek belirli yakınlaştırma oranlarında mikrograflarının elde edilmesine dayanmaktadır.

### **3.5.2 Hindi etinde uygulanan analizler**

#### 3.5.2.1 Kimyasal kompozisyon:

Deneme örneklerinde kimyasal kompozisyonunun saptanması amacıyla nem ve kül tayini AOAC (2012), yağ tayini Flynn ve Bramblet (1975)'e göre yapılmış (Flynn and Bramblet, 1975), toplam protein miktarı, Kjeldahl yöntemine göre % (kuru madde bazında, kb) olarak tespit edilmiştir (AOAC, 2005).

#### 3.5.2.2 Kaplama verimi:

Hindi göğüs etlerin ağırlığı, kaplama işleminin başında (m0) ve sonunda (m1) tartılmıştır. Farklı şekillerde kaplanan hindi etlerinin kaplama verimi (ağırlık artışı, %) aşağıdaki denklemi kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Verim (\%)} = m1/m0 \times \%100$$

#### 3.5.2.3 pH:

Tüm örneklerde pH ölçümü batırma tipi prob kullanılarak portatif pH metre (WTV pH 3110 set 2, Germany) ile 3 ayrı noktada ölçülmüştür.

#### 3.5.2.4 Renk:

Deneme örneklerinde kesit yüzey renk ölçümü (L\*-parlaklık, a\*- kırmızılık, b\*- sarılık) portatif renk ölçüm cihazı (CR-400, Konica Minolta, Japonya) ile 4 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

### 3.5.2.5 Su tutma kapasitesi (STK):

Örneklerin su tutma kapasiteleri Hughes ve ark. (1997)'nin yöntemine göre aşağıdaki eşitlik kullanılarak saptanmıştır (Hughes et al., 2014).

$STK (\%) = 1 - [ \text{İlk tartım} - \text{Isıl işlem ve santrifüj sonrası tartım} ] / \text{örnekteki toplam su} * 100$

### 3.5.2.6 Suda çözünürlük indeksi (SÇİ):

Örneklerin suda çözünürlük indeksleri santrifüj ile uzaklaşan su miktarının ölçümü prensibine göre hesaplanarak serbest su (expressible moisture) cinsinden ifade edilmiştir (Menegassi et al., 2011). 1,5 g örnek Whatman no 3 filtre kağıdına sarılarak tartılmıştır. 3000 rpm'de 15 dk santrifüj edildikten sonra başlangıç ve santrifüj sonrası ağırlık farkı hesaplanarak serbest su miktarı belirlenmiştir.

### 3.5.2.7 Ambalaja sızıntı miktarı:

Deneme örneklerinde depolama boyunca ambalaja sızıntı miktarı, örneklerde ağırlık kaybı yüzdesi üzerinden hesaplanmıştır (Flores González et al., 2023).

### 3.5.2.8 Oksidasyon analizleri

#### 3.5.2.8.1 Peroksit sayısı:

Deneme örneklerinde depolama boyunca oluşan birincil lipit oksidasyonu ürünlerini saptamak amacıyla AOAC (2012)'e göre titrimetrik yöntemle yapılmıştır (AOAC, 2012).

### 3.5.2.8.2 Tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (Thiobarbituric Acid Reactive Substances ;TBARS):

Deneme örneklerinde depolama boyunca lipit oksidasyonunun ikincil ürünlerinin tespiti için Witte ve ark., (1970) tarafından tanımlanan metoda göre spektrofotometrik yöntemle yapılmıştır (Witte et al., 1970).

### 3.5.2.8.3 Toplam karbonil miktarı:

Örneklere gerçekleşmesi beklenen protein oksidasyonunun temel belirteçlerinden olan karbonil bileşiklerinin miktarı Oliver ve ark., (1987) tarafından geliştirilen ve Rodriguez-Carpena ve ark. (2011) tarafından modifiye edilen yöntem ile belirlenmiştir. Analiz için 10 g örnek tartılarak 100 mL 0,15 M KCl içinde homojenize edilir. Numuneden 25 µL alınarak birine 1 mL DNPH, diğerine 1 mL 2N HCl (kontrol için) eklenir ve 1 saat boyunca 15 dakikada bir çalkalanarak inkübe edilir. Daha sonra 1 mL TCA eklenerek çöktürme sağlanır ve 5000 rpm'de 10 dakika santrifüjlenerek süpernatant atılır. Pelet, 2 mL (1:1) etanol:etil asetat ile üç kez yıkanır (5000 rpm, 5 dk; 10000 rpm, 5 dk x2), ardından etüvde düşük sıcaklıkta kurutulur. Pelet 1,5 mL 6M Guanidin HCl içinde çözülerek karşılaştırmalı ölçüm için aynı hacimde Guanidin (kör) çözeltisi ile birlikte 370 ve 280 nm dalga boylarında spektrofotometrik analiz yapılır. Karbonil içeriği aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$(A370-A370 \text{ (kör)})/(22000 [A280-(A370-A370 \text{ (kör)})*0,43]) * 106$$

### 3.5.2.8.4 Reaktif sülfidril grupları:

Örnekleredeki sülfidril konsantrasyonlarının belirlenmesi için Ellman (1959)'ın çalışmasında geliştirdiği yöntem kullanılmıştır (Ellman, 1959).

### 3.5.2.9 Mikrobiyolojik analizler

Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayımı ve toplam psikrotrof bakteri sayımı Keykhosravy et al. (2020)'e göre yapılmıştır. Hindi eti örnekleri (10 g) %0,1

steril tamponlu pepton suyu (90 mL) içerisine yerleştirilerek 6000 rpm hızında 3 dakika boyunca bir stomacher kullanılarak homojenize edilmiştir (Seward Ltd., İngiltere). Mikrobiyal sayım için %0,1 steril peptonlu suda 1:10 oranında seri seyreltmeler hazırlanmış ve yüzeye yayma yöntemi kullanılarak 0,1 mL'lik miktarlar besiyerlerine ekilmiştir. Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) ve Psikrotrofik bakteriler, Plate count agar (PCA) besiyeri kullanılarak sırasıyla 30°C'de 24-48 saat ve 7°C'de 10 gün inkübasyon sonrası belirlenmiştir. Maya-küf sayımı FDA/BAM (2001)'e göre yapılmıştır (BAM, 2001). Taze kaplanmamış hindi etinde *Salmonella* aranması FDA yöntemine göre gerçekleştirilmiştir.

#### 3.5.2.10 Toplam uçucu bazik azot miktarı:

Toplam uçucu bazik-azot (TVB-N) değerleri, Goulas ve Kontoinas, (2005) yöntemine göre yapılmıştır. Analiz için 10 g örnek tartılarak 100 mL saf su eklenir ve homojenize edilir. Karışım 30 dakika oda sıcaklığında bekletildikten sonra filtre kağıdından süzülür. Elde edilen süpernatanttan 10 mL alınarak üzerine 10 mL MgO (10 g/L) çözeltisi eklenir. Destilasyon işlemi sırasında erlen içine 20 mL %2 borik asit ve indikatör karışımı eklenir. Amonyak buharı borik asitte tutulduktan sonra (yeşil renk), elde edilen çözelti 0,01 mol/L HCl ile titrasyon yapılarak analiz tamamlanır. TVB-N miktarı mg/100 g hindi eti olarak, eklenen hidroklorik asit hacminden (V) ve konsantrasyonundan (C) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Goulas and Kontominas, 2005).

$$\% \text{ mg TVB-N} = (V \times C \times 14 \times 100) / 10$$

#### 3.5.2.11 Tekstür profil analizi:

Tekstür profil analizi (Texture Profile Analysis, TPA), Texture Analyzer TA-XT2, Stable Micro Systems, Haslemere (UK) cihazı ile her bir işlem için beş kez gerçekleştirilmiştir ve TA-XT2 doku analiz cihazı (Stable Micro Systems, Haslemere, İngiltere) kullanılmıştır. 1 cm × 1 cm × 1 cm boyutlarında alınan örnekler, 5 mm/sn hız ve 50 kg yük hücresi ile orijinal yüksekliklerinin %50'sine kadar sıkıştırılmıştır. Sertlik

(N), yapışkanlık (cohesiveness) (boyutsuz), elastikiyet (springiness) (mm), sakızimsılık (gumminess) (N) ve çiğnenebilirlik (chewiness) (N×mm) (Serdaroğlu et al., 2016).

#### 3.5.2.12 Taramalı elektron mikroskobu (SEM):

Kaplanmış hindi etlerinin mikroyapıları Ege Üniversitesi Merkezi Araştırma Test ve Analiz Laboratuvarından SEM cihazı (Thermo Scientific Apreo S) kullanılarak hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmiştir. Analizin prensibi elektronik tabancasından (Schottky FEG) oluşturulan elektron demetinin iletken hale getirilmiş numune ile etkileşimi sonucu oluşan görüntülerin X, Y ve Z eksenlerinde hareket ettirilerek belirli yakınlaştırma oranlarında mikrograflarının elde edilmesine dayanmaktadır.

#### 3.5.2.13 Sululuk:

Hindi etlerinin sululuk değerleri Lucherker ve ark., (2017) tarafından belirtilen metod modifiye edilerek belirlenmiştir. Sululuk analizi pişmiş örneklerin basınç uygulaması sonucu kaybettiği ağırlığı göstermektedir. 1 cm<sup>2</sup> boyutunda kesilen hindi eti örnekleri filtre kağıdı ile üzeri kaplanacak ve TA-4 probu (1-1/2 inch) ile kuvvet uygulanarak baskılanmıştır. Tekstür profil analizörü (5g tetikleme kuvveti, test hızı: 0,5 mm/s) ile sululuk yüzdesi hesaplanmıştır. Her örnek için üç tekrar gerçekleştirilmiştir (Lucherker et al., 2017).

#### 3.5.2.14 Tanımlayıcı duyu analizi:

Farklı oranlarda adaçayı esansiyel yağı ilave edilerek çiya musilajından üretilen kaplama çözeltileri ile kaplanan hindi etleri merkez sıcaklıkları 72°C'ye ulaşana kadar sous vide yöntemi ile pişirilmiştir. Hindi eti örneklerinin tanımlayıcı duyu değerlendirilmesi, Gıda Mühendisliği Bölümünde beş eğitimli değerlendirici tarafından gerçekleştirilmiştir. Hindi eti örneklerinin duyu analizi, 5 puanlık tanımlayıcı bir ölçek kullanılarak "Genel görünüm", "renk", "lezzet", "sululuk", "tekstür" ve "genel kabul edilebilirlik" gibi duyu özelliklerinin tanımlayıcı değerlendirmesini içeriyor. 5

puan “son derece kabul edilebilir”, 1 puan ise “son derece kabul edilemez” olarak değerlendirilmiştir. Puanı 3'ün altında olan örneklerin duysal özellikleri kabul edilebilir düzeyin altında olarak değerlendirilmiştir (Dorđević et al., 2022).

Tanımlayıcı duysal analizi aşağıda belirtilen puanlamaya göre yapılmıştır.

Genel görünüm:



- Kan damarları ve kılcal damarların görünmesi -Lif sistemi et içerisinde dağılmış
- Liflerin kalın görünmesi -Belirgin bağ doku olmamalı
- Lif kesiti yerine pütürlü yapı görülmesi
- Belirgin bağ doku varsa

Renk:



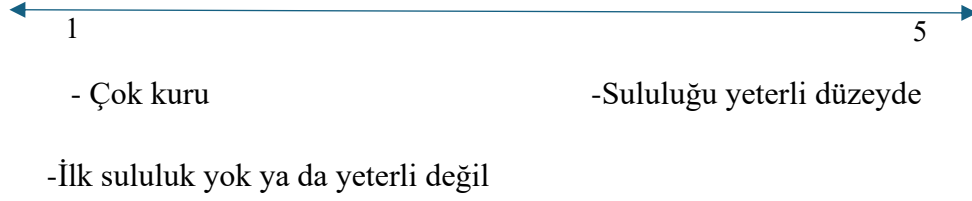
- Kahverengi renk görülmesi -Tipik kremi renk
- Homojen olmayan renk -Parlak ve homojen renk dağılımı
- Morumsu renk
- Sarılık kusuru

Lezzet:

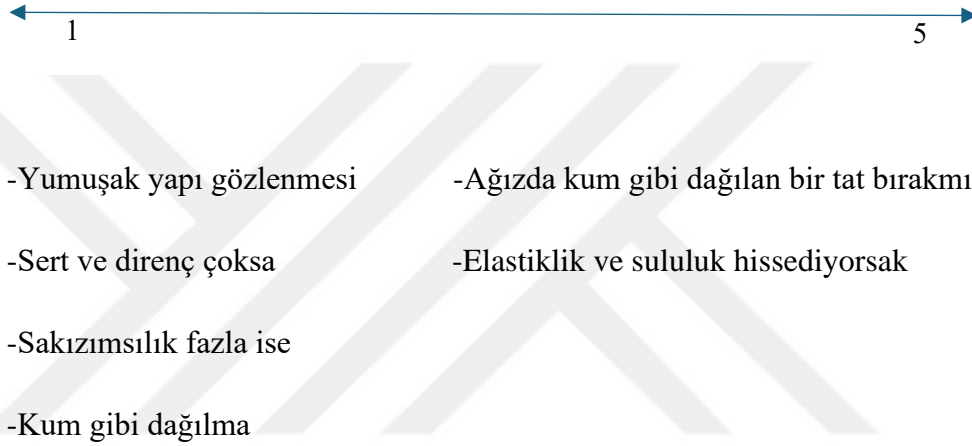


- Serum ve metalik lezzet var -Umami lezzet
- Okside lezzet var -Metalik tat yok
- WOF(bayatımsı lezzet) var -Okside ve yabancı lezzet yok

Sululuk:



Tekstür:



### 3.6. İstatistiksel Analizler

Planlanan denemeler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Uygulanan analizler ise özel olarak belirtilmediği durumda 3 paralel olarak yürütülmüştür. Verilerin istatistiksel analizi SPSS for Windows V 25.0 paket programı kullanılarak %95 güven aralığında gerçekleştirilmiştir. Formülasyon gruplarının analizi gerçekleştiren parametreler üzerine istatistiksel etkisi Tek Yönlü Varyans Analizi (One-way ANOVA) ile değerlendirilmiştir. İstatistiksel değerlendirmede veriler Genel Lineer Model (GLM) prosedürü ile incelenmiş; formülasyon grupları, kaplama yöntemi ve depolama süresi sabit etki modeli, üretim tekerrürleri ise rastgele etki modeli ile incelenmiştir. Formülasyonların ortalama değerlerinin anlamlı farklılıkların ( $P < 0,05$ ) tespiti için Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır.

## 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Kaplama Çözeltilerin Karakterizasyonu

#### 4.1.1 Kaplama çözeltilerin stabilite, pH ve renk sonuçları

Kaplama çözeltileri, 3000 rpm'de 3 dakika santrifüjleme ve 70°C'de 30 dakika ısıtılma işlemine tabi tutulduğunda faz ayrımı gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, +4°C'de 7 gün boyunca depolanan örneklerde kremleşme stabilitesi incelenmiş ve herhangi bir faz ayrımı tespit edilmemiştir. Çiya müsilağı, ve/veya %0,5, %1 ve %1,5 adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon kaplama çözeltilerinin pH değerleri sırasıyla 6,55, 5,97, 5,86 ve 5,73 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1). Çiya müsilağının pH değeri, Câmara et al. (2020), Darwish et al. (2018) ve Yüncü (2021) gibi çeşitli çalışmalarda ölçülen pH değeri ile benzer bulunmuştur. Adaçayı esansiyel yağı ilavesi pH değerinde azalmaya neden olmuştur, bu etki adaçayı esansiyel yağının pH'sı (5,62) ile ilişkilendirilebilir.

Çizelge 4.1. Kaplama çözeltilerinin pH değerleri

Kaplama çözeltisi	pH
CM	6,55±0,03 <sup>a</sup>
CMS1	5,97±0,03 <sup>b</sup>
CMS2	5,86±0,01 <sup>bc</sup>
CMS3	5,73±0,03 <sup>c</sup>

CM: çiya müsilağı, CMS1: çiya müsilağı+% 0,5 adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon, CMS2: çiya müsilağı+% 1 adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon, CMS3: çiya müsilağı+% 1,5 adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon. Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a, b, c: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0,05 seviyesinde).

Yenilebilir kaplamaların rengi, kaplanan ürünlerin görünümünü doğrudan etkileyerek tüketici tercihleri üzerinde önemli bir rol oynar. Kaplama çözeltilerin renk değerleri Çizelge 4.2 de sunulmuştur. L\* değerlerine bakıldığında en yüksek parlaklık CM grubunda görülmüştür (P<0,05) ve diğer gruplarda esansiyel yağ/emülgatör oranı arttıkça L\* değerlerinde düşüş görülmüştür. Yüzey aktif maddenin, EY

konsantrasyonuna göre daha fazla miktarda olması, damlacık çapını küçülterek emülsiyon sisteminin optik olarak daha şeffaf olmasına neden olmaktadır (Ghosh et al., 2013). En yüksek kırmızılık değeri çiya müsilaajında, EY eklenen örneklerin ise rengi yeşilimsi bulunmuştur (-a\* değerleri). En yüksek b\* değeri CM grubunda görülmüş (P<0,05), EY eklenen gruplar arasında ise b\* değerleri farklılık göstermemiştir. Çiya müsilaajının renk değerlerinin Yüncü ve ark. (2022)'nin bulguları ile uyumlu olduğu görülmüştür. Limon esansiyel yağı eklenen peynir altı suyu proteini bazlı yenilebilir kaplamaların a\* değerlerinde limon esansiyel yağının doğal yeşil rengi nedeniyle benzer sonuçlar elde edilmiştir (Galus et al., 2021).

Çizelge 4.2. Kaplama çözeltilerin renk değerleri

Kaplama çözeltisi	L*	a*	b*
CM	37,34±0,12 <sup>a</sup>	3,32±0,03 <sup>a</sup>	9,4±0,12 <sup>a</sup>
CMS1	31,71±0,5 <sup>b</sup>	-2,41±0,03 <sup>b</sup>	4,71±0,5 <sup>b</sup>
CMS2	25,54±0,34 <sup>c</sup>	-2,25±0,01 <sup>b</sup>	4,54±0,34 <sup>b</sup>
CMS3	23,87±0,71 <sup>c</sup>	-2,17±0,03 <sup>b</sup>	4,87±0,71 <sup>b</sup>

\*CM: çiya müsilaaj \*\*CMS1: çiya müsilaaj+% 0,5 adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon \*\*\*CMS2: çiya müsilaaj+% 1 adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon \*\*\*\* CMS3: çiya müsilaaj+% 1,5 adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon. Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a, b, c: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0,05 seviyesinde).

#### 4.1.2 Toplam antioksidan aktivite ve toplam fenolik bileşik içeriği

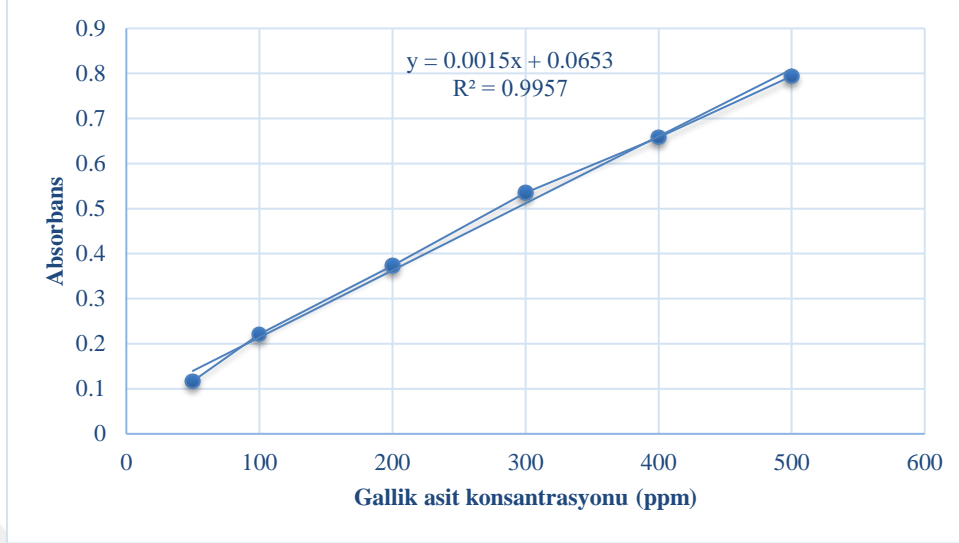
Kaplamaların toplam antioksidan aktivitesi (TAA), DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) serbest radikallerin temizleme yetenekleri incelenerek değerlendirilmiştir. Kaplama çözeltilerinin antioksidan aktivite ve toplam fenolik bileşik içeriği Çizelge 4.3 ve gallik asit çözeltisi standart eğri grafiği Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Örneklerin antioksidan aktivite sonuçları %50,2-55,53 aralığında değişmiştir. Nanoemülsiyon çözeltisi içerisinde AEY kullanım miktarının artırılması kaplama çözeltisinin antioksidan aktivitesini arttırmıştır (P<0,05). Kaplama çözeltilerinde formülasyonuna eklenen adaçayı esansiyel yağ oranı arttıkça toplam fenolik miktarının da arttığı görülmektedir (P<0,05). En yüksek fenolik bileşik içeriği %1,5 oranında AEY içeren CMS3 grubunda tespit edilmiştir (P<0,05). CMS1

formülasyonuna AEY eklenmesiyle toplam fenolik bileşik içerikte önemli bir artış gözlemlenmesine rağmen, antioksidan aktivitesinde Çiya müsülaja göre anlamlı fark görülmemiştir. Bu sonuç, tüm fenolik bileşiklerin aynı derecede antioksidan aktivite göstermemesiyle ilişkilidir; bu da mevcut olan belirli fenolik bileşik türlerine bağlı olabilir. Düşük konsantrasyonlarda, bazı bileşikler yeterli etkileşim sağlayamayabilir ve bu durum antioksidan aktivitede sınırlı artışlara neden olabilir (Mao et al., 2017; Freeman et al., 2010). Buna karşılık, daha yüksek konsantrasyonlar bileşikler arasındaki etkileşim ve sinerjik etki potansiyelini artırarak antioksidan kapasitede daha belirgin artışlara yol açabilir. Bu nedenle, fenolik bileşik içerikteki artış artan antioksidan potansiyelini işaret ederken, gerçek antioksidan aktivitesi, mevcut fenolik bileşiklerin özel etkileşimleri ve özelliklerine bağlıdır.

Çizelge 4.3. Kaplama çözeltilerin TAA değerleri ve toplam fenolik madde miktarı

<b>Kaplama çözeltileri</b>	<b>TAA(%)</b>	<b>Toplam fenolik bileşik içeriği(mg GAE/g)</b>
CM	50,20± 0,61 <sup>c</sup>	3,54±0,32 <sup>d</sup>
CMS1	50,94±0,57 <sup>c</sup>	23,8±0,23 <sup>c</sup>
CMS2	53,4±0,23 <sup>b</sup>	77,8±0,17 <sup>b</sup>
CMS3	55,53±0,19 <sup>a</sup>	139,13±0,5 <sup>a</sup>

CM: çiya müsülaj ,CMS1: çiya müsülaj+% 0.5 adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon, CMS2: çiya müsülaj+% 1 adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon, CMS3: çiya müsülaj+% 1.5 adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon. Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a-d: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0,05 seviyesinde).



Şekil 4.1 Gallik asit çözeltisi standart eğri grafiği

Kaplama solüsyonlarının antioksidan özellikleri, borneol, monoterenler (P- ve  $\beta$ -thujenes), okaliptol, P-karyofilen (humulen) ve  $\beta$ -karyofilen gibi çeşitli biyolojik olarak aktif bileşikler içeren AEY ile ilişkilidir (Ghorbani and Esmailzadeh, 2017). Ek olarak, antioksidan aktivite gösteren polisakkaritler içeren çiya musilajı nanoemülsiyonların antioksidan özelliklerine katkıda bulunabilir (Fernandes et al., 2023; Yazgan, 2020).

#### 4.1.3 Damlacık çapı, zeta potansiyeli ve reolojik özellikler

Homojenizasyon hızı, emülsiyonun kararlılığı ve damlacık boyutu ile doğrudan ilişkilidir. Hızın artırılması damlacıkların boyutunu küçültür (Keykhosravy et al., 2020). Sulu çözelti içinde dağılmış damlacıkların arayüzeyinde bulunan yüzey yükünü belirlemek için  $\zeta$ -potansiyeli ölçülmektedir. Damlacıkların çaplarının küçültülmesinde etkili olan diğer faktörler: surfektanın türü, esansiyel yağın türü, polaritesi ve viskozitesi, dispers ve sürekli fazların fizikokimyasal özellikleri ve çözeltinin viskozitesidir (Soni et al., 2023). Polidispersite indeksi (PDI), belirli bir süspansiyon içindeki damlacık boyutu dağılımının homojenliğini açıklayan kritik bir parametredir. PDI değerinin sayısal değeri 0 ile 1 arasında değişebilir ve eşit boyutlu parçacıklardan oluşan numuneler daha düşük PDI değerlerine sahiptir (Ansarian et al., 2022; Wang et

al., 2021). Kaplama çözeltilerin damlacık çapı, polidispersite indeksi ve zeta potansiyeli, Çizelge 4.4'de gösterilmiştir. EY/emülgatör konsantrasyonu arttıkça damlacık çapı CMS1 hariç artış göstermiştir ve en küçük damlacık çapı (335,56 nm), %1 (v/v) AEY içeren örnekte elde edildiği görülmüştür. Nanoemülsiyon kaplamanın, çiya müsilağı kaplama çözeltisinden daha küçük ortalama damlacık boyutuna ve CMS1 hariç daha yüksek PDI'ye sahip olduğu gözlenmiştir. Bu bulgular, homojenizasyon işleminden sonra damlacıkların genellikle küçük ve homojen bir boyuta sahip olduğunu göstermektedir. Benzer bir sonuç Liu et al. (2020) tarafından yapılan anason esansiyel yağı, polilizin ve nisin birleşik bir karışımıyla oluşturulan nanoemülsiyon aktif kaplamaların yemeye hazır domuz et ürünlerine uygulandığı araştırmada gözlenmiştir. Nanoemülsiyonun, normal emülsiyona kıyasla daha küçük ortalama damlacık boyutu ve PDI'ya sahip olduğu bulunmuştur. Genel olarak, emülgatör konsantrasyonundaki artış, arayüzeydeki difüzyon veya adsorpsiyonu ve daha küçük parçacıkların oluşumunu teşvik etmektedir (Liu et al., 2020). Bu bulgular, en küçük parçacık boyutuna sahip %1 AEY içeren nanoemülsiyonun oldukça kararlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.4. Kaplama çözeltilerin damlacık çapı, PDI ve zeta potansiyeli

Kaplama çözeltileri	Damlacık çapı (nm)	PDI	Zeta potansiyel(mV)
CM	2562,66 <sup>a</sup>	0,78 <sup>b</sup>	-44,7 <sup>a</sup>
CMS1	446,76 <sup>b</sup>	0,72 <sup>b</sup>	-41 <sup>a</sup>
CMS2	335,56 <sup>c</sup>	0,86 <sup>ab</sup>	-36 <sup>ab</sup>
CMS3	402,86 <sup>bc</sup>	0,94 <sup>a</sup>	-25,4 <sup>b</sup>

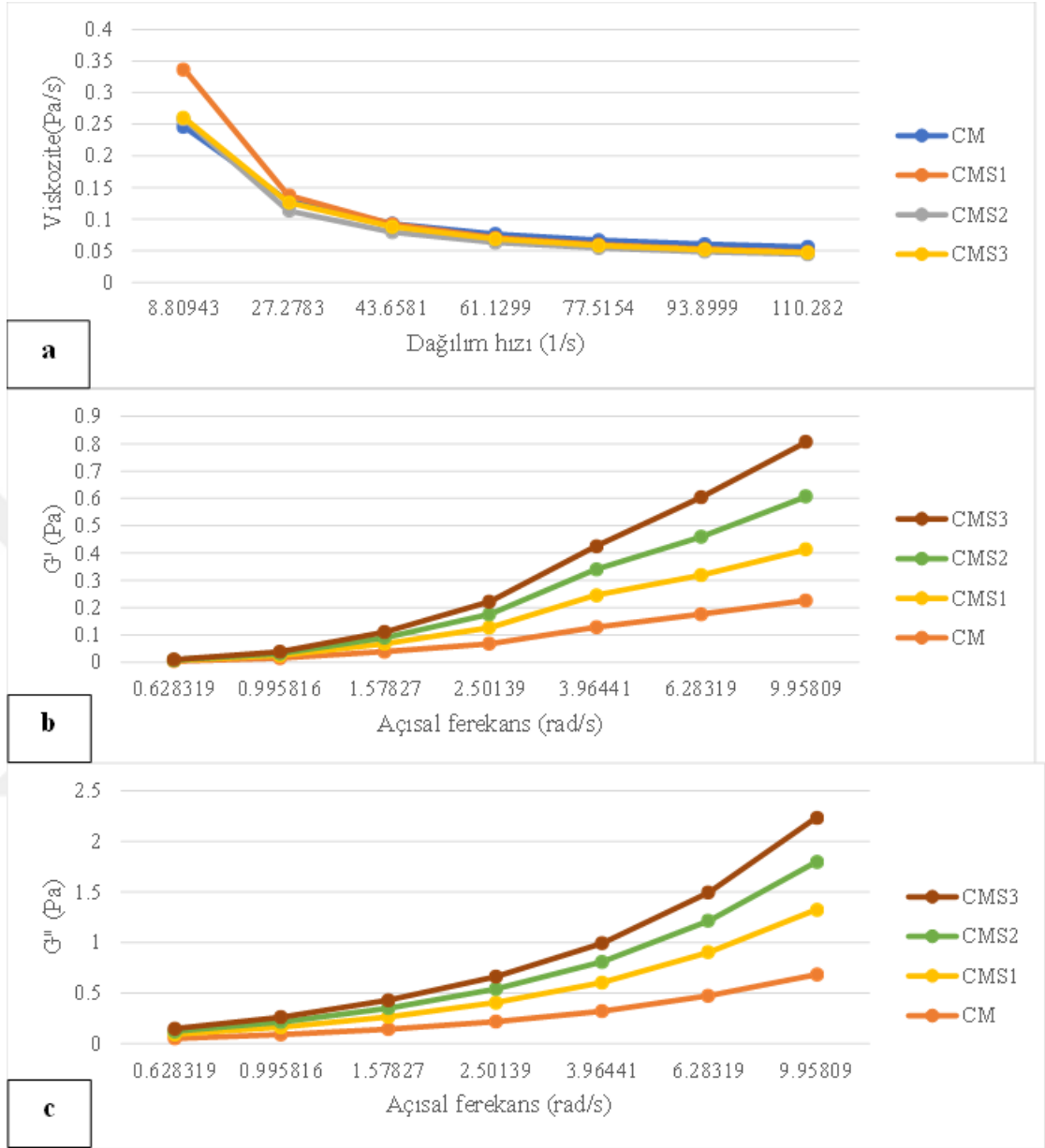
\*CM: çiya müsilağı \*\*CMS1: çiya müsilağı+%0,5 adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon \*\*\*CMS2: çiya müsilağı+%1 adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon \*\*\*\* CMS3: çiya müsilağı+%1,5 adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon

Akışkan davranışı hakkında iyi bir bilgi edinmek için kaplama çözeltilerin viskozitesi ve viskoelastik özellikleri ölçülmüştür. Kayma hızı ile viskozite arasındaki ilişki Şekil 4.2a'de gösterilmiştir. Tüm kaplama dispersiyonlarında elde edilen eğriler,

viskozitenin kayma hızına güçlü bir şekilde bağlı olmasından dolayı Newtonyen olmayan bir davranışı yansıtmaktadır. Kayma hızının artışı, koloidal yapıyı bozarak viskozitenin azalmasına yol açmaktadır (Abdou et al., 2018; Pal, 1999). Sonuçlar, tüm kaplama çözeltilerinin tipik shear-thinning (kayma incelmesi) reolojik davranış sergilediğini göstermiştir. Kaplama çözeltilerinin viskozitesi, kayma hızının artmasıyla azalmıştır ( $P < 0,05$ ). Çiya müsilağı 0,24 Pa·s'den 0,05 Pa·s'ye, CMS1 0,33 Pa·s'den 0,04 Pa·s'ye, CMS2 0,25 Pa·s'den 0,04 Pa·s'ye ve CMS3 0,25 Pa·s'den 0,04 Pa·s'ye düşmüştür. Çiya müsilağı çözeltilerinin görünür viskozitesi, AEY ilavesinden etkilenmemiş ve kayma incelmesi sıvı davranışını sürdürmüştür. Normal emülsiyon ile karşılaştırıldığında, nanoemülsiyon çözeltileri arasında viskozite açısından fark bulunmamıştır. Literatüre göre, reolojik davranış çözelti konsantrasyonu, parçacık boyutu ve dağılımı gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Huang et al., 2020). Yüksek basınçlı homojenizasyondan sonra, parçacık boyutu homojen bir boyut dağılımı ile küçültülmüştür, ancak polimerik zincirlerin bozulmasını ve viskozite düşüşünü önlemek amacıyla nanoemülsiyon üretiminin ardından çiya müsilağı eklenmiştir.

Frekans tarama eğrileri, bir ürünün depolama ve uygulama sırasında nasıl davranacağı hakkında görsel reolojik bilgi sağlayabilir. Dolaşık bir ağ frekans bağımlılığı gösterirken, kovalent güçlü bir jel frekans bağımsızlığı gösterir (Sarbon et al., 2015). Şekil 4.2, çiya müsilağı ve AEY eklenmiş nanoemülsiyonların viskozite, depolama modülü (elastik bileşenin ( $G'$ )), kayıp modülü (viskoz bileşenin ( $G''$ )) değerlerini göstermektedir. Depolama modülü ve kayıp modülü, çözeltinin sırasıyla katı benzeri tepkisinin ve sıvı benzeri tepkisinin ölçüleridir (Huang et al., 2020). Tüm kaplama çözeltilerinin hem kayıp modülü hem de depolama modülü, frekansın artmasıyla kademeli olarak artmıştır. Düşük kesişim frekansı, daha güçlü dolaşıklığa ve hidrojen bağına karşılık gelir. Özellikle, CM'nin kesişimleri en düşük frekansları göstermiş olup daha fazla hidrojen bağı üretilmesinin muhtemel olduğunu ve etkileşimlerin en güçlü olduğunu sunmuştur. AEY eklenmesi ile daha yüksek  $G'$  ve  $G''$  değerlerine sahip olmuştur ve damlacık çapı küçüldükçe elastisitesi azalmıştır. Her 4 grubun (CM, CMS1, CMS2 ve CMS3)  $G'$  ve  $G''$  değerleri 0 ile 10 rad/s arasındaki frekans aralığında frekansa bağlı olup,  $G''$  değerleri verilen frekans aralığında  $G'$  değerlerinden yüksek olmuştur, bu da güçlü ağ yapısının göstergesidir.

Huang ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada, biberiye esansiyel yağ (REO) ve  $\epsilon$ -poli-l-lizin içeren nanoemülsiyon bazlı yenilebilir kaplamaların (jelatin-kitozan), hazır karbonado tavuğun viskozite ve akışkan davranışı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar, tüm kaplama çözeltilerinin tipik shear-thinning (kayma incilmesi) reolojik davranış sergilediğini göstermiştir. Shear-thinning sıvı davranışına sahip jelatin-kitozan çözeltisinin görünür viskozitesi, REO ilavesiyle etkilenmiştir. REO'nun eklenmesi viskozitede bir artışa neden olmuştur. Bu durum, REO ilavesinin kaplama çözeltisinin konsantrasyonunu artırarak viskozitenin de artmasına yol açmasından kaynaklanabilir. Kaba emülsiyon ile karşılaştırıldığında, nanoemülsiyonun viskozitesi azalmıştır. Frekans tarama eğrileri incelendiğinde, tüm grupların  $G'$  değerlerinin 0 ile 100 rad/s arasındaki frekans aralığında frekanstan neredeyse bağımsız olduğu,  $G''$  değerlerindeki değişimlerin ise bu aralıktaki  $G'$  değerlerindeki değişimlere benzer olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, güçlü bir jel yapısının varlığını göstermiştir (Huang et al., 2020).



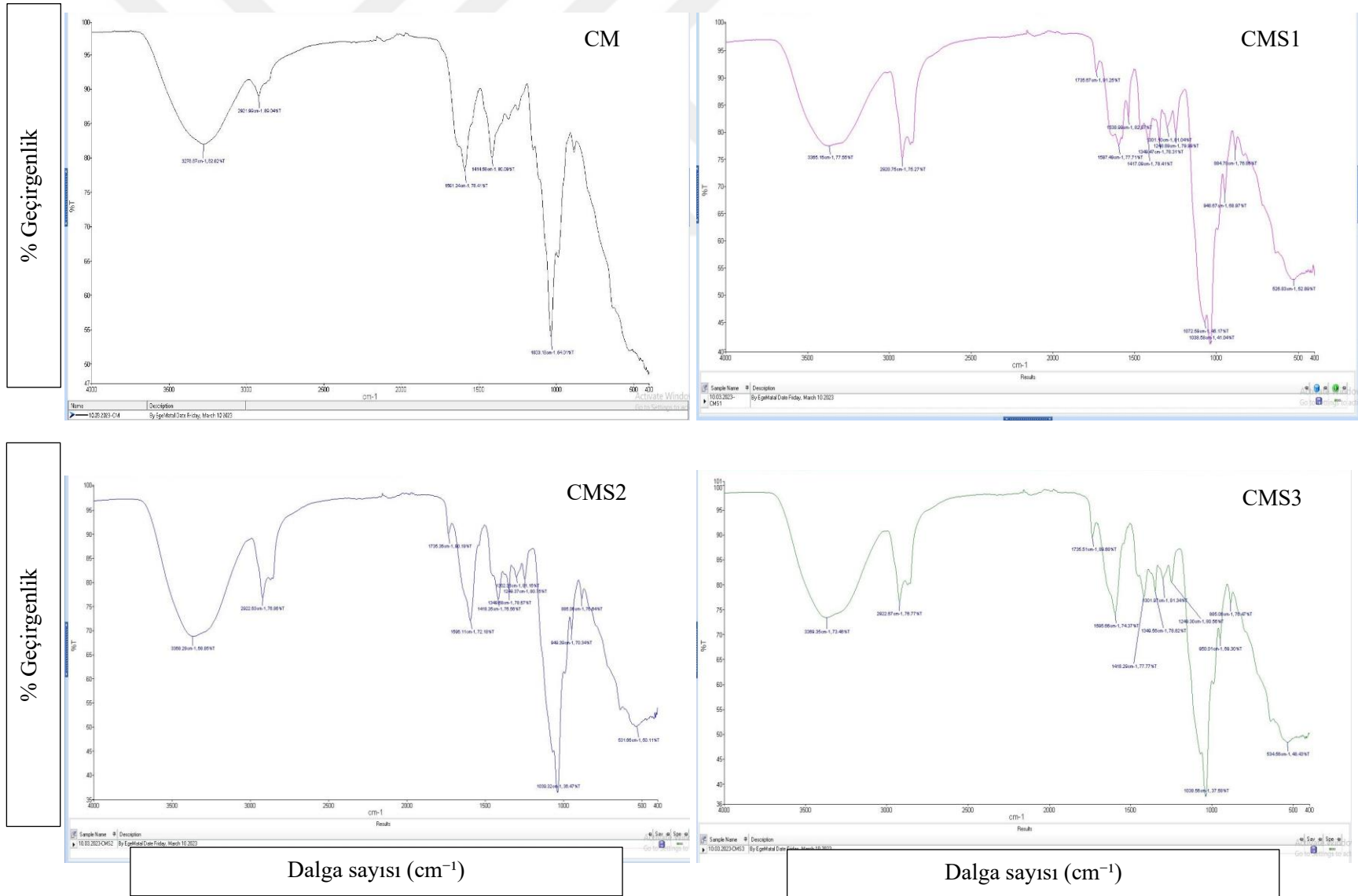
Şekil 4.2. Kaplama çözeltilerin viskozite ve frekans taraması

#### 4.1.4 Fourier dönüştümlü kızıl ötesi spektrometresi

Fourier dönüştümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi, numunelerin moleküler yapılarına dair bilgi sağlayan ve minimal numune hazırlığı gerektiren yaygın bir tekniktir (Valand et al., 2020). Mikroskobik konfigürasyonla güçlendirilmiş FTIR, kimyasal bileşimlerin daha derinlemesine karakterizasyonunu sağlar. Bu gelişmiş teknik özellikle lipid ve protein konformasyonlarını incelemeye, ayrıca bileşenlerin

dağılımlarını analiz etmede oldukça etkilidir (Timilsena et al., 2019). FTIR, katı, sıvı ve toz halindeki çeşitli malzemelerin yapılarının aydınlatılmasında kullanılmaktadır. FTIR cihazı moleküllerdeki bağların titreşim frekanslarını ölçerek ilgili fonksiyonel grupların tanınmasını sağlamaktadır. FTIR analizi, çiya müsülaj ve adaçayı esansiyel yağ arasındaki etkileşimi araştırmak için kullanılmıştır. Şekil 4.3 kaplama çözeltilerin FTIR analiz sonuçlarını göstermektedir.

4000–2500  $\text{cm}^{-1}$  (fonksiyonel grup bölgesi), moleküldeki hidrojen bağlı fonksiyonel grupların (OH, NH, CH) belirgin titreşimlerini içerir. 2500–1500  $\text{cm}^{-1}$  (çift bağ bölgesi), karbon-oksijen (C=O), karbon-karbon (C=C) gibi çift bağların titreşimlerinin bulunduğu bölgedir. 1500–500  $\text{cm}^{-1}$  (parmak izi bölgesi), moleküle özgü karakteristik titreşimleri içerir. Bu bölgedeki titreşimler genellikle daha karmaşıktır ve molekül yapısını tanımlamada kullanılır (Stuart, 2021).



Şekil 4.3. Kaplama çözeltilerin FTIR spektrumları

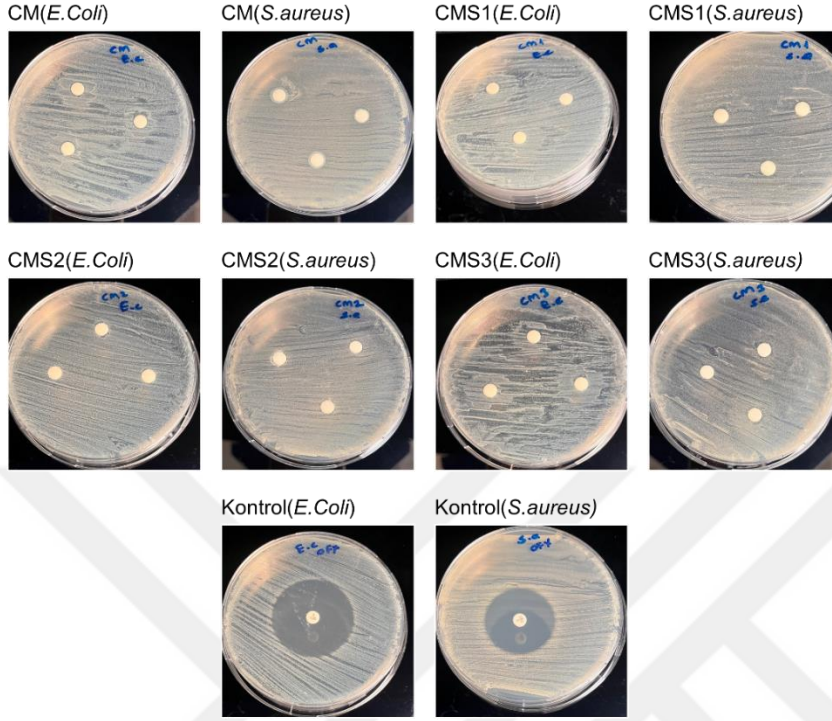
1033  $\text{cm}^{-1}$  'de pik, C-O bağlarının titreşimleri, polisakkaritlerin ana yapısında bulunan şeker birimlerine işaret eder. Özellikle polisakkaritlerde bulunan alkol (C-OH) gruplarını ve glikozid bağlarını (C-O-C) gösterir (Silva et al., 2022). 1414  $\text{cm}^{-1}$  'de pik, genellikle C-H bağlarının bükülme (deformasyon) titreşimleri ile ilişkilidir. Polisakkarit yapısındaki metil (-CH<sub>3</sub>) ve metilen (-CH<sub>2</sub>-) gruplarının (alifatik gruplar) varlığını gösterebilir (Jansen-Alves et al., 2018). Ayrıca, bu bölgedeki pik, karboksilat (-COO<sup>-</sup>) gruplarının asimetric bükülmesiyle de ilişkilendirilebilir, bu da müsilağın içerdiği uronik asit veya diğer karboksilat içeren bileşiklerin varlığını gösterir. 1591  $\text{cm}^{-1}$  'de pik, karbonil grubuna (C=O) ait gerilme titreşimlerini temsil eder ve polisakkarit yapısında bulunan karboksilat (-COO<sup>-</sup>) grupları veya proteinlerdeki amid grupları ile ilişkilendirilebilir. Çiya müsilağında, bu pik muhtemelen müsilağdaki uronik asit bileşiklerinin varlığına işaret eder. Uronik asitler, bitki hücre duvarlarında polisakkaritlerin bir parçası olan bileşenlerdir. 2921  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyu, tipik olarak C-H gerilme titreşimlerine (metil ve metilen grupları) karşılık gelir. Polisakkaritler ve lipitlerde bulunan bu gruplar, hidrojen atomlarının titreşimleriyle ilişkilidir. Müsilağda bulunan organik yapılar (örneğin, yağ asitleri, polisakkaritler) bu bölgede C-H gerilme titreşimlerine neden olur. Çiya müsilağının karbonhidrat ve yağ içeriği bu bölgede piki oluşturur. 3278  $\text{cm}^{-1}$  'de geniş pik, hidroksil (-OH) gruplarının gerilme titreşimlerine karşılık gelir (Timilsena et al., 2019). Bu pik, çiya müsilağının yüksek su bağlama kapasitesine sahip olduğunu ve su molekülleriyle hidrojen bağı oluşturduğunu gösterir. Aynı zamanda, polisakkaritlerin yapısındaki OH gruplarının varlığını da doğrular. Çiya müsilağının FTIR spektrumu, yüksek polisakkarit içeriği ve su tutma kapasitesine sahip bir yapıyı temsil etmiştir.

Timilsena ve ark. (2016) benzer şekilde, çiya tohumu (*Salvia Hispanica*) müsilağının FTIR analizi ile fizikokimyasal, termal ve reolojik özelliklerini incelemiştir. FTIR analizinde, çiya müsilağının fonksiyonel gruplarının karakterizasyonu yapılmış, özellikle hidroksil (-OH), karbonil (C=O) ve karbon-oksijen (C-O) gruplarına ait belirgin bantlar gözlemlenmiştir. Bu bantlar, çiya müsilağının yapısında bulunan polisakkaritler ve diğer biyoaktif bileşiklerin varlığını doğrulamaktadır (Timilsena et al., 2016).

AEY içeren ve içermeyen kaplamalar arasındaki spektrumdaki en büyük varyasyonun parmak izi bölgesinde olduğu görülebilir. Bunun nedeni, bu bölgedeki bantların molekül içindeki kimyasal bağlardan kaynaklanan temel titreşimleri temsil etmesidir (Galvin-King et al., 2019; Ciko et al., 2016). FTIR spektrumları karşılaştırıldığında,  $1038\text{ cm}^{-1}$  ve  $1418\text{ cm}^{-1}$  'in karakteristik noktaları çiya müsilajı ve AEY içeren nanoemülsiyon kaplamalarda hidroksil grupları ile karboksil grupları arasındaki güçlü elektrostatik etkileşim yoluyla oluştuğunu göstermiştir.  $1590\text{ cm}^{-1}$  'deki bant, amid I ve amid II'ye atfedilen N\\H bükülmesinin gerilme titreşiminden kaynaklanmıştır (Liu and Liu, 2020).  $1735\text{ cm}^{-1}$  ise aromatik esterleri göstermektedir. Sonuçlara göre, farklı konsantrasyonlar eklenen kaplamaların arasında fonksiyonel moleküler gruplarında önemli değişiklikler gözlemlenmemiştir. AEY eklenen nanoemülsiyon kaplamalar özellikle CMS3, CM örneği ile karşılaştırıldığında hidrojen bağlı fonksiyonel grupların pik noktası  $3278\text{ cm}^{-1}$  'den  $3369\text{ cm}^{-1}$  'a kaymıştır ve yoğunluğu azalmıştır. Bu, nanoemülsiyon ve çiya müsilaj arasındaki farkı göstermektedir.

#### 4.1.5 Antimikrobiyal aktivite

Çiya müsilajı ve farklı oranlarda AEY eklenerek hazırlanan kaplama çözeltilerinin Gram negatif bakteri: *Escherichia coli* ATCC 25922, Gram pozitif bakteri: *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 karşı antibakteriyel aktivitesi incelenmiştir. Pozitif kontrol olarak ofloksasin antibiyotiği (OXOİD)  $5\mu\text{g}$  disk kullanılmıştır. Şekil 4.4'de görüldüğü üzere kaplama çözeltilerinde *E.coli* ve *S.aureus* bakterileri üzerine antibakteriyel etkisi tespit edilmemiştir.

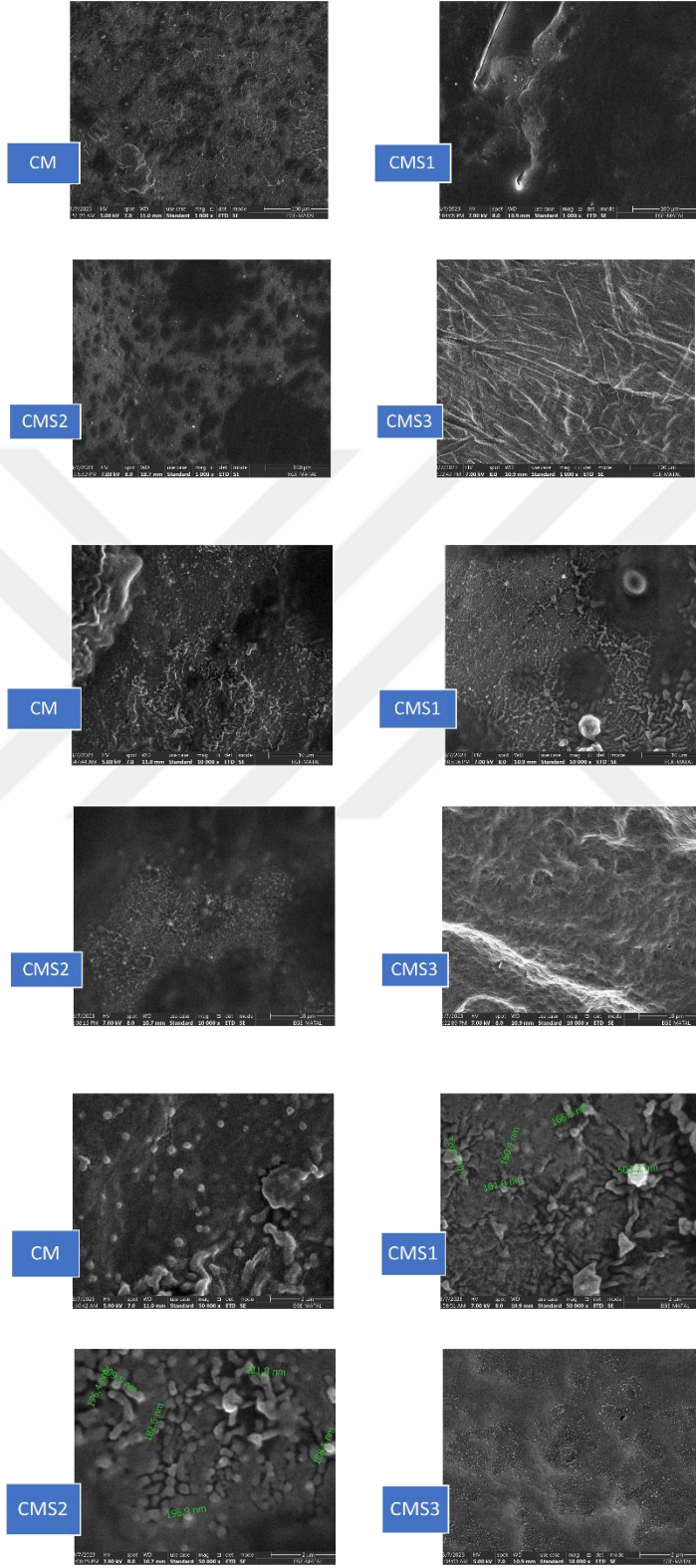


Şekil 4.4. Kaplama çözeltilerinin disk difüzyon testi

\*CM: çiya müsilaç \*\*CMS1: çiya müsilaç+%0,5 adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon \*\*\*CMS2: çiya müsilaç+%1 adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon \*\*\*\* CMS3: çiya müsilaç+%1,5 adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon

#### 4.1.6 Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

Kaplamalar hakkında yüksek kaliteli bilgi elde etmek için düşük sıcaklıkta mikro yapısı SEM ile analiz edilmiştir. Kaplama çözeltilerinin içerikleri (CM.çiya müsilaç, CMS1. çiya müsilaç + %0,5 AEY, CMS2. çiya müsilaç + %1 AEY, CMS3. çiya müsilaç + %1,5 AEY nanoemülsiyon kaplama çözeltileri) Şekil 4.5'de farklı yakınlaştırma oranlarındaki ( $\times 1000$ ,  $\times 10000$  ve  $\times 50000$ ) mikrografları görülmektedir.



Şekil 4.5. Kaplama çözeltilerinin farklı yakınlaştırma oranlarındaki ( $\times 1000$ ,  $\times 10000$  ve  $\times 50000$ ) mikrografları

Formulasyonunda yalnızca çiya musilajı içeren CM grubu kaplamanın yüzeyinin, küçük nanopartikül şekliyle pürüzsüz olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte AEY içeren nanoemülsiyon kaplamaların morfolojisi, mikro yapıda farklılık göstermiştir. Nanomülsiyon bazlı kaplamaların yüzeyinde yağ damlacıklarının nano boyutta olduğu ve homojen bir şekilde dağıldığı gözlenmiştir. Nanoemülsiyon kaplamaların içinde %1,5 AEY içeren kaplama materyali gözeneksiz ve mükemmel bir yapısal bütünlüğe sahip, yağ damlacıklarının sürekli faz içinde tutulduğu pürüzsüz ve homojen bir görünüm sergilemiştir. AEY ilave edilen nanoemülsiyonların mikro yapıları; jelatin-kitosan ve biberiye esansiyel yağı içeren emülsiyon ve nanoemülsiyon kaplamaların yapısı ile benzerlik göstermiştir (Huang et al., 2020). Homojenizasyondan sonra emülsiyon kaplamanın mikro yapılarındaki değişiklik, korumadaki bariyer kabiliyetini daha da etkileyebilmektedir. Pürüzsüz, homojen yüzeye ve gözeneksiz mükemmel yapısal bütünlüğe sahip nanoemülsiyon kaplama, oksijen geçirgenliğini ve mikroorganizma gelişmesinin engellemeye ve böylece hindi eti kalitesini korumaya yardımcı olduğu düşünülmektedir.

#### 4.2 Kaplanmamış Hindi Göğüs Eti Analizleri

Kaplanmamış hindi göğüs etinin nem, protein, yağ ve kül değerleri sırasıyla %71,52, %25,08, %1,25 ve %1,13 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, pH değeri 5,71 olarak ölçülürken, su tutma kapasitesi %95,46 olarak bulunmuştur. Taze hindi göğüs etinin elde edilen sonuçlar, araştırmacılar tarafından bildirilen bulgularla uyumlu olmuştur (Derin, 2020; Gong et al., 2010). Hindi göğsünün L\*, a\* ve b\* değerleri sırasıyla 44,09, 3,88 ve 0,94 olarak bulunmuştur. Kaplanmamış hindi etinin sertliği, esnekliği, yapışkanlığı, sakızlılığı ve çiğnenebilirliği sırasıyla 34,56 N, 0,060 mm, 0,070, 245,49 N ve 14,47 N×mm olarak belirlenmiştir. Peroksit, TBARS, toplam karbonil ve sülfidril değerleri sırasıyla  $1,17 \pm 0,18$  meqO<sub>2</sub>/kg,  $0,71 \pm 0,05$  mg malonaldehit/kg,  $0,24 \pm 0,01$  nmol karbonil/mg protein ve  $29,09 \pm 0,9$  nmol sülfidril/mg numune olarak bulunmuştur. Hindi etin TBARS değerleri, oksidatif bozulmanın kabul edilebilir sınırı olan 2 mg malonaldehit/kg altında bulunmuştur (Serdaroğlu et al., 2022). Oksidasyon değerleri, gerçekleştirilen araştırmalarla uyumlu sonuçlar göstermiştir (Ünal et al., 2020).

Taze hindi etlerinde *Salmonella* tespit edilmemiş olup, toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı (TMAB) 3,89 log kob/g, Toplam psikrotrof bakteri sayısını 3,76 log kob/g, küf ve maya sayısı ise 3,39 log kob/g olarak belirlenmiştir. Uluslararası Gıda Mikrobiyolojik Spesifikasyonları Komisyonu'na (ICMSF) göre taze et için önerilen maksimum TAMB 7 log kob/g değeri dikkate alınmıştır. Taze kanatlı etlerde psikrotrof bakteri sayısı (PTC) için bir limit belirtilmemekle birlikte, incelenen hindi etlerinde PTC sayısının düşük olması, mikrobiyolojik kalitenin yüksek olduğunu göstermektedir. Diğer araştırmalarda Toplam bakteri sayısı sınırının 6,0-7,0 log kob/g olduğu bildirilmiştir (Rukchon et al., 2014; Senter et al., 2000). Dolayısıyla hammadde olarak kullanılan hindi etinin tüketime uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

### 4.3 Kaplanmış Hindi Eti Analizleri

#### 4.3.1. kimyasal kompozisyon ve kaplama verimi

Farklı çözeltiler ile kaplanmış hindi göğüs etlerin kimyasal kompozisyonu ve kaplama işlemi ile alınan çözelti miktarı Çizelge 4.5'de sunulmaktadır. Kaplama formülasyonu örneklerin kimyasal kompozisyonunu önemli derecede etkilemiştir ( $P<0,05$ ). Kaplanmış hindi göğüs etlerinin nem, protein, yağ ve kül miktarları sırasıyla %70,41-76,39, %23,67-25,66, %1,14-2,05 ve %1,01-1,24 aralarında bulunmuştur. Deneme grupları arasında en yüksek nem içeriği CMS2 ve CMS2V örneklerinde tespit edilmiş olup, bu grupları CMS3 ve CMS3V örnekleri takip etmiştir ( $P<0,05$ ). Bu durum, AEY ve çiya müsilajının nanoemülsiyon formunda kullanılmasıyla örneklerde suyun tutulmasına yardımcı olduğu ve bu sayede toplam nem miktarını artırdığı şeklinde yorumlanabilir. En düşük nem oranı su ile kaplanan örneklerde bulunmuştur. Önceki yapılan araştırmamıza uyumlu bir şekilde bulunmuştur. Vakum emdirim işlemi kullanarak çiya müsilaj ve %1,5 demlenmiş adaçayı ile kaplanan hindi filetolar, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında daha yüksek nem içeriği göstermiştir ( $P<0,05$ ) (Sharefiabada et al., 2023). Hindi eti örneklerinin kaplama verimi %93,60-96,24 aralığında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.5). Çiya müsilajı ile kaplanan ve kontrol örneklerinde en düşük kaplama verimi gözlemlenirken, nanoemülsiyon ile kaplanmış örneklerin kaplama verimi daha yüksek bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Nanoemülsiyon

işleminin daha stabil ve daha küçük damlacıklar oluşturması, vakum emdirim yönteminin ise daha yüksek kütle transferi sağlayarak kaplama verimini artırması, bu tekniklerin başlıca avantajlarıdır. Bu durum, kaplama çözeltisinin emilimine ilişkin bulgularla desteklenmekte olup, hindi etlerin kaplama derecesini artırmasına bağlanabilir. Benzer bulgular Zhao ve ark. (2021) tarafından da bildirilmiştir (Zhao et al., 2021). Protein miktarının en yüksek olduğu kontrol gruplarında nem içeriği daha düşük bulunmuştur ( $P<0,05$ ); buna karşılık, AEY içeren gruplarda protein içeriğinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, katı madde miktarındaki artıştan kaynaklanıyor olabilir (Serdaroğlu et al., 2018). Yağ ve kül içeriği %1 ve %1,5 AEY içeren kaplama çözeltiler ile kaplanan örneklerde daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Kaplanmış hindi etinin kimyasal kompozisyonu ve kaplama verimi

Gruplar	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Kaplama verimi (%)
<b>K</b>	70,41±0,33 <sup>d</sup>	25,42±0,43 <sup>a</sup>	1,14±0,05 <sup>d</sup>	1,01±0,05 <sup>b</sup>	93,60 ± 0,20 <sup>e</sup>
<b>KV</b>	71,17±0,63 <sup>cd</sup>	25,66±0,49 <sup>a</sup>	1,14±0,03 <sup>d</sup>	1,02±0,01 <sup>b</sup>	94,44 ± 0,43 <sup>de</sup>
<b>CM</b>	71,04±0,82 <sup>cd</sup>	24,94±0,23 <sup>ab</sup>	1,46±0,35 <sup>cd</sup>	1,21±0,05 <sup>a</sup>	94,38 ± 0,48 <sup>de</sup>
<b>CMV</b>	71,47±0,80 <sup>cd</sup>	24,92±0,31 <sup>ab</sup>	1,46±0,34 <sup>abc</sup>	1,12±0,24 <sup>ab</sup>	94,42 ± 0,86 <sup>de</sup>
<b>CMS1</b>	71,29±0,68 <sup>cd</sup>	24,42±0,54 <sup>bcd</sup>	1,55±0,35 <sup>bcd</sup>	1,04±0,01 <sup>b</sup>	94,82 ± 1,02 <sup>bc</sup>
<b>CMS1V</b>	71,99±1,13 <sup>c</sup>	24,68±0,15 <sup>abc</sup>	1,93±0,31 <sup>abc</sup>	1,04±0,03 <sup>b</sup>	95,31 ± 0,81 <sup>abc</sup>
<b>CMS2</b>	75,42±0,48 <sup>ab</sup>	23,98±0,31 <sup>bcd</sup>	2,01±0,13 <sup>ab</sup>	1,24±0,03 <sup>a</sup>	96,24 ± 0,89 <sup>a</sup>
<b>CMS2V</b>	76,39±0,59 <sup>a</sup>	23,76±0,89 <sup>cd</sup>	2,05±0,38 <sup>a</sup>	1,12±0,01 <sup>ab</sup>	96,18 ± 0,59 <sup>a</sup>
<b>CMS3</b>	74,36±0,36 <sup>b</sup>	23,67±0,53 <sup>d</sup>	1,40±0,01 <sup>d</sup>	1,22±0,04 <sup>a</sup>	94,68 ± 0,58 <sup>bcd</sup>
<b>CMS3V</b>	75,22±0,22 <sup>ab</sup>	23,86±0,81 <sup>cd</sup>	1,47±0,19 <sup>cd</sup>	1,10±0,01 <sup>ab</sup>	95,73 ± 0,66 <sup>ab</sup>

<sup>a-e</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P<0,05$ )

Taze hindi göğüs etine uygulanan çeşitli kaplama formülasyonları ve kaplama yöntemi, birbirinden bağımsız olarak kimyasal kompozisyonu üzerinde önemli etkilere sahip olmuştur. Özellikle nanoemülsiyon kaplama çözeltileri kullanıldığında ürünün

nem, yağ ve kül oranı artmış olup, protein miktarında düşüş gözlemlenmiştir. Vakum emdirim, daldırma işlemi ile kaplanmış örnekler göre nem oranı daha yüksek bulunmuştur ( $P<0,05$ ). En yüksek nem oranı çiya müsilaj + %1AEY içeren nanoemülsiyon ile vakum emdirim kullanarak kaplanmış hindi etlerinde ve en düşük nem oranı K (su ile daldırma yöntemi kullanarak kaplanmış) grubunda tespit edilmiştir. Protein değerlerinde gruplar arası önemli fark tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Kaplama formülasyonları protein miktarını etkilemiştir, VE kullanımı ise anlamlı etkisi olmamıştır. En yüksek protein miktarı kontrol örnekler ait ve en düşük protein miktarı esansiyel yağ eklenmiş nanoemülsiyon çözeltiler ile kaplanmış hindi etlerine ait olduğu bulunmuştur. Bilindiği üzere müsilaj, çeşitli bitkilerden elde edilen, protein ve polisakkarit içeren jelatinimsi bir maddedir (Barazandegan, 2022). Protein miktarındaki bu azalmanın, nem oranının yüzdesel olarak artışıyla ilişkili olduğunu düşünülmektedir. Bu nedenle, çiya müsilajının protein içeriğini artırdığı ve AEY konsantrasyonu arttıkça protein miktarının düştüğü söylenebilir. Çiya müsilaj ve/veya nanoemülsiyon içeren çözeltiler ile kaplama yapıldığında yağ oranı artış göstermiştir ancak AEY konsantrasyonu arttıkça çözeltinin viskozite düşüşü nedeniyle CMS3 ve CMS3V gruplarında azalma tespit edilmiştir. En yüksek yağ içeriği çiya müsilaj+%1 AEY içeren çözeltiler ile kaplanmış örnekler ait ve en düşük yağ oranı kontrol örneklerinde bulunmuştur. Farklı formülasyonlar kullanarak kaplama işlemi hindi etlerin kül miktarlarını anlamlı derecede etkilemiştir ( $P<0,05$ ). Kül değerlerinde gruplar arası dalgalanmalar görülmüştür ancak genel olarak çiya ve/veya AEY eklendiğinde kül miktarı artmıştır. Bu durum, istatistiksel değerlendirmede de görüldüğü üzere (EK 1), kaplama formülasyonunun kül miktarı üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu, ancak kaplama yönteminin etkisiz kaldığını göstermektedir.

Benzer şekilde, narenciye esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon çözeltisi ile kaplanmış balıkların daha yüksek nem içeriğini matristeki polimerler arasında daha fazla çapraz bağlamaya ilişkilendirilmiştir. Oluşan nanopartiküller, kaplamadaki moleküller arası mesafeyi azaltması ve su moleküllerinin kaplama boyunca difüzyonunu önlemesini önermiştir (Wu et al., 2016). polisakkaritlerin yüksek hidrofilik doğaları nedeniyle zayıf nem bariyer özelliği nedeni ile taze ürünlerin dehidrasyonuna neden olur. Bu dezavantaj, polisakkaritin matrisine dahil edilen organik veya inorganik maddeleriyle (hidrofobik bileşiklerin örneğin, lipit bileşikleri olarak esansiyel yağlar) yenilebilir film ve kaplama kompozitleri daha iyi bariyer özelliklerine sahip olabilmektedir (Seifari and Ahari, 2020). Greyfurt esansiyel yağ nanoemülsiyonu ve çiya müsilağı içeren yenilebilir kaplamanın, kuzu eti dilimleri üzerindeki etkisi depolama süresi boyunca incelenmiştir. Genel olarak, yüksek konsantrasyonlarda esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon ile kaplanmış örneklerin nem içeriği kontrol numunesinden (EY ve müsilağ içermeyen) daha yüksek bulunmuştur (Zanganeh et al., 2023).

Gedikoğlu (2022) tarafından, çeşitli emülsiyon kaplama çözeltileri kullanılarak dilimlenmiş bolognaların kimyasal özellikleri incelenmiştir. Emülsiyon bazlı kaplamalar, benzer şekilde nem oranını artırmış ve protein miktarını azaltmıştır. Ancak, bizim bulgularımızın aksine, esansiyel yağ içeren kaplama çözeltilerinde yağ oranında bir azalma gözlemlenmiştir. Bu durumun, çözeltinin viskozitesindeki düşüşle ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Gedikoğlu, 2022). Herrero ve arkadaşlarının (2017) yaptığı çalışmada, çiya unu jel emülsiyonunun domuz frankfurter sosislerinde nem ve yağ bağlama özelliklerini artırma potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir (Herrero et al., 2017). Çiya müsilağı ve zeytinyağı içeren jel emülsiyonla işlenmiş yeniden formüle edilmiş köftelerde nem içeriğinin arttığı, ancak yağ ve protein içeriğinin kontrol grubuna kıyasla azaldığı görülmüştür (Liu et al., 2022). Yaghoubi ve arkadaşları (2021), *Artemisia fragrans* esansiyel yağı ve kitosan bazlı kaplamalar kullandıklarında, soğukta depolama süresince taze tavuk etinin kimyasal bileşimi üzerinde önemli bir etki gözlemlenmemişlerdir. (Yaghoubi et al., 2021). *Artemisia sphaerocephala* Krasch. zankı, anason esansiyel yağı, polilizin ve nisin içeren nanoemülsiyonlar ile kaplanmış et örneklerinde nem oranlarının hemen hemen aynı

olduğu, kaplamalı (zamk tek başına ve/veya aktif bileşenler ile) veya kaplamasız olarak zaman içerisinde belirgin bir değişimin olmadığı başka bir araştırmada gözlemlenmiştir (Liu et al., 2020). Darwish ve ark. (2018) farklı oranlarda çiya müsilağı (%1,1,5 ve 2), az yağlı yoğurt formülasyonuna eklenmesi ve eklenen müsilağ konsantrasyonları protein üzerine anlamlı etkisi olmamıştır (Darwish et al., 2018).

#### 4.3.2. pH

pH, et ve et ürünlerinin kalitesinin belirlenmesinde önemli bir göstergedir. Genel olarak, etin pH'sı proteinlerin izoelektrik noktasına (pH 5,3–5,4) yaklaştıkça, proteinlerin net yükü azalır ve buna bağlı olarak su molekülleriyle bağlanma kapasitesi de düşer (Serdaroğlu et al., 2007). Bununla birlikte pH değerindeki artış, daha yüksek su tutma kapasitesi, daha düşük damlama kaybı, daha yüksek L\* değeri ve etin daha fazla kas pigmenti içermesiyle paralellik gösterir (Jankowiak et al., 2021). Et ve et ürünlerindeki pH seviyeleri, mikrobiyal dengeyi ve bakteriyostatik özellikleri de etkileyebilir, bu da raf ömrünün kısalmasına neden olabilir. Taze etin pH değeri genellikle 6'nın altındadır ( Yaghoubi et al., 2021; Cullere et al., 2018). Örneklerin soğuk depolama sürecindeki pH değerleri Çizelge 4.6'da gösterilmektedir. Depolama başında pH değeri 5,77-5,79 aralığında ölçülmüştür. İlk 4 gün boyunca gruplar arasındaki pH değerlerinde belirgin bir fark gözlenmemiştir. Ancak 4. günden itibaren, kontrol örneklerinin pH değerleri diğer örneklerden yüksek bulunmuştur. 12 günlük depolama süresince, hem kontrol hem de kaplanan örneklerin pH değerlerinde artış gözlenmiştir. Ancak, depolama günlerinin ilerlemesiyle, çiya müsilağının tek başına veya EY içeren nanoemülsiyon kaplama çözeltisi formunda kullanılması, hindi etlerinin pH değerindeki artışı önlemiştir ve AEY konsantrasyonu arttıkça bu etki daha belirgin hale gelmiştir. Depolamam sonunda, kontrol grubuna ait pH değeri 5,95 ile en yüksek değer olarak ölçülürken, en düşük pH değeri %10 çiya müsilağ + %1,5 AEY ile kaplanmış örneklerde saptanmıştır. Kaplama formülasyonu ve depolama süreci kullanılan kaplama yönteminden bağımsız olarak pH değerleri ile etkileşimi gözlemlenirken, üç varyans değerinin birlikte etkisi anlamlı olmamıştır ( $P>0,05$ ) (EK 2).

Benzer sonuçlar farklı çalışmalarda da bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, *Cordia myxa* meyve müsilağı ve farklı konsantrasyonlarda (0%, 0,5%, 1%, 1,5% ve 2% v/v) biberiye esansiyel yağı içeren çözeltilerle kaplanan koyun etinin pH değerleri ile tutarlı olduğunu göstermiştir. Müsilaj ile kaplanan örneklerde pH artışı engellenmiştir, 9 gün süresince pH değerleri yükselmiş, ancak en düşük pH değeri %2 biberiye esansiyel yağı içeren gruplarda gözlemlenmiştir (Jooyandeh et al., 2023).

Greylfurt esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon ve çemen otu tohumu müsilağı bazlı yenilebilir kaplamalarla kaplanmış kuzu eti dilimlerinde, depolama süresi boyunca pH değerlerinin artışı, psikrotrofik bakteriler tarafından üretilen alkali bileşenlerin birikimi (uçucu bazların birikimi) ve enzimlerin otolitik aktivitesi ile ilişkilendirilmiştir (Yaghoubi et al., 2021). Depolamanın sonunda, kontrol örneğinde maksimum pH değeri, Greylfurt esansiyel yağı eklenen çemen otu tohumu müsilağı ile kaplanmış örneklerde ise en düşük pH değeri ölçülmüştür. Bu durumun, esansiyel yağ içeren nanoemülsiyonun antimikrobiyal özelliklerinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Kitosan ve Pelin otu esansiyel yağı ile kaplanmış tavuk etlerinde gözlemlenen düşük pH değerlerinin, bu maddelerin antibakteriyel özellikleri ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Yaghoubi et al., 2021).

Bizim bulgularımızın aksine, Yüncü (2021) çiya müsilağı ile kaplanan köftelerin kontrol grubuna kıyasla daha yüksek pH değerlerine (6,45) sahip olduğunu belirtilmiştir, bu yüksek pH değerinin çiya müsilağının yüksek olan pH değerinden kaynaklandığı öne sürülmüştür. Başka bir araştırmada, çiya müsilağı bazlı yenilebilir film ile kaplanmış tavuk nuggetler pH değerinde düşüş görülmüştür. Çiya müsilağı eklenmesi örneklerin pH değerini düşük olmasına neden olmuştur (Çelik and Sarıçoban, 2023).

Çizelge 4.6. Depolama boyunca pH değerleri

Gruplar	pH (0 gün)	pH (4 gün)	pH (8 gün)	pH (12 gün)
<b>K</b>	5,78±0,00 <sup>ay</sup>	5,82±0,02 <sup>ay</sup>	5,93±0,00 <sup>ax</sup>	5,95±0,04 <sup>ax</sup>
<b>KV</b>	5,79±0,01 <sup>ay</sup>	5,82±0,02 <sup>ay</sup>	5,90±0,01 <sup>bx</sup>	5,94±0,03 <sup>ax</sup>
<b>CM</b>	5,77±0,01 <sup>ay</sup>	5,78±0,02 <sup>ay</sup>	5,86±0,00 <sup>ex</sup>	5,86±0,03 <sup>bex</sup>
<b>CMV</b>	5,77±0,02 <sup>ay</sup>	5,78±0,03 <sup>ay</sup>	5,85±0,00 <sup>cdx</sup>	5,89±0,00 <sup>bx</sup>
<b>CMS1</b>	5,77±0,01 <sup>ay</sup>	5,76±0,06 <sup>ay</sup>	5,85±0,00 <sup>cdx</sup>	5,89±0,01 <sup>bx</sup>
<b>CMS1V</b>	5,78±0,00 <sup>az</sup>	5,78±0,02 <sup>ayz</sup>	5,83±0,04 <sup>dxy</sup>	5,86±0,01 <sup>bex</sup>
<b>CMS2</b>	5,77±0,00 <sup>ay</sup>	5,77±0,01 <sup>ay</sup>	5,81±0,00 <sup>ex</sup>	5,82±0,01 <sup>cdx</sup>
<b>CMS2V</b>	5,78±0,00 <sup>az</sup>	5,78±0,00 <sup>az</sup>	5,80±0,00 <sup>ey</sup>	5,85±0,00 <sup>bcdx</sup>
<b>CMS3</b>	5,77±0,00 <sup>ay</sup>	5,77±0,00 <sup>ay</sup>	5,80±0,01 <sup>ex</sup>	5,81±0,01 <sup>dx</sup>
<b>CMS3V</b>	5,77±0,00 <sup>ax</sup>	5,78±0,00 <sup>ax</sup>	5,80±0,00 <sup>ex</sup>	5,83±0,03 <sup>cdx</sup>

<sup>a-c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05)

<sup>x-z</sup> Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05)

### 4.3.3. Su tutma kapasitesi

Su tutma kapasitesi (STK), et endüstrisi ve tüketiciler açısından önemli bir kalite parametresidir ve ürünün kabul edilebilirliğini belirleyen temel faktörlerden olan gevreklik ve sululuğu etkiler (Yüncü et al., 2022). Ette su tutma kapasitesini etkileyen başlıca fiziksel ve biyokimyasal faktörler arasında genetik faktörler, net yük etkisi, sterik etki ve kesim sonrası değişimler (proteoliz ve protein oksidasyonu) yer almaktadır (Öztürk, 2018). Kaplanmış hindi eti örneklerinin STK değerleri %92,55-%96,02 arasında değişmiştir (Çizelge 4.7). Depolamanın başlangıcında örneklerin su tutma kapasiteleri benzer bulunmuştur. Depolamanın 4. gününde en düşük su tutma kapasitesi kontrol örneklerinde, en yüksek su tutma kapasitesi ise CMS3 ve CMS3V örneklerinde saptanmıştır. En yüksek konsantrasyonda AEY eklenen çiya müsilağı nanoemülsiyonu hindi eti örneklerinin su tutma kapasitesi değerlerinin yüksek olmasını

sağlamıştır. Çiya müsilağı ve adaçayı esansiyel yağı ile hazırlanan nanoemülsiyon kaplamanın vakum emdirim ile uygulandığı CMS3V örneklerinde ise, kaplamanın daha homojen olarak yayılması su tutma kapasitesinin daha da artırılmasına katkıda bulunmuştur. Depolama süresi boyunca tüm gruplarda su tutma kapasitesinde bir miktar azalma gözlenmiş olsa da, CMS3 ve CMS3V gruplarında su tutma kapasitesinde azalma saptanmamıştır. Örneklerin su tutma kapasitesi kaplama formülasyonundan etkilenmiş ( $P<0,05$ ), ancak kaplama uygulama yöntemleri etkili olmamıştır. Nanoemülsiyon kaplaması ile işlenen örnekler, belirgin bir şekilde daha yüksek STK değerleri göstermiştir ( $P<0,05$ ). Bu durum, nanoemülsiyon yapısının sağladığı artan hidrofobiklik sayesinde su bariyerinin güçlenmesi ile açıklanabilir. Depolama süresi, STK üzerinde anlamlı bir etki olmuş ve süre uzadıkça STK oranı azalmıştır. Bu azalma, protein yapısındaki değişiklikler ve oksidasyon süreçleri gibi STK'yı etkileyen faktörlerden kaynaklanabilir. Sadece çiya müsilağı ile kaplanan örnekler, kontrol kaplamalara (su ile kaplanan) kıyasla daha yüksek STK değerleri göstermiştir ve bu durum, çiya'nın su bağlama özelliğinden kaynaklanıyor olabilir. Kaplama formülasyonu ile depolama süresi arasındaki etkileşim de anlamlı bulunmuş olup, bu iki faktörün birlikte STK üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir ( $P<0,05$ ). Bezelye protein izolatının, protein içeriği ile sığır sosislerinin fiziksel özellikleri ve tüketici tercihleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çalışma, su tutma kapasitesindeki değişikliklerin formülasyondaki protein miktarı ve varlığı ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, fasulye unu ve jelatin gibi protein açısından zengin bileşenlerin eklenmesinin sosislerde su tutma kapasitesini artırdığına dair diğer çalışmalarla da uyum göstermektedir (Gomezulu and Mongi, 2022).

Başka bir çalışmada, kitosan (CS) ve kekik esansiyel yağı (OEO) içeren emülsiyon çözeltisiyle kaplanan tavuk göğüs etinin damlama kaybı, 12 gün boyunca +4°C depolama koşullarında kademeli olarak artış göstermiştir. Kontrol grubu örneklerinde damlama kaybı sürekli bir artış sergilemiş ve bu kayıplar kaplamalı tavuk göğüslerine göre anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Kekik esansiyel yağı içeren kitosan kaplaması, sadece kitosan ile karşılaştırıldığında, 12 günlük soğuk depolama süresinde tavuk göğüslerindeki damlama kayıplarını azaltmıştır. Kaplama gruplarındaki daha düşük damlama kaybı değerlerinin, kısmen kitosanın yüksek su

bağlama kapasitesine bağlı olduğu ifade edilmiştir. OEO'nun lipofilik yapısı ise su geçirgenliğini daha da azaltmış olabilir. Ayrıca, protein oksidasyonunun taze etin su tutma kapasitesini etkileyebileceği belirtilmiştir. Bu nedenle, OEO'nun depolama süresince protein oksidasyonunu engelleyerek tavuk göğüs etinin su tutma kapasitesini arttırabileceği önerilebilir (Zheng et al., 2023).

Çiğ ette depolama sırasında oluşan su kaybı, miyofibril yapısındaki değişiklikler, sıvının hücre dışı boşluklara itilmesi ve damlama kanallarının oluşumu gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Bu sonuçlar, sululuk analiz sonuçları ile de uyumlu olup, kaplamanın bariyer özelliklerine atfedilebilir.

Çizelge 4.7. Hindi göğüs eti örneklerinin depolama boyunca su tutma kapasitesi değerleri (%)

Gruplar	STK (0 gün)	STK (4 gün)	STK (8 gün)	STK (12 gün)
<b>K</b>	94,95±0,34 <sup>ax</sup>	94,27±0,39 <sup>ex</sup>	93,37±0,46 <sup>cy</sup>	92,90±0,33 <sup>dey</sup>
<b>KV</b>	94,47±0,52 <sup>ax</sup>	94,60±0,05 <sup>cdex</sup>	93,14±0,10 <sup>cy</sup>	92,55±0,36 <sup>ey</sup>
<b>CM</b>	95,42±0,86 <sup>ax</sup>	94,70±0,17 <sup>bcdexy</sup>	94,07±0,33 <sup>byz</sup>	93,71±0,29 <sup>cz</sup>
<b>CMV</b>	95,35±0,44 <sup>ax</sup>	94,48±0,10 <sup>dey</sup>	94,05±0,41 <sup>by</sup>	93,31±0,38 <sup>cdz</sup>
<b>CMS1</b>	95,36±0,40 <sup>ax</sup>	95,27±0,34 <sup>abxy</sup>	94,73±0,24 <sup>ayz</sup>	94,27±0,08 <sup>bz</sup>
<b>CMS1V</b>	95,51±0,19 <sup>ax</sup>	94,97±0,14 <sup>abcdy</sup>	94,72±0,23 <sup>ayz</sup>	94,56±0,16 <sup>abz</sup>
<b>CMS2</b>	95,51±0,59 <sup>ax</sup>	95,18±0,67 <sup>abcx</sup>	94,76±0,04 <sup>ax</sup>	94,51±0,22 <sup>abx</sup>
<b>CMS2V</b>	96,02±0,20 <sup>ax</sup>	94,93±0,15 <sup>abcdy</sup>	94,91±0,03 <sup>ay</sup>	94,60±0,13 <sup>abz</sup>
<b>CMS3</b>	95,71±0,62 <sup>ax</sup>	95,45±0,44 <sup>ax</sup>	95,10±0,36 <sup>ax</sup>	94,72±0,32 <sup>abx</sup>
<b>CMS3V</b>	95,75±0,97 <sup>ax</sup>	95,27±0,38 <sup>abx</sup>	94,92±0,09 <sup>ax</sup>	94,83±0,05 <sup>ax</sup>

Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a, b, c: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P<0,05). x,y,z: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P<0,05)

#### 4.3.4. Suda çözünürlük indeksi

Suda çözünürlük indeksi (SÇİ), etin işlenmesi sırasında eklenen sıvılar ve et kasında başlangıçta mevcut olan nem dahil olmak üzere, suyu tutma yeteneğidir. Kaplanmış hindi eti örneklerinin suda çözünürlük değerleri 22,42-24,76 arasında değişmiştir (Çizelge 4.8). Çizelgede gösterildiği üzere, depolamanın başlangıcında gruplar arasında önemli farklılık gözlenmeyen su tutma kapasitesi ile uyumlu bir şekilde SÇİ değerleri arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir.

Çizelge 4.8. Hindi göğüs eti örneklerinin suda çözünürlük indeksi

Gruplar	SÇİ (%)
<b>K</b>	23,03±0,98 <sup>a</sup>
<b>KV</b>	22,60±0,29 <sup>a</sup>
<b>CM</b>	22,51±0,1 <sup>a</sup>
<b>CMV</b>	23,63±0,27 <sup>a</sup>
<b>CMS1</b>	24,75±0,22 <sup>a</sup>
<b>CMS1V</b>	24,76±0,66 <sup>a</sup>
<b>CMS2</b>	24,39±0,38 <sup>a</sup>
<b>CMS2V</b>	24,50±0,13 <sup>a</sup>
<b>CMS3</b>	22,42±0,65 <sup>a</sup>
<b>CMS3V</b>	23,73±0,86 <sup>a</sup>

Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a: Aynı sütundaki değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ( $P>0,05$ ).

Suda çözünürlüğü etkileyen çözünür proteinin varlığıdır ve yüksek SÇİ yüksek düzeyde çözünür protein miktarını ifade edebilir. Proteinler, su moleküllerini çekerek proteinin polar gruplarına bağlanmalarını sağlar, böylece uzaysal yapılarını korur ve bozulmadan kalmasını kolaylaştırır (Gomezulu and Mongi, 2022). Nanoemülsiyon kaplama çözeltisi ile işlenen örnekler, yüksek SÇİ değerleri göstermiştir ve bu bulgular, protein miktarlarıyla uyumlu olmasına rağmen, bu etki istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Örneklerin suda çözünürlük indeksi kaplama çözeltisi uygulaması ve kaplama uygulanan yöntemlerden etkilenmemiştir ( $P>0,05$ ).

#### 4.3.5 Ambalaja sızıntı miktarı

Çiğ etteki su kaybı, miyofibrillerin aralığı, hücre dışına sıvının atılması ve damlama kanallarının gelişimi gibi çeşitli faktörlerden etkilenir (Zheng et al., 2023). Soğutulmuş depolama boyunca modifiye atmosfer ambalaj içerisinde muhafaza edilen örneklerin ambalaja sızıntı miktarı takip edilmiştir (Çizelge 4.9).

Ambalaja sızıntı miktarları örnekler arasında farklılık göstermiştir. Depolamanın henüz ilk aşamasında (4. gün) ambalaja sızıntı değerleri %4,46-%6,57 aralığında değişim göstermiştir. En yüksek değer, çiya müsilağı ve daldırma yöntemi ile kaplanmış örneklere ait iken, en düşük sızıntı değeri %1 AEY yağı ve çiya müsilağı ile hazırlanan nanoemülsiyonla kaplanan örneklerde gözlemlenmiştir ( $P<0,05$ ). Ayrıca, nanoemülsiyon kaplama çözeltileri ve VE tekniğı kullanılarak kaplanan gruplar, diğer örneklere göre daha düşük sızıntı oranlarına sahip olmuştur ( $P<0,05$ ). Bu sonuçlar, kaplama formülasyonunun ve kaplama yönteminin ambalaj sızıntısı üzerindeki etkilerini doğrulamıştır. Benzer şekilde, kekik esansiyel yağı eklenmiş kitosan bazlı kaplamalarla kaplanmış tavuk göğüs etlerinde de benzer bulgular elde edilmiştir. Bu çalışmada en yüksek sızıntı miktarı kontrol grubuna ait olup, sadece kitosan ile kaplanmış örnekler ikinci sırada yer almıştır. Kaplamadaki esansiyel yağ oranının artması, örneklerin ambalaja sızıntı miktarında bir azalmaya neden olmuştur (Zheng et al., 2023). Esansiyel yağlar, lipofilik yapıları nedeniyle kaplamaların su geçirgenliğini azaltarak, su kaybının önlenmesine yardımcı olabilmektedir (Atarés and Chiralt, 2016).

Çizelge 4.9. Depolama boyunca örneklerin ambalaja sızıntı miktarı

Gruplar	Ambalaja sızıntı miktarı (%)		
	4.gün	8.gün	12.gün
<b>K</b>	5,62±0,26 <sup>bex</sup>	2,30±0,83 <sup>abcy</sup>	1,74±0,27 <sup>dy</sup>
<b>KV</b>	5,72±0,25 <sup>bx</sup>	3,12±0,50 <sup>ay</sup>	2,29±0,28 <sup>abcy</sup>
<b>CM</b>	6,57±0,38 <sup>ax</sup>	1,84±0,61 <sup>bcdy</sup>	2,70±0,44 <sup>aby</sup>
<b>CMV</b>	5,80, ±0,24 <sup>bx</sup>	2,40±0,38 <sup>aby</sup>	2,56±0,23 <sup>abcy</sup>
<b>CMS1</b>	5,60±0,21 <sup>bex</sup>	1,97±0,12 <sup>bcdy</sup>	1,98±0,60 <sup>bcdy</sup>
<b>CMS1V</b>	5,18±0,08 <sup>cdx</sup>	2,10±0,72 <sup>bcy</sup>	1,96±0,42 <sup>bcdy</sup>
<b>CMS2</b>	4,46±0,27 <sup>ex</sup>	2,07±0,06 <sup>bcz</sup>	2,92±0,13 <sup>ay</sup>
<b>CMS2V</b>	4,50±0,43 <sup>ex</sup>	2,03±0,53 <sup>bcy</sup>	1,95±0,72 <sup>bcdy</sup>
<b>CMS3</b>	5,14±0,13 <sup>cdx</sup>	1,10±0,18 <sup>dz</sup>	1,91±0,17 <sup>cdy</sup>
<b>CMS3V</b>	4,91±0,18 <sup>dx</sup>	1,41±0,33 <sup>cdz</sup>	2,12±0,09 <sup>bcdy</sup>

<sup>a-e</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05)

<sup>x-z</sup> Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).

En yüksek ambalaj sızıntı miktarı tüm örneklerde depolamanın 4.gününde kaydedilmiş olup ardından devam eden depolama günlerinde ambalaja sızıntı değerleri düşmüştür. Depolamanın başlangıcında yüksek ambalaj sızıntı miktarı, fazla kaplama çözeltilisinin akmasından kaynaklanabilir. 8.günden itibaren %1 ve %1,5 esansiyel yağ içeren çözeltilerle kaplanan örneklerde ambalaja sızıntı miktarının hafif artması, kaplamanın su bariyer özelliğinin azalmasıyla ilişkilendirilebilir. Bizim sonuçlarımızın aksine, jelatin bazlı çözeltilerle kaplanan taze etlerde, depolama süresince ambalaj sızıntısındaki azalma, kaplamaların bariyer işlevi görerek su kaybını önlemesi ile açıklanmıştır (Antoniewski et al., 2007). Depolamanın sonunda, en yüksek sızıntı miktarı, %1 AEY içeren daldırma yöntemiyle kaplanan örneklerde gözlemlenmişken, en düşük sızıntı K grubunda bulunmuştur. Diğer gruplar arasında ise istatistiksel olarak

anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ( $P>0,05$ ). 12.günün sonunda, vakum emdirim yöntemi, daldırma yöntemine göre daha düşük ambalaja sızıntı miktarı sunmuştur.

#### 4.3.6. Renk

Parlaklık ( $L^*$ ), kırmızılık ( $a^*$ ) ve sarılık ( $b^*$ ) değerleri Çizelge 4.10, 4.11 ve 4.12’da sunulmuştur. Hindi eti örneklerinin başlangıç rengi  $L^*$ : 44,58-49,89,  $a^*$ : 3,25-4,14,  $b^*$ : 2,02-4,34 arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek parlaklık değerleri KV ve CMV gruplarında saptanmıştır.  $L^*$  değerlerinde 4.günde bir artış gözlenmiş ve bu artış, fazla kaplama çözeltisinin et yüzeyine salınmasıyla (ambalaja sızan miktarla uyumlu olarak) ilişkilendirilmiştir. Esansiyel yağ içeren kaplamaların  $L^*$  değerleri, kaplamayı oluşturan emülsiyonların başlangıç yapısı, partikül boyutları ve dağılımı, eklenen EY’nın konsantrasyonu ve kurutma işlemi sırasında çözücünün buharlaşmasıyla oluşan mikro yapı ile ilişkili olabilir (Socaciu et al., 2020).  $L^*$  değerlerinin en düşük olduğu örnekler , %1 ve %1,5 AEY içeren nanoemülsiyon ile kaplanan örnekler olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç, kaplama çözeltilerinin karakterizasyon sonuçları ile doğrulanmıştır. Bunun nedeni, yüzey aktif madde/EY oranı azaldıkça daha mat bir çözeltinin elde edilmesidir. Genel olarak, depolamanın başlangıç ve son günü arasında, CMS2 ve CMS3V grupları hariç,  $L^*$  değerlerinde anlamlı bir fark gözlenmemiştir ve bu da hindi etlerinin parlaklığının 12 gün boyunca korunduğunu göstermektedir. Depolama süresince  $L^*$  değerlerinin korunması, yenilebilir filmler aracılığıyla ışığın geçirgenliğini artırabilecek daha yüksek polimer zincir hareketliliği ve moleküller arası boşluklarla açıklanabilir (Erdem et al., 2019).

Çizelge 4.10 Depolama boyunca kaplanmış hindi etlerin L\* değerleri

Gruplar	L* (0.gün)	L* (4.gün)	L* (8.gün)	L* (12.gün)
<b>K</b>	45,85±0,36 <sup>d<sup>ex</sup></sup>	46,25±0,16 <sup>cd<sup>x</sup></sup>	48,83±0,32 <sup>bc<sup>x</sup></sup>	46,37±0,50 <sup>cd<sup>x</sup></sup>
<b>KV</b>	49,89±0,75 <sup>ax</sup>	50,72±0,03 <sup>ax</sup>	48,89±0,71 <sup>bc<sup>x</sup></sup>	47,91±0,75 <sup>bc<sup>x</sup></sup>
<b>CM</b>	48,56±0,63 <sup>ab<sup>x</sup></sup>	44,91±0,58 <sup>d<sup>z</sup></sup>	45,63±0,32 <sup>ey<sup>z</sup></sup>	47,98±0,96 <sup>bc<sup>xy</sup></sup>
<b>CMV</b>	49,54±0,15 <sup>ay</sup>	47,65±0,36 <sup>bc<sup>dz</sup></sup>	51,50±0,55 <sup>ax</sup>	50,05±0,52 <sup>ab<sup>xy</sup></sup>
<b>CMS1</b>	48,50±0,50 <sup>ab<sup>y</sup></sup>	50,81±0,14 <sup>ax</sup>	49,60±0,67 <sup>bc<sup>xy</sup></sup>	48,80±0,30 <sup>ab<sup>xy</sup></sup>
<b>CMS1V</b>	48,07±0,46 <sup>bc<sup>x</sup></sup>	50,33±0,38 <sup>ab<sup>x</sup></sup>	50,06±0,47 <sup>ab<sup>x</sup></sup>	50,79±0,76 <sup>ax</sup>
<b>CMS2</b>	47,31±0,45 <sup>bc<sup>x</sup></sup>	46,05±0,03 <sup>cd<sup>y</sup></sup>	46,30±0,06 <sup>d<sup>exy</sup></sup>	44,07±0,26 <sup>d<sup>z</sup></sup>
<b>CMS2V</b>	46,75±0,52 <sup>cd<sup>x</sup></sup>	46,87±0,58 <sup>cd<sup>x</sup></sup>	48,82±0,14 <sup>bc<sup>x</sup></sup>	48,89±0,82 <sup>ab<sup>cx</sup></sup>
<b>CMS3</b>	44,58±0,85 <sup>ez</sup>	48,47±0,61 <sup>ab<sup>cx</sup></sup>	47,30±0,15 <sup>cd<sup>y</sup></sup>	44,74±0,25 <sup>d<sup>z</sup></sup>
<b>CMS3V</b>	45,63±0,30 <sup>d<sup>ey</sup></sup>	46,18±0,49 <sup>cd<sup>y</sup></sup>	47,04±0,58 <sup>d<sup>exy</sup></sup>	47,87±0,64 <sup>bc<sup>x</sup></sup>

Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a-e: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P<0,05). x,y,z: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P<0,05)

Depolama sırasında ölçülen a\* değerleri (kırmızı-yeşil) Çizelge 4.11'de göstermektedir, a\* değerlerinde 0.günde örnekler arasında farklılık bulunmamıştır. Ancak, depolama süresinde KV, CMV, CMS2V, örneklerinin a\* değerlerinde değişim gözlenmezken diğer örneklerin a\* değerlerinde, dalgalanmalar yaşanmıştır. Etin renk parametrelerindeki değişiklikler, gelişen lipit oksidasyonu ile ilgili de olabilmektedir (Amaral et al., 2018).

Çizelge 4.11. Depolama süresince kaplanan hindi göğüs etlerinin a\* değerleri

Gruplar	a* (0.gün)	a* (4.gün)	a* (8.gün)	a* (12.gün)
<b>K</b>	4,14±0,13 <sup>at</sup>	5,05±0,28 <sup>abz</sup>	6,10±0,05 <sup>ax</sup>	5,46±0,17 <sup>cdy</sup>
<b>KV</b>	3,31±0,35 <sup>ax</sup>	3,64±0,69 <sup>dex</sup>	3,96±0,36 <sup>bx</sup>	4,16±0,70 <sup>efx</sup>
<b>CM</b>	3,54±0,37 <sup>az</sup>	5,29±0,32 <sup>ay</sup>	6,93±0,73 <sup>ax</sup>	6,50±0,62 <sup>abx</sup>
<b>CMV</b>	3,25±0,57 <sup>ax</sup>	4,41±0,19 <sup>bcdx</sup>	4,43±0,01 <sup>bx</sup>	3,96±0,38 <sup>fx</sup>
<b>CMS1</b>	3,64±0,09 <sup>az</sup>	4,53±0,45 <sup>abcyz</sup>	4,91±0,64 <sup>by</sup>	6,12±0,57 <sup>bcx</sup>
<b>CMS1V</b>	3,70±0,09 <sup>ay</sup>	4,34±0,40 <sup>bcdx</sup>	4,54±0,38 <sup>bx</sup>	4,85±0,30 <sup>dex</sup>
<b>CMS2</b>	3,42±0,59 <sup>az</sup>	4,76±0,11 <sup>abcy</sup>	4,30±0,33 <sup>by</sup>	6,98±0,49 <sup>ax</sup>
<b>CMS2V</b>	3,68±0,17 <sup>ax</sup>	3,66±0,73 <sup>dex</sup>	4,48±0,89 <sup>bx</sup>	4,03±0,42 <sup>efx</sup>
<b>CMS3</b>	3,62±0,75 <sup>axy</sup>	2,96±0,07 <sup>ey</sup>	4,29±0,05 <sup>bx</sup>	4,05±0,16 <sup>efx</sup>
<b>CMS3V</b>	3,60±0,34 <sup>ay</sup>	4,04±0,33 <sup>cdxy</sup>	4,72±0,53 <sup>bx</sup>	4,55±0,13 <sup>efx</sup>

Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a-e: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P<0,05). x,y,z: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P<0,05)

b\* değerleri (sarılık) depolama boyunca 2,01-5,62 aralığında değişiklik göstermiştir. AEY içeren örneklerde, 0.günde gruplar arasında belirgin farklılıklar görülmüş ve özellikle %1 ile %1,5 konsantrasyonlarında sarılık değerlerinde azalma tespit edilmiştir. Bu durum, formülasyona adaçayı esansiyel yağının eklenmesiyle ilişkilendirilebilir. Estévez ve ark. (2005), biberiye esansiyel yağının frankfurter ürününde renk değişimi üzerinde etkili olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde, Yerlikaya ve ark. (2021) yaptığı çalışmada, tavuk sosislerinde adaçayı esansiyel yağ oranı arttıkça sarılık değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Tüm depolama günlerinde b\* değerlerinde dalgalanmalar görülmüştür. Depolamanın sonunda AEY içeren örneklerin b\* değerlerinde bir artış meydana gelmiştir. Depolama süresinde en yüksek b\* değerleri CMV grubu hariç 12.günde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.12. Depolama boyunca kaplanmış hindi etlerinin b\* değerleri

Gruplar	b* (0.gün)	b* (4.gün)	b* (8.gün)	b* (12.gün)
<b>K</b>	4,01±0,93 <sup>abx</sup>	2,79±0,52 <sup>dx</sup>	3,10±0,20 <sup>bcdx</sup>	3,68±0,05 <sup>dx</sup>
<b>KV</b>	3,25±0,29 <sup>abcdxy</sup>	2,66±0,33 <sup>bcy</sup>	2,58±0,37 <sup>dy</sup>	3,53±0,42 <sup>dx</sup>
<b>CM</b>	3,12±0,22 <sup>abcdx</sup>	2,57±0,62 <sup>bcdx</sup>	3,78±0,12 <sup>abx</sup>	4,39±0,37 <sup>bcdx</sup>
<b>CMV</b>	2,86±0,13 <sup>bcdy</sup>	2,25±0,39 <sup>cy</sup>	3,34±0,63 <sup>bcdx</sup>	2,36±0,23 <sup>ey</sup>
<b>CMS1</b>	3,40±0,80 <sup>abx</sup>	3,56±0,48 <sup>ax</sup>	3,47±0,56 <sup>abx</sup>	4,29±0,26 <sup>cx</sup>
<b>CMS1V</b>	2,94±0,40 <sup>cdx</sup>	3,38±0,22 <sup>abx</sup>	2,78±0,70 <sup>cdx</sup>	3,51±0,24 <sup>dx</sup>
<b>CMS2</b>	2,34±0,44 <sup>ax</sup>	2,71±0,70 <sup>bcdx</sup>	3,42±0,20 <sup>abx</sup>	4,77±0,46 <sup>bcdx</sup>
<b>CMS2V</b>	2,73±0,46 <sup>bcdy</sup>	2,90±0,35 <sup>cdy</sup>	3,38±0,02 <sup>bcy</sup>	5,62±0,17 <sup>ax</sup>
<b>CMS3</b>	2,02±0,35 <sup>cdy</sup>	2,01±0,29 <sup>cy</sup>	4,12±0,08 <sup>ax</sup>	4,39±0,38 <sup>bcdx</sup>
<b>CMS3V</b>	2,42±0,29 <sup>cdyz</sup>	2,89±0,35 <sup>cdy</sup>	2,61±0,15 <sup>dy</sup>	4,91±0,37 <sup>bx</sup>

Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a-d: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P<0,05). x,y,z: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P<0,05)

Kaplanmış hindi etlerin renk parametreleri kaplama formülasyonu, kaplama yöntemi ve depolama süresinden etkilenmiştir. Çiya muşilajı ile kaplanan örnekler, kontrol grubuna bezir renk sergilemiştir. Adaçayı esansiyel yağı eklenmesi doğal rengi ve nanoenülsiyon yapısı (yüzey aktif madde/EY oranı) nedeniyle kaplanmış hindi göğüs etlerini etkilemiştir. Her bir varyans bağımsız olarak etkili olmuş, bunların birlikte kullanımı da istatistiksel olarak anlamlı bir etki göstermiştir (P<0,05). Renk parametrelerindeki değişiklikler, ürünün görünümünü etkileyen kaplama malzemeleri özellikle esansiyel yağların renginden kaynaklanmaktadır. Ancak, incelenen tüm örneklerin, renk değerlendirmesinde oldukça arzu edilen bir görünüm sergilemiştir.

Peynir altı suyu protein izolatı ve esansiyel yağlar (limon ve limon otu) içeren yenilebilir kaplamaların, 4°C'de depolama sırasında taze kesilmiş armutların rengi üzerine etkisi araştırılmıştır. Test edilen tüm kaplamalar, görsel olarak esansiyel yağ

ilavesinden bağımsız olarak  $L^*$  değerleri ile karakterize edilmiştir. En yüksek parlaklık değeri, kontrol kaplamaları için kaydedilirken, en düşük değer limon otu esansiyel yağı içeren filmlerde gözlemlenmiştir. Limon esansiyel yağı içeren kaplamalarda  $a^*$  parametresinde önemli bir azalma gözlemlenmiş, bu değerler kontrol gurubun değerine göre daha düşük bulunmuştur.  $b^*$  parametresi, limon ve limon otu esansiyel yağı içeren filmler için yükselmiştir (Galus et al., 2021).

Kekik esansiyel yağı içeren (%0,25-2,0, v/v) kitosan kaplamanın, buzdolabında depolama sırasında tavuk göğsü filetoalarının renk parametreleri üzerindeki etkilerini incelenmiş (Zheng et al., 2023), her gruptaki örneklerin  $L^*$  ve  $a^*$  değerleri kademeli olarak azalırken,  $b^*$  değerleri depolama süresinin ilerlemesi ile arttığı gözlemlenmiştir. Tavuk göğüslerinin depolama sırasında renk değiştirmesi, gri kahverengi metmiyogloblin (MetMb) oluşumunun artmasından kaynaklanıyor olabilir. Tek başına uygulanan kitosan kaplama ve kekik esansiyel yağı eklenen kitosan kaplama tavuk göğüslerinin depolama süresince renk stabilitesini korumuştur. Bu bulgu kekik esansiyel yağının ve kitosanın antibakteriyel etkisi ve antioksidan aktivitesi ile ilişkilendirilmiştir.

Tarçın esansiyel yağı nanoemülsiyonları ile kaplanmış tavuk göğüslerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin 4°C'de depolama sırasında iyi korunduğu Wang ve ark. (2021) tarafından da bildirilmiştir.

#### **4.3.7 Lipit ve protein oksidasyonu**

Lipit ve protein oksidasyonu, et ve balık gibi kaslı gıdalarda bozulmaya yol açan en önemli nedenler arasında yer almaktadır. Serbest radikal üretimi ve çeşitli reaktif türleri gıdalarda oksidatif hasara yol açmaktadır. Dolayısıyla et ve et ürünlerinde ortaya çıkan bu biyokimyasal değişiklikler lezzet, renk, doku ve besin değeri açısından kalitenin bozulmasına neden olmaktadır (Lorenzo et al., 2018).

#### 4.3.7.1 Peroksit sayısı

Peroksit sayısı, lipit oksidasyon sürecinin birincil basamağı sırasında üretilen peroksit ve hidroperoksit metabolitlerinin miktarındaki artışı gösterir (Keykhosravy et al., 2022). Çiya musilajı veya nanoemülsiyon çözeltileri ile kaplanan hindi etlerinin depolama boyunca ölçülen peroksit değerleri Çizelge 4.13 'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.13. Kaplanmış hindi etlerin peroksit değerleri (meqO<sub>2</sub>/kg)

Gruplar	0.gün	4.gün	8.gün	12.gün
<b>K</b>	1,12±0,23 <sup>az</sup>	1,65±0,41 <sup>ay</sup>	1,97±0,00 <sup>by</sup>	2,95±0,02 <sup>ax</sup>
<b>KV</b>	0,99±0,01 <sup>at</sup>	1,71±0,31 <sup>az</sup>	2,17±0,00 <sup>ay</sup>	2,98±0,00 <sup>ax</sup>
<b>CM</b>	1,18±0,01 <sup>az</sup>	1,25±0,05 <sup>bz</sup>	1,57±0,01 <sup>cy</sup>	2,48±0,27 <sup>bx</sup>
<b>CMV</b>	1,15±0,15 <sup>az</sup>	1,27±0,01 <sup>bz</sup>	1,57±0,21 <sup>cy</sup>	2,39±0,06 <sup>bx</sup>
<b>CMS1</b>	1,08±0,10 <sup>az</sup>	1,20±0,05 <sup>bz</sup>	1,38±0,01 <sup>dy</sup>	1,91±0,07 <sup>cx</sup>
<b>CMS1V</b>	1,16±0,05 <sup>az</sup>	1,26±0,01 <sup>byz</sup>	1,32±0,10 <sup>dy</sup>	1,89±0,10 <sup>cx</sup>
<b>CMS2</b>	1,12±0,11 <sup>az</sup>	1,23±0,03 <sup>byz</sup>	1,32±0,06 <sup>dy</sup>	1,64±0,04 <sup>dx</sup>
<b>CMS2V</b>	1,09±0,11 <sup>az</sup>	1,23±0,04 <sup>by</sup>	1,29±0,09 <sup>dy</sup>	1,69±0,04 <sup>dx</sup>
<b>CMS3</b>	0,96±0,05 <sup>az</sup>	1,19±0,00 <sup>by</sup>	1,24±0,05 <sup>dy</sup>	1,64±0,07 <sup>dx</sup>
<b>CMS3V</b>	0,88±0,00 <sup>az</sup>	1,19±0,01 <sup>by</sup>	1,22±0,05 <sup>dy</sup>	1,52±0,08 <sup>dx</sup>

Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a-d: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0,05 seviyesinde). x-t: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0,05 seviyesinde)

Depolama başlangıcında peroksit değerleri 0,88-1,18 meqO<sub>2</sub>/kg aralığında değişmiştir, ancak gruplar arasında önemli fark tespit edilmemiştir (P>0,05). Depolamanın 4.gününde kontrol örneklerinin (K ve KV) peroksit değerleri diğer örneklerden daha yüksek bulunmuştur. Kontrol örnekleri dışında diğer örnekler ise benzer peroksit değerlerine sahip olmuştur. Çiya musilajının içeriğinde bulunan β-D-ksilopiranosil dallarına sahip 4-O-metil-a-D-glukuronopiranosil kalıntıları içeren bir tetrasakkarit nedeni ile antioksidan etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Fernandes et al., 2023). Çiya müsilajı ve AEY eklenmesi kaplama yönteminden bağımsız olarak peroksit değerlerine etkili bulunmuştur (P<0,05). Çiya+AEY içeren örneklerdeki peroksit değerleri, depolamanın 8. ve 12.günlerinde kontrol ve sadece çiya müsilajı

içeren gruplarına kıyasla daha düşük bulunmuştur. 12.güne kadar %1 ve %1,5 AEY içeren gruplar arasında peroksit değerlerinde anlamlı bir fark bulunmazken, çiya+%0,5 AEY ve diğer örnekler arasında önemli farklar ( $P<0,05$ ) gözlemlenmiştir.

Depolama işlemi örneklerin peroksit değerlerinde artışa neden olmuştur ( $P<0,05$ ), 12 günlük depolama boyunca en yüksek peroksit değerleri kontrol örneklerinde tespit edilmiştir. Depolamanın 8.gününde CM ve CMV grupları kontrol gruplarını takip ederken, diğer tüm deneme grupları benzer sonuçlar sergilemiştir ( $P<0,05$ ). Depolama sonunda en düşük peroksit değeri %1,5 ve %1 adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon ile kaplanan gruplarda kaydedilmiştir. Bu bulgular, çiya müsilağı ve adaçayı esansiyel yağlarının antioksidan potansiyeli ile bağlantılıdır. Söz konusu azalma ise adaçayı esansiyel yağının içerdiği özellikle 1,8-sineol, karnosik asit ve rozmarinik asit gibi bileşiklerin antioksidan etkisinden kaynaklanmaktadır (Mot et al., 2022).

12 günlük depolama boyunca aljinat ve kişniş esansiyel yağı ile kaplanmış tavuk filetolarında hidroperoksit içeriğinde de benzer bulgular rapor edilmiştir ve esansiyel yağ oranı arttıkça peroksit değeri azalma göstermiştir (Kargozari et al., 2018). Aynı sonuçlar Keykhosravi ve ark. (2022) tarafından rapor edilmiştir. Yapılan araştırmada kitosan ve esansiyel yağı içeren nanoemülsiyonlar ile kaplanan hindi göğüs etleri peroksit içeriği 20 gün depolama boyunca kontrol grubuna göre düşük bulunmuştur (Keykhosravy et al., 2022). Et ve et ürünlerinde 10-20 meqO<sub>2</sub>/kg arasındaki peroksit değeri kabul edilebilir olarak değerlendirilmektedir (Ehsani et al., 2020). Tüm deneme gruplarında, depolama sonunda bu limit değerinin üzerine çıkmadığı tespit edilmiştir. Çiya müsilağı ve çinko oksit nanopartikülleri içeren kaplama çözeltisi ile kaplanmış tavuk filetolarında depolama süresi boyunca peroksit değerleri, kontrolde ve yalnızca çiya müsilağı ile kaplanmış örneklerde önemli ölçüde artış göstermiştir (Foumani et al., 2022).

#### 4.3.7.2 TBARS analizi

TBARS değeri lipitlerde gelişen ikincil oksidasyonun bir göstergesidir ve TBARS analizi, çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyon süreci sırasında oluşan ikincil bir ürün olan malondialdehitlerin (MDA) miktarını ifade eder (Karimi-Dehkordi et al., 2021).

Soğukta depolanan örneklerin TBARS değerleri Çizelge 4.14’da sunulmuştur. Örneklerin başlangıç TBARS değerleri 0,21-0,25 mg malonaldehit/kg aralığında değişiklik göstermiştir. Peroksit değerlerine benzer şekilde TBARS değerleri de 0.günde gruplar arasında fark bulunmamıştır ( $P>0,05$ ). Depolamanın diğer günlerinde en yüksek değerler kontrol örnekleri ve çiya müsilağı ile kaplanan örneklerde saptanırken ( $P<0,05$ ), AEY içeren nanoemülsiyon çözeltiler, hindi etleri TBARS değerlerinin daha düşük olmasını sağlamıştır ( $P<0,05$ ) ve en düşük TBARS değeri %1,5 oranında AEY eklenen gruplarda gözlenmiştir.

Çizelge 4.14. Kaplanmış hindi etlerin TBARS değerleri (mg malonaldehit/kg)

Gruplar	0.gün	4.gün	8.gün	12.gün
<b>K</b>	0,24±0,00 <sup>at</sup>	0,66±0,01 <sup>az</sup>	0,83±0,06 <sup>ay</sup>	1,03±0,01 <sup>bx</sup>
<b>KV</b>	0,23±0,00 <sup>at</sup>	0,58±0,09 <sup>bz</sup>	0,74±0,07 <sup>aby</sup>	1,17±0,01 <sup>ax</sup>
<b>CM</b>	0,23±0,01 <sup>at</sup>	0,72±0,04 <sup>az</sup>	0,78±0,02 <sup>aby</sup>	0,89±0,01 <sup>cx</sup>
<b>CMV</b>	0,25±0,01 <sup>at</sup>	0,37±0,01 <sup>cz</sup>	0,69±0,09 <sup>by</sup>	0,83±0,04 <sup>dx</sup>
<b>CMS1</b>	0,23±0,00 <sup>at</sup>	0,31±0,04 <sup>cdz</sup>	0,50±0,01 <sup>cy</sup>	0,79±0,04 <sup>dex</sup>
<b>CMS1V</b>	0,22±0,01 <sup>at</sup>	0,30±0,01 <sup>cdz</sup>	0,53±0,04 <sup>cy</sup>	0,77±0,03 <sup>ex</sup>
<b>CMS2</b>	0,23±0,00 <sup>az</sup>	0,31±0,04 <sup>cdy</sup>	0,33±0,01 <sup>dy</sup>	0,49±0,02 <sup>fx</sup>
<b>CMS2V</b>	0,23±0,01 <sup>ay</sup>	0,22±0,03 <sup>ey</sup>	0,28±0,06 <sup>dey</sup>	0,48±0,01 <sup>fx</sup>
<b>CMS3</b>	0,22±0,01 <sup>az</sup>	0,26±0,00 <sup>deyz</sup>	0,27±0,02 <sup>dey</sup>	0,41±0,01 <sup>gx</sup>
<b>CMS3V</b>	0,21±0,02 <sup>az</sup>	0,27±0,02 <sup>dey</sup>	0,23±0,00 <sup>eyz</sup>	0,39±0,01 <sup>gx</sup>

Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a-g: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ( $P=0,05$  seviyesinde). x-t: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ( $P=0,05$  seviyesinde)

Kaplama formülasyonu, kaplama yöntemi ve depolama periyodu örneklerin TBARS değerlerine etkili bulunmuştur ( $P<0,05$ ). MDA konsantrasyonu, lipid oksidasyonunun doğrudan bir göstergesidir. Düşük MDA seviyeleri, AEY'nin hindi etinin oksidasyonunu inhibe edici bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir (Fiore et al., 2021). Genel olarak vakum emdirim kullanımı daha düşük oksidasyon değerleri sağlamıştır. 12 gün depolama süresince TBARS değerlerinde önemli artış gözlenmiştir ve en yüksek 1,17 mg malonaldehit/kg değerine ulaşmıştır. Depolama sonunda CMS3 ve CMS3V gruplarında, en düşük TBARS değerleri saptanmıştır. Bu örneklerde nanoemülsiyonun uygulanma yöntemi TBARS değerlerine etkili bulunmamıştır. Örneklerin TBARS değerleri, Witte ve ark. (1975) tarafından belirtilen TBARS limit değerini (2 mg malonaldehit/kg) aşmamıştır. Çiya müsilağının tek başına kaplama olarak kullanılması, depolamanın 8.gününe kadar TBARS değerlerinin kontrol gruplarıyla benzer seviyelerde kalmasını sağlamış, ancak 8.günden itibaren kontrol gruplarına göre değerlerde belirgin bir fark gözlenmiştir ( $P<0,05$ ). Bununla birlikte, depolama sonunda nanoemülsiyon kaplama çözeltisindeki AEY miktarının artışı ile TBARS değerlerinde bir düşüş gözlemlenmiştir. Benzer bir antioksidan etki, esansiyel yağ, biyoaktif peptitler ve nanopartikül içeren peynir altı suyu proteini kaplama uygulamalarında da tespit edilmiştir. Esansiyel yağ içeren yenilebilir peynir altı suyu proteini kaplamalar, esansiyel yağdaki flavonoidlerin varlığı sayesinde antioksidan özellikler göstermiştir (Karimi-Dehkordi et al., 2021).

Çiya müsilağına ek olarak nanoemülsiyon formülasyonunda yer alan adaçayı esansiyel yağında bulunan antioksidan özellikteki bileşikler TBARS değerlerinin kontrol örneklerinden daha düşük olmasını sağlamıştır. Aljinat+fesleğen ekstraktı içeren kaplamaların sığır etine uygulanması ile 14 günlük depolamada en düşük oksidasyon değerleri kaplama uygulanan örneklerde gözlenmiştir (Alexandre et al., 2021). Biberiye ekstraktı ve  $\epsilon$ -poli-L-lizin ile kaplanmış tavuk eti, kaplanmamış tavuk etine kıyasla daha düşük TBARS değerleri gözlenmiştir (Gautam et al., 2023). Ayrıca, yenilebilir kaplamalara selüloz eklenmesi de oksidasyon değerlerini düşürmüştür (Zimoch-Korzycka and Jarmoluk, 2017). Kıyılmış sığır etinin *Zataria multiflora*

esansiyel yağı içeren nanoemülsiyonlar ile kaplanması lipit oksidasyonu geciktirmiştir (Amiri et al., 2019).

Taze kıyılmış tavuk göğsü kaplaması için poli laktik asit ve biberiye esansiyel yağı içeren kitosan-kazeinata dayalı aktif ambalajlama ile birlikte MAP yapılmıştır. MAP + kaplama uygulanan örneklerde 21 günlük depolama süresince MDA seviyelerinde artış göstermiştir. Kontrol örnekleri, en yüksek MDA konsantrasyonlarına sahip olmuştur. Kontrolle karşılaştırıldığında, aktif film içeren tüm paketler, 21 gün boyunca ortalama olarak daha düşük MDA konsantrasyonları göstermiştir (Fiore et al., 2021).

#### 4.3.7.3 Toplam karbonil miktarı

Toplam karbonil içeriği, protein oksidasyonunun bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Protein karbonilleri, prolin, arginin ve lizin gibi belirli amino asitlerin oksidasyon ürünleridir. Oluşan son ürünlerin tespitinde DNPH yöntemi kullanılmaktadır (Oliver et al., 1987). Protein oksidasyonunun tespitinde kullanılan temel bileşiklerden olan karboniller, lipit oksidasyonu son ürünleri olan aldehit ve ketonların; sistein, histidin ve lizin amino asitleri ile reaksiyonu sonucunda oluşmaktadır (Stadtman and Levine, 2003). Kaplanmış hindi etlerin toplam karbonil içeriğindeki değişimler Çizelge 4.15'de gösterilmektedir.

Depolamanın başlangıcında karbonil değerleri 0,24-0,41 nmol karbonil/mg protein aralığında değişiklik göstermiş, gruplar arasında önemli fark bulunmamıştır ( $P>0,05$ ). Depolamanın 4.gününde , kontrol ve sadece çiya müsilağı içeren örneklerde benzer sonuçlar elde edilirken, AEY içeren gruplarda farklılıklar gözlenmiştir. Depolama boyunca en düşük karbonil değerleri %1 ve %1,5 adaçayı esansiyel yağ içeren örneklerde, en yüksek değerler ise kontrol ve yalnızca çiya müsilağı ile kaplanan örneklerde kaydedilmiştir. Depolamanın ilk 4 gününde KV grubu hariç diğer tüm grupların karbonil değerleri sabit kalırken, depolama ilerledikçe protein karbonilleri miktarı artmıştır ( $P<0,05$ ). Depolama sonunda karbonil değerleri 0,59-1,55 nmol karbonil/mg protein aralığında değişiklik göstermiştir. Depolamanın ikinci aşamasında

proteinlerde su ve çiya müsilağı ile tek başına kaplanan örneklerinde meydana gelen karbonilasyon, diğere gruplara kıyasla daha bariz bir şekilde ilerlemiştir ( $P<0,05$ ). Nanoemülsiyon formülasyonunda yer alan adaçayı esansiyel yağında bulunan antioksidan bileşiklerin protein karbonilasyonunu geciktirdiğı düşünülmektedir. Depolama sonunda en bariz antioksidan etki CMS3V örnekte tespit edilmiştir. K ve KV gruplarında karbonil seviyeleri 12.günde en yüksek seviyelere ulaşmıştır (1,54-1,55 nmol/mg protein). Bu artış, uzun süreli depolamanın et proteinlerini önemli ölçüde etkilediğini ve lizin, prolin, arginin ve histidin gibi çeşitli amino asit yan zincirlerini parçaladığını göstermektedir (Turgut et al., 2016). Ayrıca, protein karbonilleri lipit oksidasyonu ve doymamış aldehitler veya ketonlar arasında gerçekleşen reaksiyonlar sonucu da oluşabilir (Shahbazi and Shavisi, 2018). Ergezer ve ark. (2018), okside olmuş lipitlerin protein oksidasyonu için önemli başlatıcılardan olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde kekik esansiyel yağının tavuk göğüs etlerinde EY konsantrasyonu arttıkça protein karbonilasyonunu düşürdüğü bildirilmiştir (Al-Hijazeen et al., 2016). Fesleğen esansiyel yağı (0,75 mg/g) kullanımı İtalyan salami örneklerinde karbonil oluşumu üzerinde inhibe edici etki göstermiştir (Cichoski et al., 2011).

Çizelge 4.15. Kaplanmış hindi etlerin Karbonil miktarı (nmol karbonil/mg protein)

Gruplar	0.gün	4.gün	8.gün	12.gün
<b>K</b>	0,39±0,14 <sup>az</sup>	0,60±0,06 <sup>az</sup>	1,22±0,20 <sup>ay</sup>	1,54±0,02 <sup>ax</sup>
<b>KV</b>	0,28±0,02 <sup>at</sup>	0,64±0,02 <sup>az</sup>	1,21±0,07 <sup>ay</sup>	1,55±0,02 <sup>ax</sup>
<b>CM</b>	0,24±0,08 <sup>az</sup>	0,56±0,19 <sup>az</sup>	1,00±0,42 <sup>abcxy</sup>	1,53±0,48 <sup>ax</sup>
<b>CMV</b>	0,41±0,03 <sup>ay</sup>	0,64±0,03 <sup>ay</sup>	1,11±0,13 <sup>abx</sup>	1,23±0,19 <sup>abx</sup>
<b>CMS1</b>	0,28±0,11 <sup>ay</sup>	0,37±0,04 <sup>by</sup>	0,80±0,22 <sup>bcdx</sup>	0,88±0,03 <sup>cdx</sup>
<b>CMS1V</b>	0,40±0,04 <sup>az</sup>	0,43±0,06 <sup>bz</sup>	0,97±0,01 <sup>abcx</sup>	0,87±0,03 <sup>cdy</sup>
<b>CMS2</b>	0,36±0,03 <sup>ay</sup>	0,35±0,04 <sup>by</sup>	0,37±0,06 <sup>ey</sup>	0,79±0,15 <sup>cdx</sup>
<b>CMS2V</b>	0,30±0,01 <sup>az</sup>	0,30±0,04 <sup>bz</sup>	0,73±0,05 <sup>cdy</sup>	0,94±0,00 <sup>bcx</sup>
<b>CMS3</b>	0,29±0,04 <sup>ay</sup>	0,30±0,02 <sup>by</sup>	0,58±0,19 <sup>dex</sup>	0,71±0,06 <sup>cdx</sup>
<b>CMS3V</b>	0,27±0,02 <sup>az</sup>	0,36±0,03 <sup>byz</sup>	0,48±0,11 <sup>dexy</sup>	0,59±0,03 <sup>dx</sup>

Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a-e: Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ( $P=0,05$  seviyesinde). x-t: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ( $P=0,05$  seviyesinde)

Örneklerin karbonil miktarları kaplama formülasyonu ve depolama süresinden önemli oranda etkilenmiştir ( $P<0,05$ ). AEY içeren nanoemülsiyon kaplama çözeltileri, protein oksidasyonunun inhibisyonunda daha etkili olurken, çiya müsilajı bu alanda başarılı olmamıştır. AEY eklenmesi 0.günde numunelerin karbonil içeriklerine etkisi önemsiz olmuştur ( $P>0,05$ ).

Taze (oksidlenmemiş) ette karbonil içeriğinin 0,24 nmol/mg protein olduğu ölçülmüştür ve et oksidasyonundan sonra 1,55 nmol/mg proteine kadar artmıştır. Oksidasyon tetikleyicileri, kas tipi, oksidasyon seviyesi ve protein çözünürlüğü gibi faktörler karbonil oluşumunda etkilidir (Raeisi et al., 2019). Mevcut çalışmanın sonuçları %1 ve %1,5 AEY uygulamalarının 12 günlük depolama sırasında 2 nmol/mg proteine ulaşmadığını göstermiştir. Sonuçlara göre, çiya müsilajı + AEY kombinasyonlarının kaplanmış hindi etinin protein oksidasyonunu başarılı bir şekilde geciktirdiğini göstermiştir. Bu gruplarda, protein karbonil içerikleri, işlenmemiş gruba kıyasla daha düşük bulunmuştur ( $P<0,05$ ).

Raeisi ve arkadaşlarının (2019) çalışmasında, tavuk eti kaplamasında aljinat, tarçın esansiyel yağı (CEO) ve biberiye esansiyel yağı (REO) kullanılarak toplam karbonil içeriği incelenmiştir. Aljinatın karbonil içeriği üzerinde önemli bir etkisi bulunmazken, CEO ve REO içeren numuneler daha düşük karbonil oluşumu göstermiştir. Bu durum, CEO ve özellikle REO'nun protein oksidasyonunu inhibe edici özelliklere sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Aynı şekilde, bu çalışmada da üçüncü güne kadar karbonil içeriğinde dikkate değer bir fark gözlemlenmemiştir (Raeisi et al., 2019).

Soğukta depolanmış kuzu etlerinin düşük doz gama ışınlanması ve kurkumin nanopartikülleri (CNP) ve ajowan (*Carum copticum*) esansiyel yağı (ANE) nanoemülsiyonu içeren pektin (PE) bazlı biyolojik olarak parçalanabilir nanokompozit kaplama kullanılmıştır. PE + CNP + ANE grubunda karbonil protein seviyelerindeki hafif artış, ANE'nin antioksidan aktivitesine ve radikal temizleyici olarak hareket etme yeteneğine ilişkilendirilebilir. CNP'nin etanol veya suda çözülmüş kurkuminden daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu gösterilmiştir (Fallah et al., 2022). Dini ve ark. (2020), kimyon esansiyel yağının nanoemülsiyonunu içeren kitosan filme sarılmış

ve ışınlanmış sığır etinde lipit ve protein oksidasyonunun azaldığını belirtmiştir (Dini et al., 2020).

#### 4.3.7.4 Reaktif sülfidril içeriği

Protein oksidasyonun ilerleme derecesini saptamak için kullanılan bir diğer parametre sülfidril gruplarının miktarıdır. Sülfidril (-SH) grupları, proteinlerin yapısındaki serbest tiol (-SH) bağlarını ifade eder ve protein oksidasyonunun belirleyici bir göstergesidir. Sülfidril gruplarının azalması, protein oksidasyonunun ilerlediğini ve proteinlerin yapısal olarak bozulduğunu gösterir. Özellikle kas proteinlerinde sülfidril gruplarının oksidasyonu, disülfid bağlarının oluşmasına ve etin sertleşmesine neden olur (Bastıoğlu et al., 2016). Deneme örneklerinin başlangıç sülfidril miktarları (Çizelge 4.16) 33,94-36,79 nmol sülfidril/mg örnek aralığında bulunmuştur. Depolamanın başında örneklerin sülfidril miktarları benzer bulunmuştur ( $P>0,05$ ). Depolama boyunca tüm örneklerin sülfidril gruplarında azalma gözlenmiştir özellikle bu azalma en yüksek olarak kontrol gruplarında (K ve KV) saptanmıştır. Sülfidril gruplarının oksidasyonu sonucunda proteinler, kendi aralarında veya diğer proteinlerle çapraz disülfid bağları ya da glutation, sistein veya diğer düşük molekül ağırlıklı merkaptanlarla karışık disülfid bağları oluştururlar. Böylelikle sülfidril gruplarında azalma meydana gelmektedir (Zhang et al., 2018; Soyer et al., 2010).

Hindi eti örneklerinin çiya müsilağı veya oluşturulan nanoemülsiyon ile kaplanması sülfidril gruplarının korunmasını sağlamıştır. Adaçayı nanoemülsiyonu içeren gruplarda (CMS1, CMS2, CMS3) sülfidril grupları daha iyi korunmuş, protein oksidasyonu daha düşük seviyelerde kalmıştır. 1,5% adaçayı nanoemülsiyonu içeren gruplar (CMS3 ve CMS3V), en yüksek sülfidril konsantrasyonuna sahip olmuş ve protein oksidasyonunu belirgin olarak engellemiştir. Kaplama uygulama yöntemi de sülfidril gruplarına etkili bulunmuş depolama sonunda en yüksek sülfidril konsantrasyonu CMS3V örneklerinde saptanmıştır. Vakum emdirim yöntemi, sülfidril içeriği üzerinde olumlu bir etki sağlamış ve bu grupların daha az disülfid bağlarına dönüşmesine neden olmuştur. Sonuç olarak çiya müsilağı + adaçayı esansiyel yağı ile

oluşturulan nanoemülsiyon kaplama çözeltisi lipit ve protein oksidasyonuna karşı koruyucu bir yöntem olma potansiyeli taşıdığı sonucuna ulaşabiliriz.

Nieto ve ark. (2013) %0,4 kekik esansiyel yağı kullanımı %0,05 oranında kullanımına kıyasla domuz köftelerinde daha yüksek protein oksidasyonu ile sonuçlanmıştır (Nieto et al., 2013). Modifiye atmosferde paketlenmiş taze domuz etlerinde kitosan ve kitosan + gallik asit kaplama uygulaması sonucunda protein oksidasyonu belirgin şekilde düşüş göstermiştir (Fang et al., 2018). Üzüm çekirdeği, kitosan ve jelatin içeren kaplamaların uygulandığı domuz etlerinde, kaplama uygulaması ürün üzerinde bir bariyer oluşturarak protein oksidasyonunu geciktirmiştir (Xiong, Chen, et al., 2020).

Çizelge 4.16. Kaplanmış hindi etlerin sülfidril miktarı (nmol sülfidril/mg örnek)

Gruplar	0.gün	4.gün	8.gün	12.gün
<b>K</b>	36,47±0,90 <sup>ax</sup>	32,90±0,70 <sup>ay</sup>	22,97±0,33 <sup>bcz</sup>	19,92±0,34 <sup>cz</sup>
<b>KV</b>	36,79±0,60 <sup>ax</sup>	32,76±0,03 <sup>ay</sup>	21,20±0,64 <sup>cz</sup>	19,21±0,30 <sup>cz</sup>
<b>CM</b>	35,25±0,20 <sup>ax</sup>	30,87±0,94 <sup>ax</sup>	28,57±0,62 <sup>abx</sup>	30,28±0,96 <sup>bx</sup>
<b>CMV</b>	35,54±0,62 <sup>ax</sup>	37,06±0,18 <sup>ax</sup>	34,77±0,76 <sup>ax</sup>	30,14±0,29 <sup>by</sup>
<b>CMS1</b>	33,94±0,58 <sup>ax</sup>	34,02±0,04 <sup>ax</sup>	32,05±0,55 <sup>ax</sup>	31,76±0,98 <sup>abx</sup>
<b>CMS1V</b>	35,01±0,26 <sup>ax</sup>	35,63±0,25 <sup>ax</sup>	34,83±0,79 <sup>ax</sup>	34,01±0,10 <sup>abx</sup>
<b>CMS2</b>	35,51±0,83 <sup>ax</sup>	36,57±0,74 <sup>axy</sup>	34,21±0,75 <sup>aby</sup>	32,43±0,50 <sup>by</sup>
<b>CMS2V</b>	33,95±0,11 <sup>ax</sup>	34,79±0,03 <sup>ax</sup>	34,77±0,67 <sup>ax</sup>	34,22±0,93 <sup>ax</sup>
<b>CMS3</b>	35,90±0,69 <sup>ax</sup>	34,94±0,63 <sup>ax</sup>	34,86±0,91 <sup>ax</sup>	35,68±0,97 <sup>ax</sup>
<b>CMS3V</b>	34,44±0,87 <sup>ax</sup>	36,93±0,04 <sup>ax</sup>	35,28±0,66 <sup>ax</sup>	35,73±0,79 <sup>ax</sup>

Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a-c: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0.05 seviyesinde). x-z: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0.05 seviyesinde)

#### 4.3.8 Mikrobiyolojik analizler

Taze kanatlı etler, yüksek su aktivitesi ve mikrobiyal kontaminasyona yatkınlıkları nedeniyle genellikle kısa bir raf ömrüne sahiptir (3-5 gün). Etin tazeliği; kesim koşulları, bağırsak mikroflorası, depolama koşulları (nem, oksijen varlığı, ışık

ve sıcaklık) ve endojen enzimlerin aktivitesi gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Mikrobiyal raf ömrün uzatılabilmesi için yeni paketleme sistemleri geliştirilirken, tüketicilere ve ürünün kalitesine zarar verebilecek mikroorganizmaların büyümesini sınırlama veya inaktive etme potansiyelinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Garavito et al., 2020).

Toplam mezofilik bakteri sayısı (TAMB), kanatlı etlerinin tazeliğini ve genel kalitesini değerlendirmek için temel göstergelerden biridir. Uluslararası Gıda Mikrobiyolojik Spesifikasyonları Komisyonu'na (ICMSF) göre taze et için önerilen maksimum 7 log kob/g değeri dikkate alınmıştır (Zhang et al., 2023). Toplam psikrotrofik bakteriler (PTC) düşük sıcaklıklarda (5–7°C) çoğalabilir önemli bir mikroorganizma grubudur ve aerobik olarak depolanan taze etin soğuk sıcaklıklarda bozulmasına yol açabilirler (Keykhosravy et al., 2020). Taze kanatlı etlerde psikrotrof bakteri sayısı (PTC) için bir limit belirtilmemiştir. Ancak psikrotrofik bakteri sayısının 7 log kob/g'yi aşması durumunda, ürünün tüketim için uygun olmadığı kabul edilmiştir (ISO 4833, 2003; ICMSF 1986).

Toplam mezofilik bakteri, toplam psikrotrof bakteri ve küf-maya sayımları 12 günlük depolama süresinde sırasıyla 3,80-5,70 log kob/g (Çizelge 4.17), 3,97-5,82 log kob/g (Çizelge 4.18) ve 2,26-4,84 log kob/g (Çizelge 4.19) arasında değişmiştir. Depolama süresi boyunca gruplar arasında farklılıklar gözlemlenmiş olup, en yüksek mikrobiyal yük K ve KV gruplarında, en düşük mikrobiyal yük ise, %1 ve %1,5 AEY içeren örneklerde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.17. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayıları (log kob/g)

Gruplar	0.gün	4.gün	8.gün	12.gün
<b>K</b>	4,58±0,92 <sup>az</sup>	4,63±0,04 <sup>ayz</sup>	4,82±0,38 <sup>ay</sup>	5,70±0,09 <sup>ax</sup>
<b>KV</b>	4,47±0,16 <sup>bz</sup>	4,71±0,81 <sup>ayz</sup>	4,80±0,15 <sup>ay</sup>	5,65±0,02 <sup>ax</sup>
<b>CM</b>	4,51±0,18 <sup>abz</sup>	4,52±0,89 <sup>bz</sup>	4,76±0,09 <sup>ay</sup>	5,46±0,73 <sup>bx</sup>
<b>CMV</b>	4,45±0,53 <sup>bz</sup>	4,49±0,78 <sup>bz</sup>	4,67±0,18 <sup>abyz</sup>	5,45±0,28 <sup>bx</sup>
<b>CMS1</b>	3,80±0,54 <sup>et</sup>	4,36±0,21 <sup>cz</sup>	4,63±0,51 <sup>aby</sup>	5,10±0,55 <sup>cx</sup>
<b>CMS1V</b>	4,34±0,57 <sup>ct</sup>	4,42±0,55 <sup>bcz</sup>	4,66±0,67 <sup>abyz</sup>	5,34±0,83 <sup>bcx</sup>
<b>CMS2</b>	4,05±0,04 <sup>dz</sup>	4,19±0,92 <sup>dz</sup>	4,57±0,82 <sup>by</sup>	4,97±0,61 <sup>cx</sup>
<b>CMS2V</b>	4,28±0,92 <sup>cdy</sup>	4,37±0,66 <sup>cy</sup>	4,64±0,31 <sup>abx</sup>	4,78±0,92 <sup>dx</sup>
<b>CMS3</b>	4,00±0,01 <sup>dz</sup>	4,14±0,09 <sup>dz</sup>	4,40±0,37 <sup>cy</sup>	4,60±0,66 <sup>dx</sup>
<b>CMS3V</b>	4,27±0,43 <sup>cdyz</sup>	4,36±0,98 <sup>cy</sup>	4,44±0,41 <sup>cx</sup>	4,58±0,81 <sup>dx</sup>

Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a-d: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0.05 seviyesinde). x-t: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0.05 seviyesinde)

Çizelge 4.18. Toplam psikrotrofik bakteri sayısı (log kob/g)

Gruplar	0.gün	4.gün	8.gün	12.gün
<b>K</b>	4,50±0,15 <sup>at</sup>	4,66±0,95 <sup>az</sup>	4,90±0,48 <sup>ay</sup>	5,82±0,54 <sup>ax</sup>
<b>KV</b>	4,43±0,43 <sup>bt</sup>	4,62±0,92 <sup>ayz</sup>	4,85±0,67 <sup>ay</sup>	5,66±0,81 <sup>abx</sup>
<b>CM</b>	4,45±0,68 <sup>bt</sup>	4,54±0,65 <sup>abz</sup>	4,71±0,88 <sup>by</sup>	5,48±0,17 <sup>bx</sup>
<b>CMV</b>	4,42±0,07 <sup>bt</sup>	4,49±0,78 <sup>bz</sup>	4,67±0,04 <sup>by</sup>	5,45±0,28 <sup>bx</sup>
<b>CMS1</b>	4,38±0,86 <sup>bct</sup>	4,44±0,66 <sup>bz</sup>	4,61±0,84 <sup>by</sup>	5,11±0,84 <sup>cx</sup>
<b>CMS1V</b>	4,34±0,57 <sup>bcz</sup>	4,35±0,54 <sup>cz</sup>	4,58±0,74 <sup>bey</sup>	5,00±0,85 <sup>cx</sup>
<b>CMS2</b>	4,12±0,59 <sup>dzt</sup>	4,44±0,12 <sup>bz</sup>	4,56±0,03 <sup>bey</sup>	4,96±0,69 <sup>cdx</sup>
<b>CMS2V</b>	4,05±0,92 <sup>dt</sup>	4,41±0,89 <sup>byz</sup>	4,54±0,17 <sup>bey</sup>	4,90±0,19 <sup>dx</sup>
<b>CMS3</b>	4,07±0,25 <sup>dt</sup>	4,36±0,29 <sup>cz</sup>	4,44±0,19 <sup>cy</sup>	4,89±0,39 <sup>dx</sup>
<b>CMS3V</b>	3,97±0,73 <sup>dt</sup>	4,31±0,03 <sup>cyz</sup>	4,37±0,78 <sup>cy</sup>	4,83±0,44 <sup>dx</sup>

Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a-d: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0.05 seviyesinde). x-t: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0.05 seviyesinde)

Çizelge 4.19. Küf ve maya sonuçları (log kob/g)

Gruplar	0.gün	4.gün	8.gün	12.gün
<b>K</b>	3,40±0,23 <sup>az</sup>	3,45±0,62 <sup>az</sup>	4,06±0,56 <sup>ay</sup>	4,84±0,51 <sup>ax</sup>
<b>KV</b>	3,10±0,74 <sup>abt</sup>	3,49±0,52 <sup>az</sup>	4,05±0,69 <sup>ay</sup>	4,79±0,91 <sup>abx</sup>
<b>CM</b>	2,91±0,79 <sup>abz</sup>	3,05±0,28 <sup>gbz</sup>	3,48±0,11 <sup>by</sup>	3,81±0,73 <sup>ax</sup>
<b>CMV</b>	2,73±0,47 <sup>ct</sup>	2,99±0,85 <sup>bz</sup>	3,47±0,07 <sup>by</sup>	3,77±0,73 <sup>abx</sup>
<b>CMS1</b>	2,82±0,28 <sup>byz</sup>	2,92±0,04 <sup>bcy</sup>	2,99±0,26 <sup>cy</sup>	3,53±0,91 <sup>cx</sup>
<b>CMS1V</b>	2,39±0,02 <sup>dz</sup>	2,81±0,21 <sup>bcy</sup>	2,92±0,06 <sup>cy</sup>	3,42±0,43 <sup>dx</sup>
<b>CMS2</b>	2,66±0,67 <sup>cdz</sup>	2,80±0,77 <sup>cy</sup>	2,88±0,45 <sup>cy</sup>	3,42±0,07 <sup>dx</sup>
<b>CMS2V</b>	2,39±0,29 <sup>dz</sup>	2,62±0,29 <sup>dzy</sup>	2,80±0,38 <sup>cdy</sup>	3,36±0,35 <sup>dx</sup>
<b>CMS3</b>	2,61±0,11 <sup>cdyz</sup>	2,70±0,15 <sup>cdy</sup>	2,75±0,33 <sup>dy</sup>	3,38±0,59 <sup>dx</sup>
<b>CMS3V</b>	2,26±0,71 <sup>et</sup>	2,45±0,48 <sup>ez</sup>	2,68±0,57 <sup>dy</sup>	3,15±0,19 <sup>ex</sup>

Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a-e: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0.05 seviyesinde). x-t: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0.05 seviyesinde)

Kanatlı etler, mikrobiyolojik değişimlere oldukça duyarlı olup çabuk bozulan gıdalar arasında yer alır. Bu nedenle kanatlı eti ve ürünlerinin mikrobiyal güvenliğini sağlamak büyük önem taşır. Kesim esnasında ve sonrasında hayvanın mikrobiyal yükü, mezbahane ortamı ve ekipmanları, karkaslar ile işlenmiş et ürünlerini etkileyebilir. Toplam mezofilik bakteri sayısı (TAMB), kanatlılarda hijyenik düzeyin önemli bir göstergesidir (Zeliha Sevede et al., 2024). Yapılan incelemelerde, hindi etinin TAMB değerlerinin literatürde taze hindi eti için belirtilen 4,44 log kob/g (Zeliha Sevede et al., 2024) ile benzer olduğu ve tazeliği ve hijyenik düzeyi onaylandığı görülmüştür. %1,5 AEY ile kaplanan hindi etlerinin 8. günde bu tazeliği koruduğu tespit edilmiştir.

Gram negatif psikrotrofik bakteriler, soğuk aerobik depolama koşulları altında depolanan etlerin bozulmasından sorumlu olan önemli bir mikroorganizma grubudur. Örneğin, *Pseudomonas* gelişmesi soğutulmuş taze etin bozulmasına neden olabilir (Zhang et al., 2023). Bu nedenle, PTC sayımı soğutulmuş hindi et örneklerinin kalitesinin iyi bir göstergesi olabilir. Toplam mezofilik bakteri ve toplam psikrotrof bakteri sayımı sonuçları incelendiğinde, çiya musilajı + adaçayı esansiyel yağı içeren

nanoemülsiyon ile kaplanan örneklerde mikrobiyolojik yükün azaldığı gözlenmiştir. Adaçayı esansiyel yağında bulunan tujon, sineol, linalol, borneol, salven, pinen ve kafur; saponinler, tanenler, fenolik bileşikler (terpenik bileşikler, fenolik asitler, flavonoidler ve fenolik glikozitler), östrojen benzeri maddeler, reçineli bileşikler ve bazı uçucu yağları timol ve karvakrol antimikrobiyal etkinin en önemli nedenidir (Ueda et al., 2022). Adaçayı esansiyel yağının tek başına veya nanoemülsiyon formülasyonunda farklı mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etkisi çeşitli çalışmalar ile ortaya konulmuştur (Speranza et al., 2023; Yazgan, 2020). Adaçayının antibakteriyel etkisine dair işaretle bulunsa da katı besiyeri kullanılan disk difüzyon yöntemi ile yapılan karakterizasyon sonuçları, antibakteriyel aktiviteye dair bir bulgu ortaya koymamıştır. Bu sonuçlar, kaplama çözeltisinin viskozitesinin etkisiyle sıvı besiyerinde iyi dağılım gösterdiği için daha kabul edilebilir sonuçların elde edilebileceğini göstermiştir. Bununla birlikte her iki mikrobiyolojik sayım içinde başta kontrol grubu ve ardından çiya müsilağı ile kaplanmış gruplar en yüksek mikrobiyolojik yük ile sonuçlanmıştır. Depolama boyunca da benzer sonuçlar tespit edilmiştir.

Küfler ve mayalar genellikle aerobik mikroorganizmalardır ve etin yüzeyinde çoğalırlar. Toplam küf/maya sayıları, depolamanın 0. gününde K ve KV gruplarında sırasıyla 3,40 ve 3,10 log kob/g iken, 12. günde bu değerler 4,84 ve 4,79 log kob/g'a yükselmiştir (Çizelge 4.19). Bu gruplar, tüm gruplar arasında en büyük artışı göstermiş ve ardından CM ve CMV grupları tespit edilmiştir. Çiya müsilağı oksijen geçirgenliğini düzenleme potansiyeline sahip olsa da (Barazandegan, 2022), elde edilen sonuçlar tek başına kullanımının yeterli olmadığını ortaya koymuştur. Çiya müsilağı ile kaplanan örnekler, AEY eklenmiş nanoemülsiyon çözeltilerine kıyasla daha yüksek oksijen geçirgenliğine sahip olduğunu görülmüştür. Ancak, kaplamanın oksijen bariyer performansının, esansiyel yağın varlığıyla bu olumsuz durumu dengeleyebileceği ve oksijenle reaksiyona girerek et yüzeyindeki oksijen konsantrasyonunu azaltabileceği öne sürülmüştür. Esansiyel yağlardaki ikincil metabolitler de, bakteri, maya ve küf gelişimini engelleyebilir veya geciktirebilir (Zhang et al., 2023), bu nedenle özellikle daha yüksek EY konsantrasyonları içeren kaplamalar, et örneklerindeki küf-maya sayısını azaltabilir.

Vakum emdirim ve daldırma tekniği ile kaplama işlemi uygulanmış örnekler için toplam mezofilik bakteri, toplam psikrotrof bakteri ve küf-maya sayımları gösterilmiştir (Çizelge 4.17, 4.18 ve 4.19). Depolama periyodu, örneklerin mikrobiyolojik yükü üzerine artırıcı bir etki göstermiştir ancak sonuçlar mikrobiyolojik limit değerlerini aşmamıştır.

Tüm kaplanmış hindi eti örneklerinin toplam mezofilik bakteri sayısı, 4 günlük depolama süresi boyunca hafif bir artış göstermiş, ancak 4. günden sonra belirgin bir artış kaydedilmiştir ( $P<0,05$ ). Toplam psikrotrof bakteri ve küf-maya sayıları da benzer şekilde depolama süresi boyunca sürekli olarak artmıştır. Kontrol grupların toplam mezofilik bakteri, toplam psikrotrof bakteri ve küf-maya sayımları depolama sonunda sırasıyla 5,70, 5,82 ve 4,84 log kob/g sayılarına ulaşmıştır ve 12.günün sonunda su ile kaplanan örnekler sınır değerlerin (TAMB için önerilen 7 log kob/g sınırı) altında kaldığı gözlemlenmiştir.

Depolama süresi, kaplama yöntemi ve kaplama formülasyonu tek başına ve/veya birlikte kullanımları hindi etlerin mikrobiyal yüküne anlamlı etkisi olmuştur. Vakum emdirim tekniğiyle kaplanan hindi etleri, daldırma yöntemine kıyasla daha düşük mikrobiyal yüke sahip olmuştur. Depolama süresi, örneklerin mikrobiyolojik yüküne artırıcı bir etki göstermiştir ancak sonuçlar mikrobiyolojik limit değerlerini aşmamıştır. Depolama süresinin sonunda, en yüksek sonuçlar kontrol gruplarında gözlemlenirken, en düşük sonuçlar adaçayı esansiyel yağı içeren çözeltilerle kaplanan hindi etlerinde tespit edilmiştir. AEY'nın eklenmesi ve konsantrasyonun artırılması, hindi etinin mikroorganizmaların toplam sayısını (TAMB, PTC, maya ve küf) azaltabilmiştir. Yapılan kaplama formülasyonu, PTC ve küf-maya üzerinde daha etkili bir inhibe edici etki göstermiştir. Bu durum, et yüzeyi ile film matrisi arasındaki arayüzde bulunan suyun adsorpsiyonuna bağlı olabilir. Et yüzeyindeki kuru ve pürüzlü mikro ortam, mikrobiyal gelişim için elverişsiz hale gelmiştir (Zhang et al., 2023). Bununla birlikte, yüksek AEY konsantrasyonları (%1 v/v ve %1,5 v/v) içeren kaplamalar, hindi etin raf ömrünü önemli ölçüde uzatmıştır ( $P<0,05$ ). Su ile kaplama yapılan örnekler ile karşılaştırıldığında, EY içeren kaplamalar, AEY konsantrasyonuna bağlı bir şekilde daha iyi bir bakteriyostatik etki göstermiştir.

Esansiyel yağlar hücre duvarı kimyası dışında, hücre şekli de bakterilerin duyarlılığını etkileyen faktörlerden biri olabilir; örneğin, çubuk şeklindeki bakterilerin koklardan daha duyarlı olduğu bildirilmiştir (Lopez-Romero et al., 2015). Ayrıca, küf-mayaların genel olarak esansiyel yağlara ve antimikrobiyal ajanlara karşı daha dirençli olduğu gözlemlenmiştir (Zhang et al., 2023). Bu nedenle, AEY içeren kaplamaların farklı mikroorganizma türleri üzerindeki gelişme inhibisyon etkisi farklılık göstermiştir ve bu durum, mevcut çalışmada soğutma sırasında farklı kaplama işlemlerine tabi tutulan hindi eti örneklerindeki bakteri ve küf-mayaların gelişme inhibisyonu ile yansıtılmıştır. Farklı AEY konsantrasyonları mikroorganizma inhibisyonu üzerinde önemli etkilere neden olmuştur ve bu durum, farklı miktarlardaki esansiyel yağların sağladığı antibakteriyel aktif grupların (örn. terpenoidler, fenolik bileşikler) sayısına veya mikroorganizma ile reaksiyona giren mevcut aktif bölgelerin sayısına atfedilebilir. Et ürünlerinde bitki ekstraktlar ve esansiyel yağlar içeren polisakkarit bazlı yenilebilir kaplamaların antimikrobiyal aktivitesi ve raf ömrünün artırılmasıyla ilgili çeşitli çalışmalarda benzer sonuçlar bildirilmiştir.

MAP ambalajlama yöntemi (karbondioksitin antibakteriyel özelliği sayesinde) ve esansiyel yağı içeren kitosan bazlı kaplama ile kaplanmış hindi göğüs etlerin toplam mezofilik bakteri ve küf-maya sayımı üzerine etkisi araştırılmıştır. TAMB sayısı kaplanmamış ve MAP ile paketlenmiş örneklerde 15.günde 7 log kob/g üzerine ulaşmıştır. Benzer şekilde, toplam aerobik mezofilik bakteri sayılarında yalnızca kitosan ile kaplanan örnekler, kontrol grubunun hemen ardından gelmiş, kitosan + esansiyel yağ içeren örnekler ise en düşük TAMB sayılara sahip olmuştur. Küf-maya sayılarında kitosan, çiya müsilajına benzer şekilde antifungal etkisini göstermiştir (Sayadi et al., 2021). Yenilebilir kaplama olarak zahter (*Zataria Multiflora Boiss*) ve sihay kimyon (*Bunium persicum Boiss*) esansiyel yağları içeren kitosan bazlı nanoemülsiyon çözeltiler kullanılmış ve mikrobiyal kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Kontrol grubundaki toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayıları, 6. günde 7,23 log kob/g'a ulaşmış (önerilen maksimum bakteriyolojik sınırın 7 log kob/g olduğu bildirilmiştir) ve buzdolabında depolamanın 18. gününde 8,28 log kob/g'a kadar yükselmiştir. Toplam psikrotrof bakteri sayımı ise kitosan ve esansiyel yağ (EY) içeren gruplarda, kontrol grubuyla (9,47 log kob/g) karşılaştırıldığında daha düşük

seviyelerde kalmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, EY konsantrasyonu arttıkça antimikrobiyal etkinin de arttığını göstermiştir ve bu bulgular, elde ettiğimiz sonuçlar ile uyumlu olmuştur (Keykhosravy et al., 2020). Fraqueza ve Barreto'nun (2011) çalışmasında, %50 CO<sub>2</sub> ve %50 N<sub>2</sub> içeren modifiye atmosfer paketleme (MAP) ile paketlenmiş hindi göğüs etlerinde, 12. gün sonunda toplam aerobik mezofilik bakteri sayılarının 5-6 log kob/g, psikrotrofik bakteri (PTC) sayılarının ise yaklaşık 5 log kob/g seviyesinde olduğu belirtilmiştir. Buna karşın, aerobik ortamda paketlenen örneklerde TAMB ve PTC sayıları 9 log kob/g'nin üzerine çıkarak bozulma gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar, MAP ile paketlenen hindi etlerinin 12 gün boyunca kabul edilebilir mikrobiyal seviyelerde kaldığını göstermektedir (Fraqueza and Barreto, 2011).

Soğukta depolanan sığır etinde, zencefil esansiyel yağı (GEO) ve agar-sodyum aljinat çift katmanlı filminin toplam canlı bakteri, psikrotrofik bakteri ve küf/maya sayıları üzerindeki etkileri incelenmiştir. GEO'nun kullanımı ve miktarının artırılması, et örneklerindeki test edilen mikroorganizmaların toplam sayısını azaltmıştır. Bu sayede et örneklerinin mikrobiyal kontaminasyonu azalmış ve sığır etinin raf ömrü 4-6 gün uzatılmıştır (Zhang et al., 2023).

Ticari polietilen (PE) paketlemeye kıyasla, hindi eti proteininin bozulmasından kaynaklanan temel bileşiklerin birikimi ve mikrobiyal kontaminasyon belirgin şekilde azalmıştır ve hindi etinin raf ömrünü uzatabileceğini kanıtlamaktadır. Mevcut bulgularımız, literatürde bildirildiği gibi adaçayından elde edilen esansiyel yağın antibakteriyel aktivitesini doğrulamaktadır. Ayrıca, antifungal aktivitesinin çiya müsilağı ile nanoemülsiyon formunda daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

#### **4.3.9 Toplam uçucu bazik nitrojen (total volatile basic nitrogen:TVB-N)**

Düşük sıcaklıkta depolama sırasında, endojen enzimlerin ve bakterilerin etkisiyle etteki proteinlerin denatürasyonu, et ürünlerinin tazeliğini belirlemek için bir endeks olabilecek amonyak ve aminler gibi temel azotlu maddelerin (TVB-N) üretimine yol açar (Zhang et al., 2023). TVB-N indeksi, trimetilamin (bakteriyel bozulmanın bir ürünü), dimetilamin (enzimatik kendi kendine sindirimin bir ürünü), amonyak ve et ve et ürünlerinin bozulmasıyla ilgili diğer uçucu amin bileşiklerini içerir (Ghasemi et al.,

2024). Kaplanmış hindi etine ait TVB-N değerleri Çizelge 4.20'de görülmektedir. Depolamanın başında bu değer çiya musilajı, AEY miktarı ve nanoemülsiyon kaplama uygulamasından etkilenmemiştir ancak depolamanın artmasıyla birlikte AEY içeren nanoemülsiyon kaplama, kaplama yöntemi ve depolama süresinin etkisi bariz bir şekilde ortaya çıkmıştır ( $P < 0,5$ ). Depolamanın ilk gününde gruplar arası farklılık görülmemiştir. Depolama ilerledikçe TVB-N değerleri artış göstermiştir. 4.günden sonra AEY konsantrasyonu arttıkça TVB-N değerleri düşüş göstermiştir. 8.günün değerleri ise 4.güne göre anlamlı artış görülmüştür. Bu durum, etin bozulmasının bakteriler tarafından meydana gelen protein ayrışması sonucu oluşan uçucu bazik azotlu maddelerin birikimine atfedilebilir. Bu birikim, pH'da sürekli bir artışa yol açarak, endojen enzimlerin aktivitesi uyarılmış ve protein bozunumu hızlanmıştır (Zhang et al., 2023). Sonuç olarak, TVB-N değerinde hızlı bir artış gözlemlenmiştir. Depolama sonunda TVB-N değerleri 14,59-33,75 mg N/100g arasında değişiklik göstermiştir. Adaçayı esansiyel yağ içeren nanoemülsiyonlar ile kaplanan örnekler 12 gün boyunca kabul edilebilir maksimum TVB-N değerinden (25 mg N/100 g (Dalvandi et al., 2020)) daha düşük sonuçlar elde edilmiştir ve bu sonuçlar mikrobiyal analiz sonuçları ile tutarlı bulunmuştur. Bulgularımız, özellikle çiya musilajı ve %1,5 esansiyel yağ içeren kaplama ile kaplanan örneklerin, depolama süresinin sonunda TVB-N değerlerinde önemli bir düşüş gösterdiğini (14,59 ve 15,12 mg N/100 g) ortaya koymuştur. Nanoemülsiyon ile kaplanmış örneklerde, esansiyel yağda bulunan polifenolik bileşiklerin nanoemülsiyon sisteminden salınması, toplam mikroorganizma sayısında bir azalmaya yol açmış (miktoorganizma gelişimini inhibe etmiştir) ve bu durum, protein parçalanmanın azalmasına katkıda bulunmuştur. Diğer etken, kaplama matrisinin hidrofilikliğinden kaynaklanabilir; bu, hindi eti yüzeyindeki suyu emme yeteneği kazandırarak etin yüzeyinde düşük su aktiviteli bir ortam oluşturur. Bu durum, hindi etinin yüzeyindeki bakteri gelişmesini engeller, protein ve amino asitlerin bozulmasını yavaşlatır ve kaplama matrisinin neme ve oksijene karşı direncini artırarak AEY'nin antibakteriyel etkisini güçlendirir (Zhang et al., 2023).

Kitosan + anason yağı içeren film (Mahdavi et al., 2018) ve Ca-Aljinat + biberiye/tarçın esansiyel yağı içeren filmin (Raeisi et al., 2016) tavuk etlerine uygulanması ile mikrobiyal yük azaltılarak raf ömrü uzatılmıştır. Bakteriyel bozulma

TVB-N değerlerinin artmasına yol açar, bu nedenle aktif bileşenler içeren filmler veya kaplamalar aracılığıyla mikrobiyal kontrol, TVB-N değerinde önemli bir azalmaya katkıda bulunabilir (Dalvandi et al., 2020; Zhou et al., 2021).

Sığır et tazeliğini korumak için farklı konsantrasyonlarda zencefil esansiyel yağı (GEO) ile birleştirilmiş agar-sodyum aljinat (AS) çift katmanlı antibakteriyel film kullanılmıştır. Bulgularımıza benzer olarak 3.günden itibaren her grupta TVB-N değerindeki artış belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir. Kontrol grubunun TVB-N değeri, depolama süresince AS film grubuna kıyasla önemli ölçüde daha yüksek kalmıştır. Ayrıca, GEO'nun eklenmesi, filmin sığır etindeki protein bozunma oranını konsantrasyona bağlı olarak engelleme yeteneğini artırmıştır. GEO içeren AS filmlerle işlenen örneklerin TVB-N değeri, GEO miktarı arttıkça daha yavaş bir oranda artmıştır. Örneğin, AS-GEO4 (%4 GEO içeren) filmi, TVB-N değerinin 18.günde 24,72 mg/100g'a ulaşmasıyla daha iyi bir koruma etkisi göstermiştir ve böylece bozulmuş et kategorisine girmemiştir (Zhang et al., 2023).

Kekik esansiyel yağı (OEO) (%0,25-%2,0, v/v) içeren kitosan (CS) kaplamanın, tavuk göğsü filetolarının buzdolabında depolanması sırasında TVB-N miktarı incelenmiştir. Kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında, CS ile kaplanan örneklerin TVB-N değerleri depolama süresi boyunca daha yavaş bir artış göstermiştir; bu durum CS'nin antimikrobiyal aktivitesine bağlanmıştır. Kitosana OEO eklenmesi, tüm depolama süresi boyunca TVB-N oluşumunu önemli ölçüde azaltmıştır. Depolamanın 0. gününde bulgularımız ile uyumlu bir şekilde kontrol ve işlenmiş tavuk etleri için 9,8 ile 10,2 mg/100g arasında değişmiştir. Soğuk depolama sırasında, her gruptaki numunelerin TVB-N içeriklerinde önemli artışlar gözlemlenmiş, ancak artış paterni bizim sonuçlar ile farklılık göstermiştir. Kontrol numuneleri için TVB-N değeri, 3.günde 20,27 mg/100 g'a ve 12. günde 73,31 mg/100 g'a yükselmiştir. Bu artış, esas olarak proteinlerin ve diğer protein olmayan azotlu bileşiklerin (örneğin, serbest amino asitler ve nükleotid katabolitleri) mikroorganizmalar ve endojen enzimler tarafından ayrıştırılmasına ilişkilendirilmiştir (Zheng et al., 2023). Bu bulgular, bizim çalışmamıza kıyasla yüksek bulunmuştur; bunun sebebi olarak, kullandığımız MAP ambalajlama ve karbon dioksitin etkisi düşünülmektedir.

Çizelge 4.20. Kaplanmış hindi etlerin TVB-N değerleri

Gruplar	TVB-N miktarı(mg N/100 gr)			
	0. gün	4. gün	8. gün	12. gün
<b>K</b>	11,49±0,09 <sup>at</sup>	17,30±0,06 <sup>az</sup>	26,92±0,83 <sup>ay</sup>	33,75±0,03 <sup>ax</sup>
<b>KV</b>	9,68±0,18 <sup>az</sup>	13,69±0,00 <sup>by</sup>	25,79±0,72 <sup>abx</sup>	27,47±0,43 <sup>bx</sup>
<b>CM</b>	8,81±0,43 <sup>at</sup>	11,89±0,54 <sup>bcz</sup>	23,26±0,02 <sup>bcy</sup>	27,85±0,43 <sup>bx</sup>
<b>CMV</b>	9,42±0,38 <sup>az</sup>	11,46±0,19 <sup>bcz</sup>	21,03±0,20 <sup>cdy</sup>	25,56±0,73 <sup>bcx</sup>
<b>CMS1</b>	9,15±0,32 <sup>az</sup>	11,48±0,23 <sup>bcz</sup>	17,56±0,42 <sup>ey</sup>	22,49±0,99 <sup>cdx</sup>
<b>CMS1V</b>	10,67±0,13 <sup>az</sup>	10,85±0,08 <sup>cz</sup>	19,74±0,39 <sup>dey</sup>	23,12±0,56 <sup>cdx</sup>
<b>CMS2</b>	9,73±0,26 <sup>ay</sup>	10,91±0,76 <sup>cy</sup>	18,65±0,42 <sup>dex</sup>	20,98±0,40 <sup>dx</sup>
<b>CMS2V</b>	9,28±0,66 <sup>az</sup>	11,16±0,19 <sup>cz</sup>	16,73±0,60 <sup>ey</sup>	21,67±0,72 <sup>dx</sup>
<b>CMS3</b>	10,47±0,24 <sup>ay</sup>	10,28±0,26 <sup>cy</sup>	13,85±0,88 <sup>fx</sup>	14,59±0,58 <sup>ex</sup>
<b>CMS3V</b>	10,28±0,11 <sup>ay</sup>	10,50±0,33 <sup>cy</sup>	12,09±0,16 <sup>fy</sup>	15,12±0,55 <sup>ex</sup>

Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a-f: Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0,05 seviyesinde). x-t: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0,05 seviyesinde)

TVB-N değerleri, depolama süresi, kaplama yöntemi, adaçayı esansiyel yağı ve çiya müsilağı eklenmesi gibi faktörlerden etkilenmiştir (P<0,05). Nanoemülsiyon çözeltileri ile kaplanan hindi etleri, kontrol grubuna kıyasla daha düşük TVB-N değerlerine sahip olup, bu durum hindi eti örneklerinin tazeliğini koruduğunu göstermektedir. Vakum emdirim yöntemiyle kaplanan örnekler daldırma yöntemine göre, daha düşük toplam uçucu bazik nitrojen seviyelerine sahip olmuştur. Depolama süresinin artmasının ise belirgin bir etkisi gözlemlenmiştir. İkili varyasyonların kullanımı TVB-N değerleri üzerinde etkili bulunmuş, ancak üç varyasyon şeklinde kullanımın etkisiz olduğu tespit edilmiştir.

#### 4.3.10 Tekstür profili analizi (TPA)

Et tekstürü, bağ doku miktarından ve kalitesinden, sarkomer uzunluğundan ve soğukta depolama sırasında gelişen proteolizden büyük ölçüde etkilenmektedir (Bao and Ertbjerg, 2019). Tekstürün geliştirilmesinde ürün formülasyonlarında kullanılan bileşenlerin veya uygulanan üretim parametrelerinin etkisi oldukça önemlidir. Depolama boyunca deneme gruplarının tekstür profil analiz sonuçları Çizelge 4.21’de sunulmuştur. Deneme gruplarının sertlik, esneklik, yapışkanlık, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri sırasıyla 10,96-53,95 N, 0,04-0,18 mm, 0,06-0,28, 1,51-8,39 N ve 0,11-1,58 N×mm aralığında değişiklik göstermiştir.

En yüksek sertlik değeri CM örneklerinde gözlenmiştir. Çiya müsilağı, sertlik üzerinde artırıcı bir etki sağlarken, AEY içeren nanoemülsiyon ve çiya müsilağı karışımından oluşan kaplama çözeltisi ile kaplanan hindi eti, dokuda yumuşama etkisi göstermiştir ( $P<0,05$ ). AEY miktarının artması ile dokuda yumuşama daha bariz bir şekilde gözlenmiştir ( $P<0,05$ ) ve en düşük değer CMS3V grubunda tespit edilmiştir. Bizim sonuçlarımıza benzer şekilde, biberiye ve kekik esansiyel yağları içeren aljinat bazlı çözeltilerle kaplanan sığır etinin 14 günlük soğuk depolama süresi boyunca sertlik değerleri, kontrol grubuna göre daha düşük olarak ölçülmüştür (Vital et al., 2016). Farklı esansiyel yağlar (kurkumin, zerdeçal ve sarımsak) içeren pektin bazlı nanoemülsiyonlar ile kaplanan tavuk filetoların 12 günlük soğuk depolama sonrasında kontrol örneklerine göre anlamlı derecede daha yüksek sertlik değerine sahip olduğu bildirilmiştir (Abdou et al., 2018).

Depolama işlemi tüm gruplarda sertliğin azalmasına neden olmuştur ( $P<0,05$ ). Depolama boyunca gözlenen bu düşüşün en önemli nedeninin enzimatik otoliz veya mikrobiyal aktivite sonucu gelişen protein degradesyonu olduğu düşünülmektedir. Depolamanın son günü hariç tüm depolama süreçlerinde çiya müsilağı ve AEY içeren nanoemülsiyon ile kaplanan örneklerin yalnızca çiya müsilağı veya su ile kaplanan örneklere kıyasla daha düşük sertlik değerine sahip olduğu gözlenmiştir ( $P<0,05$ ). Vakum emdirim yöntemiyle kaplanan örneklerde, daldırma yöntemiyle kaplanan örneklere kıyasla sertlik azalması daha hafif bir eğilimle gözlemlenmiştir.

Örneklerin esneklik değeri incelendiğinde, depolamanın 8.gününe kadar en yüksek esneklik değerleri CMS1V örneklerinde gözlenmiştir. En düşük değerlerin ise depolama boyunca KV örneklerinde ölçüldüğü görülmektedir ( $P<0,05$ ). Depolamanın 4.gününde dalgalanmalar gözlemlenmiş, ancak 4. günden sonraki değerler, depolamanın başlangıcına kıyasla tüm deneme gruplarında esneklik değerlerinin arttığını göstermiştir ( $P<0,05$ ).

Yapışkanlık değerleri 0,06-0,28 aralığında değişiklik göstermiştir. Çiya musilajı ve nanoemülsiyon kaplama çözeltisi, hindi etlerin yapışkanlık özelliği üzerine etki göstermiştir ( $P<0,05$ ). En düşük yapışkanlık CMS2V gruplarında gözlenirken, en yüksek değerler CMS1 ve CMS1V örneklerinde tespit edilmiştir. Depolama sonucunda tüm gruplarda yapışkanlık artış göstermiştir ( $P<0,05$ ). Depolama sonunda çiya musilajı ve en düşük AEY konsantrasyonu ile kaplanan örneklerin yapışkanlığı en yüksek bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Depolamanın başlangıcında tüm deneme grupları arasında en düşük değer kontrol grubunda ölçülmüştür.

Depolamanın başlangıcında en yüksek sakızimsılık çiya müsilaj ile kaplanan hindi etlerine ait olmuştur. Bu sonucun tersine, Çelik ve Sarıçoban (2023) tarafından gerçekleştirilen araştırmada yalnızca çiya müsilajı ile kaplanan tavuk nağetlerinin sakızimsılık değerlerinde bir azalma gözlemlenmiştir (Çelik and Sarıçoban, 2023). En düşük sakızimsılık değerleri, AEY eklenen çözeltilerle kaplanan örneklerde bulunmuştur. CMV grubu hariç sakızimsılık değerleri 4.güne kadar artış, sonra düşüş göstermiştir. Depolama sonunda KV grubu hariç diğer tüm örneklerde başlangıç değerinden daha yüksek sakızimsılık değerleri ölçülmüştür ( $P<0,05$ ). Depolama sonunda CMV grubu en yüksek değere sahip olmuştur ( $P<0,05$ ). Vakum emdirim yöntemiyle kaplanan örnekler, genel olarak sakızimsılık üzerinde artırıcı bir etki göstermiştir.

Sakızimsılık değerlerine benzer şekilde en yüksek çignenebilirlik değerleri de CMV örneklerinde bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Nanoemülsiyon kaplama uygulanan örneklerde ise %1'den daha fazla AEY ilavesi çignenebilirlik değerinde düşüş ile

sonuçlanmıştır ( $P<0,05$ ). Benzer eğilim, tüm depolama süresince gözlemlenmiş ve CMS2 hariç tüm örneklerde çiğnenebilirlik 0. güne göre artış göstermiştir.

Çizelge 4.21. Hindi göğüs eti örneklerinin depolama boyunca tekstür profil analiz sonuçları

Gruplar	Sertlik (N)			
	0.gün	4.gün	8.gün	12.gün
<b>K</b>	36,47±0,49 <sup>bex</sup>	32,91±0,79 <sup>bcdx</sup>	24,26±0,50 <sup>bey</sup>	22,26±0,24 <sup>aby</sup>
<b>KV</b>	39,34±0,28 <sup>bex</sup>	33,67±0,14 <sup>bey</sup>	25,84±0,81 <sup>bz</sup>	15,48±1,03 <sup>det</sup>
<b>CM</b>	53,95±0,31 <sup>ax</sup>	43,21±0,89 <sup>ay</sup>	32,48±0,46 <sup>az</sup>	25,47±0,20 <sup>az</sup>
<b>CMV</b>	41,69±0,49 <sup>bx</sup>	37,75±0,34 <sup>bx</sup>	33,81±1,19 <sup>ax</sup>	15,81±1,02 <sup>dey</sup>
<b>CMS1</b>	32,93±0,95 <sup>cdx</sup>	29,42±0,70 <sup>cdex</sup>	25,91±0,45 <sup>bx</sup>	10,96±0,45 <sup>fy</sup>
<b>CMS1V</b>	31,64±0,13 <sup>cdx</sup>	28,23±0,34 <sup>defy</sup>	24,82±0,56 <sup>bcz</sup>	17,88±0,63 <sup>cdt</sup>
<b>CMS2</b>	25,30±0,61 <sup>dx</sup>	24,62±0,28 <sup>efxy</sup>	21,91±0,96 <sup>bcdy</sup>	16,73±0,75 <sup>cdz</sup>
<b>CMS2V</b>	26,92±0,13 <sup>dx</sup>	25,33±0,28 <sup>efxy</sup>	22,46±0,65 <sup>bcdyz</sup>	20,88±0,63 <sup>bcz</sup>
<b>CMS3</b>	36,75±1,01 <sup>bex</sup>	25,24±0,53 <sup>efy</sup>	19,56±0,48 <sup>cdyz</sup>	16,42±0,85 <sup>dz</sup>
<b>CMS3V</b>	24,86±1,40 <sup>dx</sup>	23,91±1,09 <sup>fx</sup>	16,67±0,22 <sup>dy</sup>	11,82±0,79 <sup>efy</sup>
<b>Esneklik (mm)</b>				
<b>K</b>	0,04±0,44 <sup>ax</sup>	0,09±0,00 <sup>efx</sup>	0,05±0,00 <sup>fx</sup>	0,08±0,00 <sup>cx</sup>
<b>KV</b>	0,04±0,00 <sup>ay</sup>	0,05±0,00 <sup>gxy</sup>	0,05±0,00 <sup>fy</sup>	0,06±0,00 <sup>dx</sup>
<b>CM</b>	0,13±0,01 <sup>ay</sup>	0,13±0,01 <sup>aby</sup>	0,13±0,00 <sup>cy</sup>	0,18±0,00 <sup>ax</sup>
<b>CMV</b>	0,11±0,00 <sup>at</sup>	0,14±0,00 <sup>bcz</sup>	0,16±0,00 <sup>by</sup>	0,18±0,00 <sup>ax</sup>
<b>CMS1</b>	0,13±0,02 <sup>ax</sup>	0,14±0,00 <sup>abx</sup>	0,15±0,01 <sup>bx</sup>	0,16±0,00 <sup>bx</sup>
<b>CMS1V</b>	0,13±0,00 <sup>az</sup>	0,15±0,00 <sup>ay</sup>	0,18±0,00 <sup>ax</sup>	0,15±0,00 <sup>by</sup>
<b>CMS2</b>	0,05±0,00 <sup>az</sup>	0,07±0,00 <sup>fy</sup>	0,07±0,00 <sup>ey</sup>	0,09±0,00 <sup>cx</sup>
<b>CMS2V</b>	0,04±0,00 <sup>az</sup>	0,09±0,00 <sup>ex</sup>	0,05±0,01 <sup>fyz</sup>	0,06±0,00 <sup>dy</sup>
<b>CMS3</b>	0,07±0,00 <sup>az</sup>	0,12±0,00 <sup>cdx</sup>	0,09±0,00 <sup>dy</sup>	0,09±0,00 <sup>cy</sup>
<b>CMS3V</b>	0,07±0,00 <sup>az</sup>	0,11±0,00 <sup>dx</sup>	0,09±0,00 <sup>dy</sup>	0,09±0,00 <sup>cy</sup>
<b>Yapışkanlık</b>				
<b>K</b>	0,07±0,00 <sup>defy</sup>	0,08±0,00 <sup>ex</sup>	0,08±0,00 <sup>cx</sup>	0,09±0,00 <sup>ex</sup>
<b>KV</b>	0,10±0,00 <sup>bx</sup>	0,13±0,01 <sup>dx</sup>	0,15±0,07 <sup>bx</sup>	0,17±0,00 <sup>dx</sup>
<b>CM</b>	0,09±0,01 <sup>cdz</sup>	0,16±0,00 <sup>by</sup>	0,24±0,01 <sup>ax</sup>	0,24±0,00 <sup>abx</sup>
<b>CMV</b>	0,08±0,00 <sup>dz</sup>	0,16±0,01 <sup>by</sup>	0,24±0,02 <sup>ax</sup>	0,23±0,01 <sup>bex</sup>
<b>CMS1</b>	0,14±0,01 <sup>at</sup>	0,19±0,01 <sup>az</sup>	0,23±0,00 <sup>ay</sup>	0,27±0,00 <sup>abx</sup>
<b>CMS1V</b>	0,14±0,00 <sup>at</sup>	0,19±0,00 <sup>az</sup>	0,24±0,01 <sup>ay</sup>	0,28±0,00 <sup>ax</sup>
<b>CMS2</b>	0,10±0,01 <sup>bex</sup>	0,12±0,00 <sup>dx</sup>	0,17±0,08 <sup>bx</sup>	0,18±0,01 <sup>cdx</sup>
<b>CMS2V</b>	0,06±0,00 <sup>fy</sup>	0,13±0,01 <sup>dx</sup>	0,13±0,01 <sup>bex</sup>	0,14±0,03 <sup>dx</sup>

<b>CMS3</b>	0,08±0,00 <sup>dey</sup>	0,13±0,00 <sup>edxy</sup>	0,18±0,05 <sup>abx</sup>	0,18±0,00 <sup>cdx</sup>
<b>CMS3V</b>	0,07±0,00 <sup>efz</sup>	0,15±0,00 <sup>bcy</sup>	0,16±0,01 <sup>by</sup>	0,19±0,01 <sup>cdx</sup>
<b>Sakızmsılık (N)</b>				
<b>K</b>	2,29±0,67 <sup>dex</sup>	2,03±0,37 <sup>fx</sup>	2,75±0,17 <sup>cx</sup>	2,63±0,26 <sup>ex</sup>
<b>KV</b>	3,35±0,55 <sup>bex</sup>	2,61±0,46 <sup>efy</sup>	1,97±0,27 <sup>cdy</sup>	2,08±0,10 <sup>fyg</sup>
<b>CM</b>	4,16±0,73 <sup>abz</sup>	6,07±0,82 <sup>ay</sup>	7,98±1,08 <sup>ax</sup>	5,30±0,26 <sup>cyz</sup>
<b>CMV</b>	4,48±0,35 <sup>at</sup>	6,16±0,37 <sup>az</sup>	7,73±0,45 <sup>ay</sup>	8,39±0,14 <sup>ax</sup>
<b>CMS1</b>	1,63±0,35 <sup>ez</sup>	3,98±0,06 <sup>cy</sup>	6,33±0,25 <sup>bx</sup>	4,23±0,21 <sup>dy</sup>
<b>CMS1V</b>	2,90±0,23 <sup>cdz</sup>	4,76±0,22 <sup>by</sup>	6,13±0,70 <sup>bx</sup>	6,63±0,23 <sup>bx</sup>
<b>CMS2</b>	2,05±0,09 <sup>dey</sup>	2,45±0,23 <sup>efxy</sup>	1,57±0,42 <sup>dz</sup>	2,72±0,19 <sup>gx</sup>
<b>CMS2V</b>	1,77±0,58 <sup>eyz</sup>	3,47±0,60 <sup>cdx</sup>	1,51±0,07 <sup>dz</sup>	2,44±0,42 <sup>efy</sup>
<b>CMS3</b>	2,49±0,71 <sup>cdex</sup>	2,81±0,12 <sup>defx</sup>	2,04±0,78 <sup>cdx</sup>	2,21±0,35 <sup>efgx</sup>
<b>CMS3V</b>	2,30±0,18 <sup>dey</sup>	2,97±0,35 <sup>dex</sup>	2,41±0,11 <sup>cdy</sup>	2,09±0,35 <sup>fyg</sup>
<b>Çiğnenebilirlik (N.mm)</b>				
<b>K</b>	0,22±0,02 <sup>dex</sup>	0,22±0,04 <sup>ex</sup>	0,14±0,01 <sup>dex</sup>	0,20±0,03 <sup>dx</sup>
<b>KV</b>	0,24±0,03 <sup>dex</sup>	0,25±0,08 <sup>ex</sup>	0,15±0,03 <sup>dex</sup>	0,26±0,00 <sup>dx</sup>
<b>CM</b>	0,30±0,06 <sup>cdz</sup>	0,62±0,16 <sup>cyz</sup>	0,93±0,27 <sup>exy</sup>	1,31±0,33 <sup>bx</sup>
<b>CMV</b>	0,68±0,05 <sup>az</sup>	1,06±0,07 <sup>ay</sup>	1,44±0,11 <sup>ax</sup>	1,58±0,15 <sup>ax</sup>
<b>CMS1</b>	0,44±0,02 <sup>bcz</sup>	0,75±0,09 <sup>bcy</sup>	1,19±0,13 <sup>bx</sup>	0,69±0,05 <sup>cy</sup>
<b>CMS1V</b>	0,48±0,03 <sup>bcz</sup>	0,88±0,06 <sup>by</sup>	1,30±0,04 <sup>abx</sup>	1,20±0,14 <sup>bx</sup>
<b>CMS2</b>	0,50±0,15 <sup>bx</sup>	0,28±0,07 <sup>dey</sup>	0,11±0,01 <sup>ey</sup>	0,13±0,00 <sup>dy</sup>
<b>CMS2V</b>	0,11±0,05 <sup>ez</sup>	0,42±0,07 <sup>dx</sup>	0,24±0,05 <sup>dey</sup>	0,18±0,06 <sup>dyz</sup>
<b>CMS3</b>	0,25±0,03 <sup>dex</sup>	0,37±0,01 <sup>dex</sup>	0,34±0,17 <sup>dx</sup>	0,22±0,06 <sup>dx</sup>
<b>CMS3V</b>	0,11±0,01 <sup>ey</sup>	0,31±0,02 <sup>dex</sup>	0,35±0,02 <sup>dx</sup>	0,31±0,05 <sup>dx</sup>

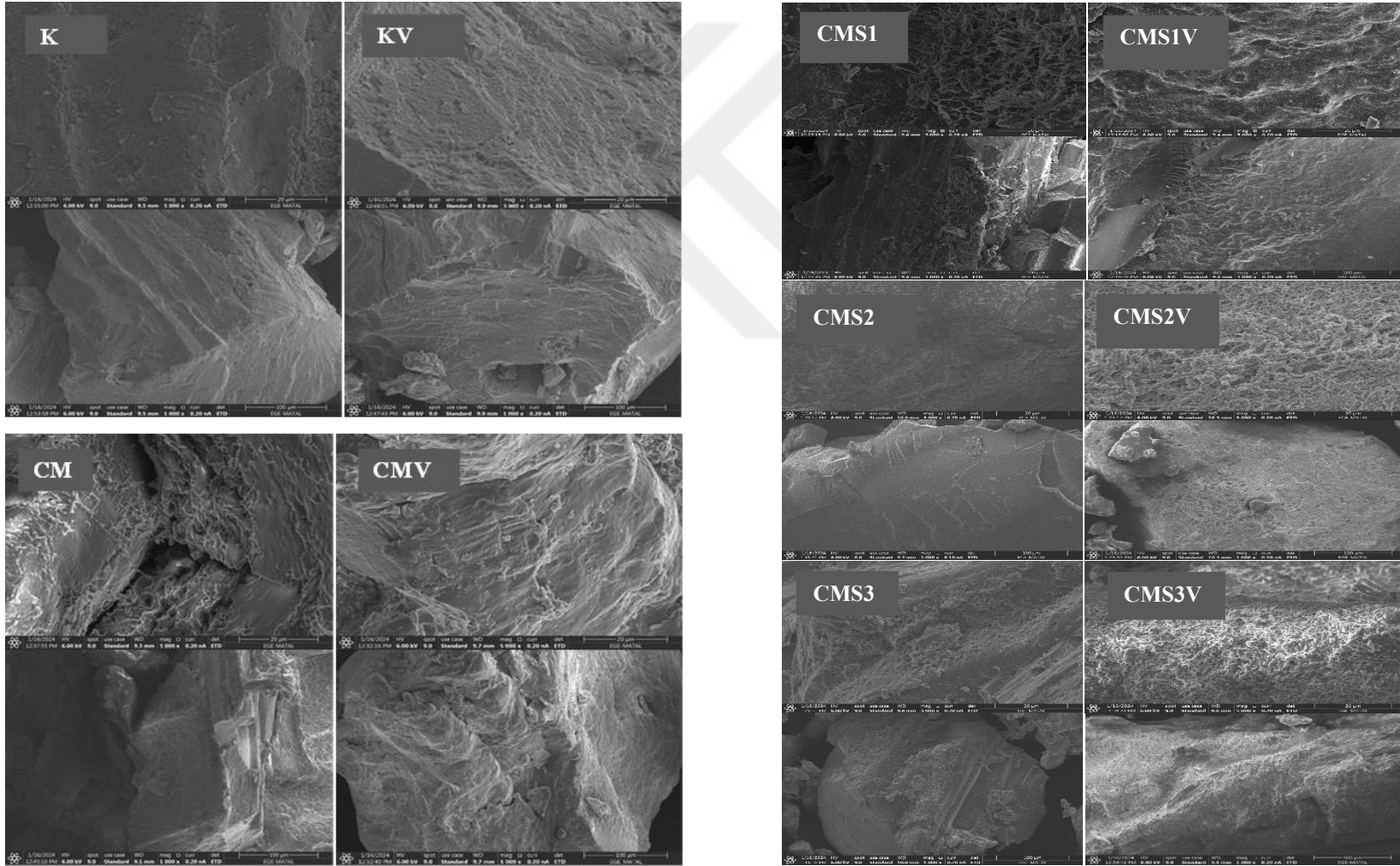
Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a-f: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0.05 seviyesinde). x-t: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0.05 seviyesinde)

Hindi eti örneklerinin sertlik değeri çiya musilajı kullanımını ve eklenen AEY miktarından etkilenmiştir (P<0,05). Kaplama işleminin hindi etlerin tüm tekstür profili üzerinde önemli bir etkisi olduğu tespit edilmiştir (P<0,01). Farklı kaplama yöntemlerin kullanımı, hindi etlerinin doku özellikleri üzerinde anlamlı etkiler sergilemiştir (P<0,05). Depolama süreci ise, hindi etlerinin esneklik özelliği hariç diğer tüm doku özellikleri üzerinde etkili olmuştur. Kaplama formülasyonu ve depolama işlemleri birlikte, üç varyans değerinin birlikte, esneklik hariç hindi eti tekstürü üzerine

anlamli etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, kaplama yöntemi ve depolama işleminin birlikte sertlik ve esneklik üzerinde etkisi anlamlı bulunmamıştır ( $P>0,05$ ).

#### **4.3.11 Taramalı elektron mikroskobu (SEM)**

Düşük sıcaklıkta et üzerine kaplamanın durumu hakkında yüksek kaliteli bilgi elde etmek amacıyla ürünün mikro yapısı SEM ile analiz edilmiştir. Kaplanmış hindi etlerin mikro yapısı, taramalı elektron mikroskobu ile farklı yakınlaştırma oranlarında ( $\times 1000$  ve  $\times 5000$ ) incelenmiş ve mikrografları Şekil 4.6'de sunulmuştur. Yağ damlacıkları içermeyen çiya müsilağı bazlı kaplamanın hindi eti yüzeyinde, çiyanın oluşturduğu polisakkarit bazlı bir ağ gözlemlenmektedir. Vakum emdirim ile kaplanan örneklerin görüntüsü, kaplamanın bütünlüğünü ve pürüzsüz bir yapı sergilerken, daldırma yöntemi ile kaplanan örnekler parça parça bir yapı göstermektedir.



Şekil 4.6. Nanoemülsiyon kaplama çözeltiler ile kaplanan hindi etlerin SEM mikrografları

Nanoemülsiyon kaplamanın morfolojisi mikro yapıda belirgin farklılıklar sunmaktadır. %0,5 AEY içeren nanoemülsiyon bazlı kaplamanın yüzeyi, daldırma yönteminde çiya müsilajı içeren kaplamalara benzer bir görünüm sergilemiştir. Ancak, vakum emdirim tekniğiyle kaplanan örnekler, yağ damlacıklarının parlak bir şekilde daha homojen bir yapıda sunulmasıyla dikkat çekmiştir. AEY konsantrasyonu arttıkça yağ damlacıklarını gösteren parlak noktalar belirginleşmektedir. Vakum emdirim yöntemiyle işlenen nanoemülsiyon ile kaplanmış örneklerde çeşitli boyutlarda gözeneklerin belirgin hale gelmesi, nanoemülsiyon çözeltilerinin yapının içine etkili bir şekilde emildiğini göstermektedir. Bu durum, kaplamanın mikro yapısının daha fazla etkileşim sağladığını ve aktif bileşenlerin homojen bir dağılımını desteklediğini ortaya koymaktadır. AEY damlacıkları sürekli bir ağ içinde tutulurken, daldırma yönteminde gözeneksiz yapılar oluşmaktadır. Sonuç olarak vakum emdirim yönteminin kaplamanın yapısal bütünlüğünü artırarak, daha etkili bir koruma sağladığını göstermektedir.

Biberiye esansiyel yağı (REO) ve  $\epsilon$ -poli-L-lizin içeren jelatin-kitosan bazlı nanoemülsiyon yenilebilir kaplamaların, hazır yenilebilen karbonado tavuğunun mikroyapısı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yağ damlacıkları içermeyen jelatin-kitosan kaplamanın yüzeyi, küçük küresel nanopartikül yapısına sahip ve pürüzsüz bir görünüm sergilemektedir. Kaba emülsiyon kaplamanın mikroyapısı nanoemülsiyon kaplamalar ile karşılaştırıldığında belirgin farklılıklar göstermiştir; emülsiyon bazlı kaplamanın yüzeyi, kaba bir yapıda ancak nanoemülsiyon kaplama ise, REO damlacıklarının sürekli bir ağ içinde tutulduğu, gözeneksiz ve mükemmel yapısal bütünlüğe sahip pürüzsüz ve homojen yüzeyler göstermiştir (Huang et al., 2020).

Diğer çalışmalarda da benzer bulgular rapor edilmiştir. Bezelye proteini izolatu (PPI) bazlı aktif filmler, mikro emülsiyon (MOEO) veya nano emülsiyon (NOEO) formunda %0,5, %1,0 veya %2,0 kekik esansiyel yağı (OEO) eklenerek hazırlanmıştır. PPI filminin yüzeyi homojen ve pürüzlü bir dokuya sahipti, herhangi bir delik bulunmaması, saf PPI film yapısının bütünlüğünü göstermektedir. Esansiyel yağ eklendiğinde, film yüzeyinde yağ damlacıklarından kaynaklanan çok sayıda delik

gözlemlenmiştir; bu durum, OEO'nun başarılı bir şekilde eklendiğini göstermektedir (Cheng et al., 2024).

#### 4.3.12 Sululuk ve tanımlayıcı duyuşal analiz

Sululuk, etin kabul edilebilir özelliklerini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Bu çalışmada, pişirilmiş hindi göğüs etinin sululukla ilişkili özelliklerinin çeşitli enstrümantal ve tanımlayıcı duyuşal analizler aracılığıyla değerlendirilmiştir. Lifler arasındaki suya uygulanan mekanik bir kuvvet, aralıklarda bulunan sıvının et yüzeyine itilmesine neden olur. Bu işlem sonucunda, etin kütleğinde belirgin bir azalma meydana gelir ve önemli miktarda et suyu kaybı yaşanabilir. Bu kayıp, etin sululuk derecesini ve dokusal özelliklerini doğrudan etkileyerek etin kalitesine katkı sağlar (Tan et al., 2022). Deneme gruplarının sululuk değerleri Çizelge 4.22’te gösterilmiştir. Çizelgede, esansiyel yağ içeren nanoemülsiyon kaplaması uygulanmış örneklerin sululuk değerlerinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Kaplama formülasyonu, kaplama yönteminden bağımsız olarak özellikle %1 ve %1,5 AEY içeren deneme grupları daha yüksek sululuğa sahip olmuştur. Ancak, nanoemülsiyon kaplamalı örneklerde sululuk değeri yüksek olmasına rağmen, tanımlayıcı duyuşal analiz ve STK değerleri açısından, su kaplamalı kontrol grubu ile karşılaştırıldığında belirgin bir fark tespit edilmemiştir.

Çizelge 4.22. Depolama boyunca kaplanan hindi etlerin sululuk değerleri

Gruplar	Sululuk
<b>K</b>	1,82±0,21 <sup>d</sup>
<b>KV</b>	1,89±0,17 <sup>d</sup>
<b>CM</b>	1,68±0,33 <sup>d</sup>
<b>CMV</b>	1,63±0,37 <sup>d</sup>
<b>CMS1</b>	1,95±0,45 <sup>cd</sup>
<b>CMS1V</b>	2,27±0,49 <sup>bcd</sup>
<b>CMS2</b>	3,13±0,52 <sup>ab</sup>
<b>CMS2V</b>	2,93±0,40 <sup>ab</sup>
<b>CMS3</b>	2,76±0,59 <sup>bc</sup>
<b>CMS3V</b>	3,68±0,79 <sup>a</sup>

Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a-d: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0,05 seviyesinde).

Gıdaların duyusal analizi, ürünlerin tüketiciler tarafından kabul edilmesini etkileyen duyular (koku, renk, tat, doku) aracılığıyla organoleptik özelliklerin değerlendirilmesini içerir. Bu analiz, yeni ürünlerin onaylanmasında kritik bir parametre haline gelmiştir. Duyusal değerlendirmeler, tüketici tercihlerini anlamak ve ürün geliştirme sürecinde önemli bilgiler sağlamak açısından büyük önem taşır (Dorđević et al., 2022). Etin görünüşü, tüketicilerin tazeliği ve kaliteyi değerlendirmesinde en önemli parametredir. Renk, doku ve nem içeriği, tazeliği doğrulamada büyük öneme sahiptir (Tomasevic et al., 2021). Yenilebilir kaplamaların gaz bariyeri ile lipit ve protein oksidasyonunu önleme özellikleri (Umaraw et al., 2020), etin renk korunmasından sorumludur.

Örneklerin duyusal değerlendirme sonuçları Çizelge 4.23'de ve Şekil 4.16 'da verilmiştir. Üretimin hemen ardından ve depolama boyunca incelenen lezzet, sululuk, tekstür ve genel kabul edilebilirlik parametrelerinde gruplar arası farklılık gözlemlenmiştir ( $P < 0,05$ ). Depolama süresi boyunca görünüm ve renk parametrelerinde gruplar arasında belirgin bir farklılık gözlenmemiştir, ancak depolamanın başında adaçayı esansiyel yağı içeren örneklerin lezzet skorları, diğer gruplara kıyasla daha düşük bulunmuştur. En düşük lezzet skorları ise %1 AEY içeren çözeltili ile kaplanmış hindi etlerine ait olmuştur. Bu durumun, panelistlerin belirttiği üzere, adaçayı esansiyel yağının keskin kokusu ve tadından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak bu eğilim depolama süresince gözlemlenmemiştir. Bunun nedeni, adaçayı esansiyel yağının kokusunun zamanla azalması veya AEY'nin etin yüzeyinden iç kısımlarına penetre olup homojen bir dağılım sağlaması olabilir. Kitosan ve %0,25, %0,5 ve %1 oranlarında *Satureja montana L.* esansiyel yağı ile sığır eti kaplanmasında 12 gün depolama boyunca esansiyel yağ oranının artmasının, örneklerin duyusal özellikleri üzerinde olumsuz etki bıraktığı bildirilmiştir (Dorđević et al., 2022). Başka bir araştırmada ise tarçın esansiyel yağı kullanımı, hindi etinin duyusal kabul edilebilirliğini negatif etkilememiştir (Taheri et al., 2018). Çiya müsülaj tek başına ve çiya müsülaj+%0,5 AEY içeren grupların değerlendirme süresi boyunca daha kabul edilebilir duyusal özelliklere sahip olduğunu gösterilmiştir. Dalvandi ve ark., (2020) zerdeçal ekstraktı (%2) ile hazırlanmış karboksimetil selüloz bazlı

kaplamaların soğukta depolanan tavuk göğsü filetolarında duyuusal bozulmayı geciktirmede etkili sonuçlar verdiği ve depolama sonunda kaplanmış örneklerde genel kabul edilebilirliğin kaplanmamış örneklere kıyasla korunduğunu belirtmiştir (Dalvandi et al., 2020). Depolama süresinin görünüm ve renk üzerinde bir etkisi olmazken, tüm gruplarda lezzet, sululuk, tekstür ve genel kabul edilebilirlik skorlarında ilk güne kıyasla önemli farklılıklar görülmüştür ( $P<0,05$ ). Lezzet değerlendirmesinde en yüksek puanlar, depolamanın ilk gününde kaydedilmiş ve takip eden günlerde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir ( $P<0,05$ ). Ancak, çözeltilerle kaplanan hindi etlerinin lezzeti, su ile kaplanan gruplara göre benzerlik göstermiştir. Örneklerin 4. gününden itibaren sululuk, tekstür ve genel kabul edilebilirlik puanlarında bir azalma görülmüştür. Depolama süresinin sonunda, çiya müsilaj ve çiya müsilaj + AEY ile kaplanmış örnekler, incelenen tüm parametreler açısından kontrol örnekleriyle benzer puanlar almıştır. Bu durum, kaplama formülasyonunun, ürünün teknolojik ve fonksiyonel özelliklerinde sağladığı iyileştirmelerin depolama süresince korunmuş olması ile ilişkilendirilebilir. Çiya müsilajının su tutma, pişirme verimini artırma özellikleri nedeniyle et ürünlerinin duyuusal özelliğini iyileştirdiği çeşitli çalışmalar ile ortaya konulmuştur (Yüncü et al., 2021).

Sodyum kazeinat (SC) ve zencefil esansiyel yağı (GEO) içeren nanoemülsiyonlar ile kaplanan tavuk göğsü eti üzerine yapılan araştırmada, yalnızca sodyum kazeinat ile kaplanan örneklerde kabul edilebilir sonuçlar elde edilememiştir (yapışkan et yüzeyi). Ancak, esansiyel yağ eklenmesi bu olumsuz sonuçları değiştirmiştir. Tüm numunelerin puanları depolama süresiyle azalmıştır. Ancak, GEO içeren etlerde bu azalma oranı kaplanmamış veya SC filetolardan daha düşük bildirilmiştir. Ayrıca, GEO nanoemülsiyonu kaplama formülasyonunda kullanıldığında, puanlar geleneksel emülsiyonla göre önemli ölçüde daha yüksek skora sahip olmuştur. Tüm numunelerin puanları depolama süresiyle azaldı. Ancak, GEO kaplı numunelerdeki bu azalma oranı kaplanmamış veya SC kaplı filetolardan daha düşüktü. Ayrıca, GEO nanoemülsiyonu kaplama formülasyonunda kullanıldığında, puanlar geleneksel emülsiyonla birleştirilenlerden önemli ölçüde ( $P<0,05$ ) daha yüksek bulunmuştur. Depolama süresinin sonunda, SC+%6 GEO nanoemülsiyon ile kaplanan örneklere en

yüksek puan verilmiştir. Kaplanmış numunelerin yüzeyinde bulunan GEO, panelistler tarafından hoş karşılanan belirgin bir koku bırakmıştır. Bu etki, özellikle nanoemülsiyonla kaplanmış örneklerde daha belirgin hale gelmiştir. Bunun nedeni, nanoemülsiyonun daha homojen bir çözelti oluşturmasıdır; bu da filetolarda daha parlak ve çekici bir yüzey sunarak duyuusal deneyimi iyileştirmiştir (Noori et al., 2018).

Diğer benzer çalışmada, et tazeliğini korumak amacıyla zencefil esansiyel yağı (GEO) ile birleştirilmiş agar-sodyum aljinat (AS) çift katmanlı antibakteriyel film geliştirilmiştir. Renk değişimi açısından, tüm kaplanmış gruplarından alınan örnekler 12 güne kadar kabul edilebilir durumda görülmüştür, bu da AS filmlerinin ve PE'nin olumlu etkisini göstermektedir. Özellikle AS-GEO4 ile paketlenen sığır eti örnekleri, diğer gruplarla önemli bir farkla ( $P<0,05$ ) en yüksek puanları almıştır. Örneklerin koku değişimleri de benzer bir eğilim izlemiş, 12.günde hâlâ kabul edilebilir bulunmuştur. Genel kabul edilebilirlik açısından, diğer tüm gruplar 12 günlük bir raf ömrü göstermiştir. Ayrıca, tüm soğutma süresi boyunca (0. gün hariç), AS filmlerle paketlenen sığır eti örnekleri, özellikle AS-GEO filmleri, PE grubuyla karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha yüksek genel kabul edilebilirlik puanlarına sahip olmuştur. Bu durum, GEO'nun mikrobiyal bozulmayı kontrol etme yeteneği ile ilişkilendirilebilir. Panelistlerin değerlendirmelerine göre, çalışmada kullanılan GEO katkılı filmlerin sığır eti örneklerinin duyuusal özellikleri üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığı görülmüştür (Zhang et al., 2023).

Çizelge 4.23. Depolama boyunca kaplanan hindi etlerin duyusal değerlendirilmesi

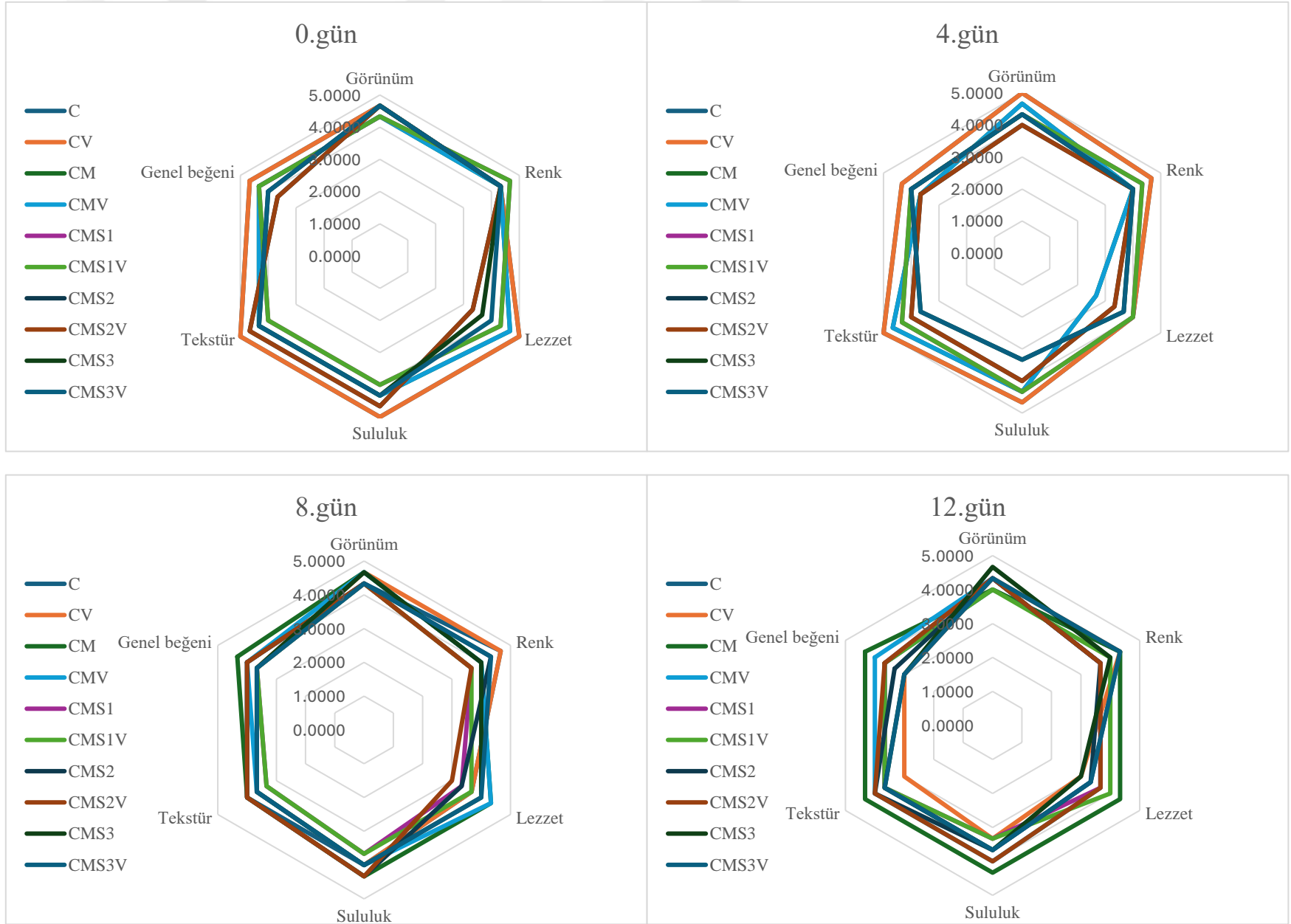
Gruplar	Genel görünüm			
	0.gün	4.gün	8.gün	12.gün
<b>K</b>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	5,00±0,00 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±0,00 <sup>ax</sup>
<b>KV</b>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	5,00±0,00 <sup>ax</sup>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>
<b>CM</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±1,00 <sup>ax</sup>
<b>CMV</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>
<b>CMS1</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>
<b>CMS1V</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±1,00 <sup>ax</sup>
<b>CMS2</b>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±1,00 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>
<b>CMS2V</b>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±1,00 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>
<b>CMS3</b>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>
<b>CMS3V</b>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>
	<b>Renk</b>			
<b>K</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>
<b>KV</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>
<b>CM</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±0,00 <sup>ax</sup>	4,00±1,00 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>
<b>CMV</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±0,00 <sup>ax</sup>	4,00±1,00 <sup>ax</sup>	3,66±0,57 <sup>ax</sup>
<b>CMS1</b>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	3,66±0,57 <sup>ax</sup>	3,66±0,57 <sup>ax</sup>
<b>CMS1V</b>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	3,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±0,00 <sup>ax</sup>
<b>CMS2</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±1,00 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	3,66±0,57 <sup>ax</sup>
<b>CMS2V</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±1,00 <sup>ax</sup>	3,66±0,57 <sup>ax</sup>	3,66±0,57 <sup>ax</sup>
<b>CMS3</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±0,00 <sup>ax</sup>	4,00±1,00 <sup>ax</sup>	4,00±0,00 <sup>ax</sup>
<b>CMS3V</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±0,00 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>
	<b>Lezzet</b>			
<b>K</b>	5,00±0,00 <sup>ax</sup>	4,00±1,00 <sup>ay</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>	3,33±0,57 <sup>ay</sup>
<b>KV</b>	5,00±0,00 <sup>ax</sup>	4,00±1,00 <sup>ay</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>	3,00±0,00 <sup>ay</sup>
<b>CM</b>	4,66±0,57 <sup>abx</sup>	2,66±0,57 <sup>ay</sup>	4,33±0,57 <sup>ay</sup>	4,33±0,57 <sup>ay</sup>
<b>CMV</b>	4,66±0,57 <sup>abx</sup>	2,66±0,57 <sup>ay</sup>	4,33±0,57 <sup>ay</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>
<b>CMS1</b>	4,33±0,57 <sup>abcx</sup>	4,00±0,00 <sup>ay</sup>	3,33±0,57 <sup>ay</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>

<b>CMS1V</b>	4,33±0,57 <sup>abcx</sup>	4,00±0,00 <sup>ay</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>	4,00±0,00 <sup>ay</sup>
<b>CMS2</b>	3,33±0,57 <sup>dx</sup>	3,33±0,57 <sup>ay</sup>	3,33±0,57 <sup>ay</sup>	3,33±0,57 <sup>ay</sup>
<b>CMS2V</b>	3,33±0,57 <sup>dx</sup>	3,33±0,57 <sup>ay</sup>	3,00±1,00 <sup>ay</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>
<b>CMS3</b>	3,66±0,57 <sup>cdx</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>	4,00±0,00 <sup>ay</sup>	3,00±0,00 <sup>ay</sup>
<b>CMS3V</b>	4,00±0,00 <sup>bcdx</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>	4,00±0,00 <sup>ay</sup>	3,33±0,57 <sup>ay</sup>
	<b>Sululuk</b>			
<b>K</b>	5,00±0,00 <sup>ax</sup>	4,66±0,57 <sup>axy</sup>	4,00±1,00 <sup>ayz</sup>	3,66±0,57 <sup>az</sup>
<b>KV</b>	5,00±0,00 <sup>ax</sup>	4,66±0,57 <sup>axy</sup>	4,00±1,00 <sup>ayz</sup>	3,33±0,57 <sup>az</sup>
<b>CM</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>abxy</sup>	4,33±0,57 <sup>ayz</sup>	4,33±0,57 <sup>az</sup>
<b>CMV</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>abxy</sup>	4,00±1,00 <sup>ayz</sup>	4,00±0,00 <sup>az</sup>
<b>CMS1</b>	4,00±1,00 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>abxy</sup>	3,66±0,57 <sup>ayz</sup>	3,33±0,57 <sup>az</sup>
<b>CMS1V</b>	4,00±1,00 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>abxy</sup>	3,66±0,57 <sup>ayz</sup>	3,33±0,57 <sup>az</sup>
<b>CMS2</b>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±0,00 <sup>abxy</sup>	4,33±0,57 <sup>ayz</sup>	3,66±0,57 <sup>az</sup>
<b>CMS2V</b>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±0,00 <sup>abxy</sup>	4,33±0,57 <sup>ayz</sup>	4,00±0,00 <sup>az</sup>
<b>CMS3</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	3,33±0,57 <sup>bxy</sup>	4,00±1,00 <sup>ayz</sup>	3,66±0,57 <sup>az</sup>
<b>CMS3V</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	3,33±0,57 <sup>bxy</sup>	4,00±1,00 <sup>ayz</sup>	3,66±0,57 <sup>az</sup>
	<b>Tekstür</b>			
<b>K</b>	5,00±0,00 <sup>ax</sup>	5,00±0,00 <sup>ax</sup>	4,00±1,00 <sup>ay</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>
<b>KV</b>	5,00±0,00 <sup>ax</sup>	5,00±0,00 <sup>ax</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>	3,00±0,00 <sup>ay</sup>
<b>CM</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,66±0,57 <sup>abx</sup>	4,00±1,00 <sup>ay</sup>	4,33±0,57 <sup>ay</sup>
<b>CMV</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,66±0,57 <sup>abx</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>	4,00±0,00 <sup>ay</sup>
<b>CMS1</b>	4,00±1,00 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>abcx</sup>	3,33±0,57 <sup>ay</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>
<b>CMS1V</b>	4,00±1,00 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>abcx</sup>	3,33±0,57 <sup>ay</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>
<b>CMS2</b>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±0,00 <sup>bcx</sup>	4,00±0,00 <sup>ay</sup>	4,00±0,00 <sup>ay</sup>
<b>CMS2V</b>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±0,00 <sup>bcx</sup>	4,00±0,00 <sup>ay</sup>	4,00±0,00 <sup>ay</sup>
<b>CMS3</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	3,66±0,57 <sup>cx</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>
<b>CMS3V</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	3,66±0,57 <sup>cx</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>
	<b>Genel kabul edilebilirlik</b>			
<b>K</b>	5,00±0,00 <sup>ax</sup>	5,00±0,00 <sup>ax</sup>	4,00±1,00 <sup>axy</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>
<b>KV</b>	5,00±0,00 <sup>ax</sup>	5,00±0,00 <sup>ax</sup>	3,66±0,57 <sup>axy</sup>	3,00±0,00 <sup>ay</sup>

<b>CM</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,66±0,57 <sup>abx</sup>	4,00±1,00 <sup>axy</sup>	4,33±0,57 <sup>ay</sup>
<b>CMV</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	4,66±0,57 <sup>abx</sup>	3,66±0,57 <sup>axy</sup>	4,00±0,00 <sup>ay</sup>
<b>CMS1</b>	4,00±1,00 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>abcx</sup>	3,33±0,57 <sup>axy</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>
<b>CMS1V</b>	4,00±1,00 <sup>ax</sup>	4,33±0,57 <sup>abcx</sup>	3,33±0,57 <sup>axy</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>
<b>CMS2</b>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±0,00 <sup>bcx</sup>	4,00±0,00 <sup>axy</sup>	4,00±0,00 <sup>ay</sup>
<b>CMS2V</b>	4,66±0,57 <sup>ax</sup>	4,00±0,00 <sup>bcx</sup>	4,00±0,00 <sup>axy</sup>	4,00±0,00 <sup>ay</sup>
<b>CMS3</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	3,66±0,57 <sup>cx</sup>	3,66±0,57 <sup>axy</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>
<b>CMS3V</b>	4,33±0,57 <sup>ax</sup>	3,66±0,57 <sup>cx</sup>	3,66±0,57 <sup>axy</sup>	3,66±0,57 <sup>ay</sup>

Verilerin ortalama değerleri, ±standart sapma ile birlikte sunulmuştur. a-e: Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0,05 seviyesinde). x-t: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (P=0,05 seviyesinde)

Kaplama formülasyonu, kaplama yönteminden bağımsız olarak hindi etlerinin duyuşal özelliklerini etkilemiştir. Kaplama yöntemi kaplanmış hindi etlerin duyuşal özellikleri üzerine etkili olmamıştır (p>0,05). Adaçayı esansiyel yağı oranı arttıkça lezzet puanları azalmıştır. İlk günde yalnızca çiya müsilağı ve çiya müsilağı + %0,5 esansiyel yağ içeren gruplar, lezzet açısından kontrol grubuna en yakın sonuçları elde etmiştir. Depolama süresi ilerledikçe, çözeltiyle kaplanan örnekler ve kontrol grupları arasında belirgin bir farklılık gözlemlenmemiştir. Tüm varyanslar görünüm ve renk üzerine anlamlı etkisi bulunmamıştır (P>0,05). Renk puanları AEY'nın rengi olumsuz etkilemediğini göstermiştir ve gruplar arasında farklılık görülmemiştir. Yenilebilir kaplamalar ile kaplanmış etin, çalışmanın tüm günlerinde arzu edilen rengi koruduğıu tespit edilmiştir.



Şekil 4.7. Depolama boyunca tanımlayıcı duysal değerlendirme

## 5. GENEL SONUÇLAR

Kanatlı eti endüstrisi, özellikle ekonomik, besin değeri ve sindirilebilirliği açısından önemli bir gıda sektörüdür. Türkiye’de de kanatlı eti üretimi ve tüketimi yıllar içinde artış göstermiştir. Hindi eti, özellikle düşük yağ ve yüksek protein içeriğiyle sağlıklı bir besin kaynağı olarak dikkat çekmektedir. Ancak, çabuk bozulabilirliği ve mikrobiyal kontaminasyona açık yapısı, bu etin korunması konusunda çeşitli zorluklar doğurmaktadır. Raf ömrünü uzatma ve gıda güvenliğini sağlama stratejileri, bu endüstri için kritik öneme sahiptir. Et ürünlerinin bozulmasının başlıca nedenleri arasında mikrobiyal kontaminasyon ve oksidatif bozulma bulunmaktadır. Etin kalitesini korumak, besin değerini muhafaza etmek ve tüketici memnuniyetini sağlamak için, yenilikçi ve doğal koruma tekniklerine duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır.

Son yıllarda, özellikle çevresel kaygılar ve tüketicilerin doğal ürünlere yönelik artan talebi doğrultusunda, yenilebilir kaplamalar ve biyolojik olarak parçalanabilen ambalajlama yöntemleri öne çıkmıştır. Bu bağlamda, polisakkarit bazlı ve esansiyel yağlar gibi doğal bileşenlerle zenginleştirilmiş nanoemülsiyon kaplamalar, gıda koruma stratejilerinde umut verici bir çözüm olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, çiya musilajı ve AEY içeren nanoemülsiyon çözeltilerinin hindi göğüs etinin raf ömrünü uzatmadaki etkinliği, vakum emdirim ve daldırma tekniği ile incelenmiştir.

Bu çalışma kapsamında, çiya musilajı ve adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon kaplamalar ile vakum emdirim yönteminin, hindi göğüs etinin raf ömrünü uzatmada etkili bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır. Bu kombinasyonun, işlenmiş et ürünlerinin hem teknolojik hem de mikrobiyolojik özelliklerini iyileştirmede önemli bir potansiyele sahip olduğu bulunmuştur. Sonuçlar, özellikle yüksek konsantrasyonlarda AEY'nın lipit ve protein oksidasyonunu önleme yeteneğini vurgulamaktadır.

Lipit oksidasyonu, depolama süresi boyunca et kalitesini düşüren önemli bir faktördür. Çalışmada, %1,5 oranındaki AEY'nın lipit oksidasyonunu azaltmada etkili

olduğu görülmüştür. Peroksit ve TBARS değerleri bu grupta önemli ölçüde daha düşük çıkmış, bu da adaçayı esansiyel yağın oksidatif stabiliteyi iyileştirdiğini göstermiştir. Ayrıca, protein oksidasyonu ile ilgili olarak karbonil içeriğinde de azalma gözlenmiş ve AEY'nın protein yapısını korumada başarılı olduğu belirlenmiştir.

Mikrobiyolojik analizler de kaplamaların mikrobiyal gelişmeyi engellemede etkili olduğunu ortaya koymuştur. AEY'nın antimikrobiyal özellikleri, özellikle soğuk ortamda depolanan örneklerde belirgin bir azalma sağlamış ve 12 günlük depolama süresi boyunca mikrobiyal gelişimi sınırlamıştır. TVB-N seviyelerindeki düşük artışlar, etin tazeliğini ve kalitesini koruma yeteneğini desteklemektedir.

Duyusal analiz sonuçları, VE yöntemiyle uygulanan kaplamaların, etin görünüm, renk, sululuk ve genel kabul edilebilirlik açısından olumlu etkiler sağladığını göstermektedir. Bu kaplama formülasyonlarının, etin duyusal özelliklerini korumada ve bozulmayı geciktirmede başarılı olduğu kanıtlanmıştır. Özellikle, çiya musilajı ve AEY kombinasyonu, lezzet, tekstür ve genel kabul edilebilirlik gibi özelliklerde olumlu sonuçlar vermiştir .

Vakum emdirim yöntemi, kaplama çözeltisinin etin derinliklerine nüfuz etmesini sağlayarak daha eşit ve homojen bir kaplama oluşturmuştur. Bu, geleneksel daldırma yöntemlerine kıyasla daha üstün bir kaplama uygulaması sunmuştur. VE yönteminin bu etkinliği, et endüstrisinde bu tür ileri teknoloji yöntemlerin kullanılmasının önemini vurgulamaktadır .

Geniş bir perspektifle bakıldığında, doğal bileşenler ve yenilikçi işleme tekniklerinin birleştirilmesi, gıda endüstrisi için sürdürülebilir çözümler sunmaktadır. AEY ve çiya musilajı, doğal koruyucu bileşenler olarak, hem oksidatif hem de mikrobiyal bozulmaya karşı etkili sonuçlar vermiştir. Bu doğal koruyucuların etkinliği, tüketici taleplerine uygun olarak, sentetik katkı maddelerine alternatif olma potansiyeline sahip olduklarını göstermektedir.

Gelecekteki araştırmalar, AEY ve çiya musilajının farklı konsantrasyonlarda kullanımını optimize etmeyi ve bu kaplama sistemlerinin diğer et ürünlerine uygulanabilirliğini incelemeyi hedefleyebilir. Ayrıca, bu bulguların ticari üretim

süreçlerine entegre edilmesi, gıda israfını azaltma ve raf ömrünü uzatma gibi önemli katkılar sağlayabilir. Et endüstrisinde doğal koruma yöntemlerine olan ilginin giderek artması ve bu çalışmada elde edilen bulgular, sürdürülebilir üretim modeline geçiş için önemli bir temel oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, çiya musilajı ve adaçayı esansiyel yağı ile vakum emdirim yöntemi, hindi göğüs etinin raf ömrünü uzatma, oksidatif ve mikrobiyal bozulmayı geciktirme ve duyuşsal özelliklerini koruma açısından etkili bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır. Bu çalışma, doğal koruyucu maddelerin ve yenilikçi işleme yöntemlerinin et endüstrisinde kullanıma uygunluğunu gösteren değerli bulgular sağlamaktadır.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abbasi, Z., Aminzare, M., Hassanzad Azar, H., and Rostamizadeh, K.,** 2021, Effect of corn starch coating incorporated with nanoemulsion of *Zataria multiflora* essential oil fortified with cinnamaldehyde on microbial quality of fresh chicken meat and fate of inoculated *Listeria monocytogenes*, *Journal of food science and technology*, 58(7), 2677-2687 pp.
- Abdou, E. S., Galhoum, G. F., and Mohamed, E. N.,** 2018, Curcumin loaded nanoemulsions/pectin coatings for refrigerated chicken fillets, *Food Hydrocolloids*, 83, 445-453 pp.
- Abu-Darwish, M. S., Cabral, C., Ferreira, I. V., Gonçalves, M. J., Cavaleiro, C., Cruz, M. T., ... and Salgueiro, L.,** 2013, Essential oil of common sage (*Salvia officinalis* L.) from Jordan: Assessment of safety in mammalian cells and its antifungal and anti-inflammatory potential, *BioMed research international*, 2013(1), 538940.
- Ahmadi, K., and Mohsenzadeh, M.,** 2023, Evaluation of antibacterial and antioxidant effect of gelatin-chitosan bilayer edible coating containing nanoemulsion of *Perovskia abrotanoides* Kar. essential oil on growth control of *Aeromonas hydrophila* inoculated into rainbow trout fillet, *Journal of food science and technology(Iran)*, 19(133), 29-41 pp.
- Akbari, B., Baghaei-Yazdi, N., Bahmaie, M., and Mahdavi Abhari, F.,** 2022, The role of plant-derived natural antioxidants in reduction of oxidative stress, *BioFactors*, 48(3), 611-633 pp.
- Akhavan, F., Sharifi Soltani, M., Zomorodi, S., Jafarian, S., and Khosrowshahi Asl, A.,** 2022, The effect of chia seed mucilage containing different concentrations of aqueous olive leaf extract on the shelf life of chicken fillets in the refrigerator, *Journal of Food Microbiology*, 9(1), 55-67 pp.
- Akin, M., and Berber, E.,** 2021, Creation and characterization of edible coating films: application on orange and lemon fruits.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Akkara, M., and Kayaardı, S.**, 2014, İleri muhafaza tekniklerinin et kalitesi üzerine etkisi, Akademik Gıda, 12(4), 79-85 ss.
- Al-Hijazeen, M., Lee, E. J., Mendonca, A., and Ahn, D. U.**, 2016, Effect of oregano essential oil (*Origanum vulgare subsp. hirtum*) on the storage stability and quality parameters of ground chicken breast meat, Antioxidants, 5(2), 18.
- Alavi, S. H., Khanzadi, S., Hashemi, M., and Azizzadeh, M.**, 2020, The effects of alginate coatings containing *Zataria multiflora* boiss essential oil in the forms of coarse emulsion and nano-emulsion on inoculated *Escherichia coli* O157: H7 in beef fillets, Journal of Nutrition, Fasting and Health, 8(2), 94-99 pp.
- Al-Baidhani, A. and Al-Qutaifi, H.K.**, 2021, Nutritional and industrial value of turkey meat, Al-Qadisiyah Journal For Agriculture Sciences, 11(2), 114-125 pp.
- Alexandre, S., Vital, A. C. P., Mottin, C., do Prado, R. M., Ornaghi, M. G., Ramos, T. R., Guerrero, A., Pilau, E. J., and do Prado, I. N.**, 2021, Use of alginate edible coating and basil (*Ocimum spp*) extracts on beef characteristics during storage, Journal of food science and technology, 58, 3835-3843 pp.
- Amaral, A. B., Silva, M. V. d., and Lannes, S. C. d. S.**, 2018, Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors—a review, Food Science and Technology, 38, 1-15 pp.
- Amiri, E., Aminzare, M., Azar, H. H., and Mehrasbi, M. R.**, 2019, Combined antioxidant and sensory effects of corn starch films with nanoemulsion of *Zataria multiflora* essential oil fortified with cinnamaldehyde on fresh ground beef patties, Meat Science, 153, 66-74 pp.
- Amirkhanov, K., Igenbayev, A., Nurgazezova, A., Okuskhanova, E., Kassymov, S., Muslimova, N., and Yessimbekov, Z.**, 2017, Research article comparative analysis of red and white turkey meat quality, Pakistan Journal of Nutrition, 16, 412-416 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Amorati, R., Foti, M. C., and Valgimigli, L.**, 2013, Antioxidant activity of essential oils, *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(46), 10835-10847 pp.
- Andriani, V., and Handayani, N. A.**, 2023, Recent technology of edible coating production: A review, *Materials Today: Proceedings*, 87, 200-206 pp.
- Angane, M., Swift, S., Huang, K., Butts, C. A., and Quek, S. Y.**, 2022, Essential oils and their major components: an updated review on antimicrobial activities, mechanism of action and their potential application in the food industry, *Foods*, 11(3), 464.
- Anis, A., Pal, K., and Al-Zahrani, S. M.**, 2021, Essential oil-containing polysaccharide-based edible films and coatings for food security applications, *Polymers*, 13(4), 575.
- Ansarian, E., Aminzare, M., Azar, H. H., Mehrasbi, M. R., and Bimakr, M.**, 2022, Nanoemulsion-based basil seed gum edible film containing resveratrol and clove essential oil: In vitro antioxidant properties and its effect on oxidative stability and sensory characteristic of camel meat during refrigeration storage, *Meat Science*, 185, 108716.
- Antoniewski, M. N., Barringer, S., Knipe, C., and Zerby, H.**, 2007, Effect of a gelatin coating on the shelf life of fresh meat, *Journal of Food Science*, 72(6), E382-E387 pp.
- AOAC**, 2005, Association of official methods of analysis of aoac international, Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC**, 2012, Association of official analytical chemists, official methods of analysis (19. Basım), Gaithersburg. MD.USA.
- Arvanitoyannis, I. S., and Stratakos, A. C.**, 2012, Application of modified atmosphere packaging and active/smart technologies to red meat and poultry: a review, *Food and Bioprocess Technology*, 5, 1423-1446 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Atarés, L., and Chiralt, A.,** 2016, Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging, *Trends in Food Science and Technology*, 48, 51-62 pp.
- Aykm-Dinçer, E.,** 2021, Application of ultrasound-assisted vacuum impregnation for improving the diffusion of salt in beef cubes, *Meat Science*, 176, 108469.
- Ayoub, A. W., Sayed, S. M., Ammar, M. A., Hefnawy, Y. A., and Youssef, A. M.,** 2023, Novel edible bionanocomposites films based on lemon grass nanoemulsion and ZnO-NPs for extending the shelf life of chilled chicken meat, *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 13, 573-604 pp.
- Ayranci, U. G., Ozunlu, O., Ergezer, H., and Karaca, H.,** 2020, Effects of ozone treatment on microbiological quality and physicochemical properties of turkey breast meat, *Ozone: Science and Engineering*, 42(1), 95-103 pp.
- Baggio, S. R., Vicente, E., and Bragagnolo, N.,** 2002, Cholesterol oxides, cholesterol, total lipid, and fatty acid composition in turkey meat, *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(21), 5981-5986 pp.
- Bajpai, V. K., and Baek, K.-H.,** 2016, Biological efficacy and application of essential oils in foods-a review. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 19(1), 1-19 pp.
- Bam, F.,** 2001, Bacteriological analytical manual, Aerobic plate count, 3.
- Bao, Y., and Ertbjerg, P.,** 2019, Effects of protein oxidation on the texture and water-holding of meat: A review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(22), 3564-3578 pp.
- Barazandegan, Y.,** 2022, Extraction, optimization, and characterization of chia seed mucilage as an emerging biopolymer, PhD thesis, University of Missouri-Columbia.
- Barbut, S., and Leishman, E. M.,** 2022, Quality and processability of modern poultry meat, *Animals*, 12(20), 2766.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Basavegowda, N., and Baek, K.-H.,** 2021, Synergistic antioxidant and antibacterial advantages of essential oils for food packaging applications, *Biomolecules*, 11(9), 1267.
- Bastioğlu, A. Z., Serdaroğlu, M., and Nacak, B.,** 2016, Protein oxidation in meat and meat products, *Food and Health*, 2(4), 171-183 pp.
- Beyza, H., Fatma, K., and Hecer, C.,** 2018, Edible films and coatings: A good idea from past to future technology, *Journal of Food Science and Technology*, 5, 28-33 pp.
- Bhagath, Y., and Manjula, K.,** 2019, Influence of composite edible coating systems on preservation of fresh meat cuts and products: a brief review on their trends and applications, *International Food Research Journal*, 26(2).
- Bhattacharya, D., Nanda, P. K., Pateiro, M., Lorenzo, J. M., Dhar, P., and Das, A. K.,** 2022, Lactic acid bacteria and bacteriocins: Novel biotechnological approach for biopreservation of meat and meat products, *Microorganisms*, 10(10), 2058.
- Boga, E. K., Ceylan, Z., Durmus, M., Kosker, A. R., Ozogul, F., Ozogul, Y., and Ucar, Y.,** 2020, The function of nanoemulsion on preservation of rainbow trout fillet.
- Bou, R., Guerrero, L., López, M., Claret, A., López-Mas, L., and Castellari, M.,** 2023, Effect of vacuum impregnation and high hydrostatic pressure treatments on shelf life, physicochemical, and sensory properties of seabream fillets, *Food and Bioprocess Technology*, 1-12 pp.
- Brütsch, L., Stringer, F. J., Kuster, S., Windhab, E. J., and Fischer, P.,** 2019, Chia seed mucilage—a vegan thickener: isolation, tailoring viscoelasticity and rehydration, *Food & function*, 10(8), 4854-4860 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Burt, S.**, 2004, Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review, *International journal of food microbiology*, 94(3), 223-253 pp.
- Bush, L., Stevenson, L., and Lane, K. E.**, 2019, The oxidative stability of omega-3 oil-in-water nanoemulsion systems suitable for functional food enrichment: A systematic review of the literature, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(7), 1154-1168 pp.
- Byun, H.-G., Lee, J. K., Park, H. G., Jeon, J.-K., and Kim, S.-K.**, 2009, Antioxidant peptides isolated from the marine rotifer, *Brachionus rotundiformis*, *Process Biochemistry*, 44(8), 842-846 pp.
- Carrizosa, E., Benito, M. J., Ruiz-Moyano, S., Hernández, A., Villalobos, M. d. C., Martín, A., and Córdoba, M. d. G.**, 2017, Bacterial communities of fresh goat meat packaged in modified atmosphere, *Food Microbiology*, 65, 57-63 pp.
- Cassiday, L.**, 2012, Hydrocolloids get personal, *Inform*, 23(6), 349-352 pp.
- Çelik, İ., and Sarıçoban, C.**, 2023, The interaction of chia mucilage-based edible film and transglutaminase enzyme on spent hen meat nuggets, *British Poultry Science*, 64(6), 710-717 pp.
- Çelik, S.**, 2019, Soğan suyunun et marinasyonunda kullanılabilirliğinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Cenci-Goga, B. T., Iulietto, M. F., Sechi, P., Borgogni, E., Karama, M., and Grispoldi, L.**, 2020, New trends in meat packaging. *Microbiology Research*, 11(2), 56-67 pp.
- Cheng, J., Velez, F. J., Singh, P., and Cui, L.**, 2024, Fabrication, characterization, and application of pea protein-based edible film enhanced by oregano essential oil (OEO) micro- or nano-emulsion, *Current Research in Food Science*, 8, 100705.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Chhikara, S., and Kumar, D.,** 2022, Edible coating and edible film as food packaging material: A review, *Journal of Packaging Technology and Research*, 6(1), 1-10 pp.
- Chiang, J. H., Ong, D. S. M., Ng, F. S. K., Hua, X. Y., Tay, W. L. W., and Henry, C. J.,** 2021, Application of chia (*Salvia hispanica*) mucilage as an ingredient replacer in foods, *Trends in Food Science and Technology*, 115, 105-116 pp.
- Cichoski, A. J., Cansian, R. L., Oliveira, D. d., Gaio, I., and Saggirato, A. G.,** 2011, Lipid and protein oxidation in the internal part of Italian type salami containing basil essential oil (*Ocimum basilicum L.*), *Food Science and Technology*, 31, 436-442 pp.
- Ciko, L., Andoni, A., Ylli, F., Plaku, E., Taraj, K., and Çomo, A.,** 2016, Extraction of essential oil from albanian *salvia officinalis L.* and its characterization by FTIR Spectroscopy, *Asian Journal of Chemistry*, 28(6), 1401.
- Cullere, M., Dalle Zotte, A., Tasoniero, G., Giaccone, V., Szendrő, Z., Szín, M., Odermatt, M., Gerencsér, Z., Dal Bosco, A., and Matics, Z.,** 2018, Effect of diet and packaging system on the microbial status, pH, color and sensory traits of rabbit meat evaluated during chilled storage, *Meat Science*, 141, 36-43 pp.
- Dalvandi, F., Almasi, H., Ghanbarzadeh, B., Hosseini, H., and Karimian Khosroshahi, N.,** 2020, Effect of vacuum packaging and edible coating containing black pepper seeds and turmeric extracts on shelf life extension of chicken breast fillets, *Journal of Food and Bioprocess Engineering*, 3(1), 69-78 pp.
- Danilović, B., Đorđević, N., Karabegović, I., Šojić, B., Pavlić, B., and Savić, D.,** 2021, The effect of sage herbal dust products on *Listeria monocytogenes* growth in minced pork, *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(10), e15802.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Darwish, A. M., Khalifa, R. E., and El Sohaimy, S. A.,** 2018, Functional properties of chia seed mucilage supplemented in low fat yoghurt, Alexandria Science Exchange Journal, 39(July-September), 450-459 pp.
- De Falco, B., Amato, M., and Lanzotti, V.,** 2017, Chia seeds products: an overview, Phytochemistry Reviews, 16, 745-760 pp.
- Dehghani, S., Hosseini, S. V., and Regenstein, J. M.,** 2018, Edible films and coatings in seafood preservation: A review, Food Chemistry, 240, 505-513 pp.
- Demir, H., Çelik, S., and Sezer, Y. Ç.,** 2021, Effect of ultrasonication and vacuum impregnation pretreatments on the quality of beef marinated in onion juice a natural meat tenderizer, Food Science and Technology International, 28(4), 340-352 pp.
- Derin, E.,** 2020, Sous vide Yöntemiyle Pişirilen Hindi Göğüs Etlerinde Defne Ekstraktı Kullanımının Protein ve Lipid Oksidasyonu ile Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye.
- Deshmukh, R. K., and Gaikwad, K. K.,** 2024, Natural antimicrobial and antioxidant compounds for active food packaging applications, Biomass Conversion and Biorefinery, 14(4), 4419-4440 pp.
- Dickinson, E.,** 2018, Hydrocolloids acting as emulsifying agents–How do they do it? Food Hydrocolloids, 78, 2-14 pp.
- Dini, H., Fallah, A. A., Bonyadian, M., Abbasvali, M., and Soleimani, M.,** 2020, Effect of edible composite film based on chitosan and cumin essential oil-loaded nanoemulsion combined with low-dose gamma irradiation on microbiological safety and quality of beef loins during refrigerated storage, International journal of biological macromolecules, 164, 1501-1509 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., and Lorenzo, J. M.,** 2019, A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products, *Antioxidants*, 8(10), 429.
- Domínguez, R., Pateiro, M., Munekata, P. E., Zhang, W., Garcia-Oliveira, P., Carpena, M., Prieto, M. A., Bohrer, B., and Lorenzo, J. M.,** 2021, Protein oxidation in muscle foods: A comprehensive review, *Antioxidants*, 11(1), 60.
- Domínguez, R., Pateiro, M., Munekata, P. E. S., Zhang, W., Garcia-Oliveira, P., Carpena, M., Prieto, M. A., Bohrer, B., and Lorenzo, J. M.,** 2022, Protein oxidation in muscle foods: a comprehensive review, *Antioxidants*, 11(1), 60.
- Dorđević, N., Karabegović, I., Cvetković, D., Šojić, B., Savić, D., and Danilović, B.,** 2022, Assessment of chitosan coating enriched with free and nanoencapsulated *Satureja montana L.* essential oil as a novel tool for beef preservation, *Foods*, 11(18), 2733.
- Du, X.-X., Ge, Z.-T., Hao, H.-S., Bi, J.-R., Hou, H.-M., and Zhang, G.-L.,** 2024, An antibacterial film using  $\kappa$ -carrageenan loaded with benzyl isothiocyanate nanoemulsion: Characterization and application in beef preservation, *International journal of biological macromolecules*, 133689.
- Ebner, C., Morgan, A., and Manuel, C.,** 2021, Packaging of perishable food products, *Food Safety and Quality-Based Shelf Life of Perishable Foods*, 105-134 pp.
- Ehsani, A., Hashemi, M., Raeesi, M., Naghibi, S. S., and Afshari, A.,** 2020, Rainbow trout fillet biopreservation by edible chitosan-based coating containing egg yolk antibody (IgY) and lycopene, *Journal of food science and technology*, 57, 282-292 pp.
- Ellman, G. L.,** 1959, Tissue sulfhydryl groups. *Archives of biochemistry and biophysics*, 82(1), 70-77 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Elmas, F., ve Koç, M.,** 2020, Puf kurutma yöntemi ile hindi göğüs etinin kurutulması, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. 170 sayfa
- Elsherif, W., Abdel-Aall, H., and Abdel-Aziz, N.,** 2024, Efficiency of chitosan-based edible films loaded with nano-emulsion essential oils against coagulase positive *Staphylococcus Aureus* isolated from chicken meat, Bulgarian Journal of Veterinary Medicine, 27(1).
- Erdem, B. G., Dıblan, S., and Kaya, S.,** 2019, Development and structural assessment of whey protein isolate/sunflower seed oil biocomposite film, Food and Bioproducts Processing, 118, 270-280 pp.
- Ergezer, H., Gökçe, R., Hozer, Ş., and Akcan, T.,** 2016, Et ve ürünlerinde protein oksidasyonu: etki mekanizması, tespit yöntemleri ve etkileri, Akademik Gıda, 14(1), 54-60 ss.
- Esquena, J., and Solans, C.,** 1998, Study of low energy emulsification methods for the preparation of narrow size distribution W/O emulsions, Trends in Colloid and Interface Science XII, 235-239 pp.
- Estévez, M., Ventanas, S., and Cava, R.,** 2005, Protein oxidation in frankfurters with increasing levels of added rosemary essential oil: Effect on color and texture deterioration, Journal of food science, 70(7), c427-c432 pp.
- Estévez, M., Ramírez, R., Ventanas, S., and Cava, R.,** 2007, Sage and rosemary essential oils versus BHT for the inhibition of lipid oxidative reactions in liver pâté, LWT-Food Science and Technology, 40(1), 58-65 pp.
- Fadiji, T., Rashvand, M., Daramola, M. O., and Iwarere, S. A.,** 2023, A review on antimicrobial packaging for extending the shelf life of food, Processes, 11(2), 590.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Fallah, A. A., Sarmast, E., Dehkordi, S. H., Isvand, A., Dini, H., Jafari, T., Soleimani, M., and Khaneghah, A. M.,** 2022, Low-dose gamma irradiation and pectin biodegradable nanocomposite coating containing curcumin nanoparticles and ajowan (*Carum copticum*) essential oil nanoemulsion for storage of chilled lamb loins, *Meat Science*, 184, 108700.
- Fang, Z., Lin, D., Warner, R. D., and Ha, M.,** 2018, Effect of gallic acid/chitosan coating on fresh pork quality in modified atmosphere packaging, *Food Chemistry*, 260, 90-96 pp.
- Fernandes, S. S., Egea, M. B., Salas-Mellado, M. d. I. M., and Segura-Campos, M. R.,** 2023, Chia oil and mucilage nanoemulsion: potential strategy to protect a functional ingredient, *International journal of molecular sciences*, 24(8), 7384.
- Ferreira, V. R. F., Militani, I. A., de Almeida, K. J., Lunguinho, A. D. S., Saczk, A. A., Ionta, M., ... and Cardoso, M. D. G.,** 2023, Antioxidant and cytotoxic activity of essential oils and their principal components: Spectrophotometric, voltammetric, and theoretical investigation of the chelating effect of eugenol and carvacrol, *ACS Food Science and Technology*, 3(2), 350-360 pp.
- Figueroa, C., Ramírez, C., Núñez, H., Jaques, A., and Simpson, R.,** 2020, Application of vacuum impregnation and CO<sub>2</sub>-laser microperforations in the potential acceleration of the pork marinating process, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 66, 102500.
- Fiore, A., Park, S., Volpe, S., Torrieri, E., and Masi, P.,** 2021, Active packaging based on PLA and chitosan-caseinate enriched rosemary essential oil coating for fresh minced chicken breast application, *Food Packaging and Shelf Life*, 29, 100708.
- Fito, P., and Pastor, R.,** 1994, Non-diffusional mechanisms occurring during vacuum osmotic dehydration, *Journal of food engineering*, 21(4), 513-519 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Flores González, T., Rojas-Graü, A., Maté Caballero, J. I., and Esparza, J., 2023,** Strategies to reduce purge losses in meat products stuffed in plastic casings, *Journal of Food Quality*, 2023, 1-10 pp.
- Flynn, A. W., and Bramblett, V. D., 1975,** Effects of frozen storage, cooking method and muscle quality on attributes of pork loins, *Journal of Food Science*, 40(3), 631-633 pp.
- Foumani, F. A. S., Soltani, M. S., Zomorodi, S., Jafarian, S., and Asl, A. K., 2022,** Effect of chia seed mucilage coating containing zinc oxide nanoparticles on shelf life of chicken fillet, *Veterinary Research Forum*, 13(4), 577.
- Fraqueza, M., and Barreto, A., 2011,** Gas mixtures approach to improve turkey meat shelf life under modified atmosphere packaging: The effect of carbon monoxide, *Poultry science*, 90(9), 2076-2084 pp.
- Freeman, B. L., Eggett, D. L., and Parker, T. L., 2010,** Synergistic and antagonistic interactions of phenolic compounds found in navel oranges, *Journal of Food Science*, 75(6), C570-C576 pp.
- Gagaoua, M., Bhattacharya, T., Lamri, M., Oz, F., Dib, A. L., Oz, E., Uysal-Unalan, I., and Tomasevic, I., 2021,** Green coating polymers in meat preservation, *Coatings*, 11(11), 1379.
- Galus, S., and Kadzińska, J., 2015,** Food applications of emulsion-based edible films and coatings, *Trends in Food Science and Technology*, 45(2), 273-283 pp.
- Galus, S., Mikus, M., Ciurzyńska, A., Domian, E., Kowalska, J., Marzec, A., and Kowalska, H., 2021,** The effect of whey protein-based edible coatings incorporated with lemon and lemongrass essential oils on the quality attributes of fresh-cut pears during storage, *Coatings*, 11(7), 745.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Gálvez, F., Domínguez Valencia, R., Maggiolino, A., Pateiro Moure, M., Carballo García, F. J., De Palo, P., ... and Lorenzo Rodríguez, J. M.,** 2020, Meat quality of commercial chickens reared in different production systems: industrial, range and organic, *Annals of animal science*.
- Galvin-King, P., Haughey, S. A., Montgomery, H., and Elliott, C. T.,** 2019, The rapid detection of sage adulteration using Fourier transform infra-red (FTIR) spectroscopy and chemometrics, *Journal of AOAC International*, 102(2), 354-362 pp.
- Gao, X., Sharma, M., Bains, A., Chawla, P., Goksen, G., Zou, J., and Zhang, W.,** 2024, Application of seed mucilage as functional biopolymer in meat product processing and preservation, *Carbohydrate Polymers*, 122228.
- Garavito, J., Moncayo-Martínez, D., and Castellanos, D. A.,** 2020, Evaluation of antimicrobial coatings on preservation and shelf life of fresh chicken breast fillets under cold storage, *Foods*, 9(9), 1203.
- Garba, A. I.,** 2023, Food preservation packaging, In *Food Processing and Packaging Technologies-Recent Advances*. IntechOpen.
- Gautam, S., Lapčík, L., Lapčíková, B., and Gál, R.,** 2023, Emulsion-based coatings for preservation of meat and related products, *Foods*, 12(4), 832.
- Gedikoğlu, A.,** 2022, The effect of *Thymus vulgaris* and *Thymbra spicata* essential oils and/or extracts in pectin edible coating on the preservation of sliced bolognas, *Meat Science*, 184, 108697.
- Ghasemi, M. A. G., Hamishehkar, H., Javadi, A., Homayouni-Rad, A., and Jafarizadeh-Malmiri, H.,** 2024, Natural-based edible nanocomposite coating for beef meat packaging, *Food Chemistry*, 435, 137582.
- Ghorbani, A., and Esmailizadeh, M.,** 2017, Pharmacological properties of *Salvia officinalis* and its components, *Journal of traditional and complementary medicine*, 7(4), 433-440 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Ghosh, V., Mukherjee, A., and Chandrasekaran, N.,** 2013, Ultrasonic emulsification of food-grade nanoemulsion formulation and evaluation of its bactericidal activity, *Ultrasonics sonochemistry*, 20(1), 338-344 pp.
- Gomezulu, A. D., and Mongi, R. J.,** 2022, Protein content and anti-nutritional factors in pigeon pea and effect of its protein isolate on physical properties and consumer preference of beef sausages, *Applied Food Research*, 2(1), 100047.
- Gong, Y., Parker, R., and Richards, M.,** 2010, Factors affecting lipid oxidation in breast and thigh muscle from chicken, turkey and duck, *Journal of Food Biochemistry*, 34(4), 869-885 pp.
- Goulas, A. E., and Kontominas, M. G.,** 2005, Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes, *Food Chemistry*, 93(3), 511-520 pp.
- Gu, Y. S., Decker, E. A., and McClements, D. J.,** 2005, Influence of pH and carrageenan type on properties of  $\beta$ -lactoglobulin stabilized oil-in-water emulsions, *Food Hydrocolloids*, 19(1), 83-91 pp.
- Guo, X., Sun, X. T., Liang, L., Shi, L. K., Liu, R. J., Chang, M., and Wang, X. G.,** 2021, Physical stability, oxidative stability, and bioactivity of nanoemulsion delivery systems incorporating lipophilic ingredients: impact of oil saturation degree, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(18), 5405-5415 pp.
- Habibi, M., Ariaii, P., Fazeli, F., and Ahmady, M.,** 2024, Investigating the effect of nanoemulsion coatings of *Froriepia subpinnata* in konjac gum on the quality and shelf life of quail meat, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 18(4), 2977-2994 pp.
- Han, J. H.,** 2014, Edible films and coatings: a review, *Innovations in food packaging*, 213-255 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Hardy, B., Crilly, N., Pendleton, S., Andino, A., Wallis, A., Zhang, N., and Hanning, I.,** 2013, Impact of rearing conditions on the microbiological quality of raw retail poultry meat, *Journal of Food Science*, 78(8), M1232-M1235 pp.
- Hasani-Javanmardi, M., Fallah, A. A., and Abbasvali, M.,** 2021, Effect of safflower oil nanoemulsion and cumin essential oil combined with oxygen absorber packaging on the quality and shelf-life of refrigerated lamb loins, *LWT*, 147, 111557.
- Hashemi, S. M. B., Kaveh, S., Abedi, E., and Phimolsiripol, Y.,** 2023, Polysaccharide-based edible films/coatings for the preservation of meat and fish products: emphasis on incorporation of lipid-based nanosystems loaded with bioactive compounds, *Foods*, 12(17), 3268.
- Hernandez, L. M.,** 2012, Mucilage from chia seeds (*Salvia hispanica*): Microstructure, physico-chemical characterization and applications in food industry, PhD Thesis, Pontificia Universidad Catolica de Chile (Chile).
- Herrero, A. M., Ruiz-Capillas, C., Pintado, T., Carmona, P., and Jimenez-Colmenero, F.,** 2017, Infrared spectroscopy used to determine effects of chia and olive oil incorporation strategies on lipid structure of reduced-fat frankfurters, *Food Chemistry*, 221, 1333-1339 pp.
- Hien, L. T. M., and Dao, D. T. A.,** 2022, Antibacterial activity of black pepper essential oil nanoemulsion formulated by emulsion phase inversion method, *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 10(1), 311-320 pp.
- Hofmeister, L., Souza, J., and Laurindo, J.,** 2005, Use of dyed solutions to visualize different aspects of vacuum impregnation of Minas cheese, *LWT-Food Science and Technology*, 38(4), 379-386 pp.
- Hou, T., Sana, S. S., Li, H., Xing, Y., Nanda, A., Netala, V. R., and Zhang, Z.,** 2022, Essential oils and its antibacterial, antifungal and anti-oxidant activity applications: A review, *Food Bioscience*, 47, 101716.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Hristakieva, P.**, 2021, Current state of turkey meat production in the world and in Bulgaria a review, *Zhivotnovadni Nauki*, 58(3), 42-49 pp.
- Huang, X., and Ahn, D. U.**, 2019, Lipid oxidation and its implications to meat quality and human health, *Food science and biotechnology*, 28(5), 1275-1285 pp.
- Huang, M., Wang, H., Xu, X., Lu, X., Song, X., and Zhou, G.**, 2020, Effects of nanoemulsion-based edible coatings with composite mixture of rosemary extract and  $\epsilon$ -poly-L-lysine on the shelf life of ready-to-eat carbonado chicken, *Food Hydrocolloids*, 102, 105576.
- Hughes, J., Oiseth, S., Purslow, P., and Warner, R.**, 2014, A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness, *Meat Science*, 98(3), 520-532 pp.
- International Commission on Microbiological Specifications for Foods.**, 1974, Sampling for microbiological analysis: principles and specific applications (Vol. 2). University of Toronto Press.
- International Organization for Standardization (ISO).**, 2003, Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of microorganisms - Colonycount technique at 30 degrees C. ISO reference number 4833: 2003. Geneva, Switzerland: ISO.
- Jacinto-Valderrama, R. A., Andrade, C. T., Pateiro, M., Lorenzo, J. M., and Conte-Junior, C. A.**, 2023, Recent trends in active packaging using nanotechnology to inhibit oxidation and microbiological growth in muscle foods, *Foods*, 12(19), 3662.
- Jafarinia, S., Fallah, A. A., and Dehkordi, S. H.**, 2022, Effect of virgin olive oil nanoemulsion combined with ajowan (*Carum copticum*) essential oil on the quality of lamb loins stored under chilled condition, *Food Science and Human Wellness*, 11(4), 904-913 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Janjarasskul, T., and Krochta, J. M.,** 2010, Edible packaging materials, Annual Review of Food Science and Technology, 1(1), 415-448 pp.
- Jankowiak, H., Cebulska, A., and Bocian, M.,** 2021, The relationship between acidification (pH) and meat quality traits of polish white breed pigs, European Food Research and Technology, 247(11), 2813-2820 pp.
- Jansen-Alves, C., Fernandes, K. F., Crizel-Cardozo, M. M., Krumreich, F. D., Borges, C. D., and Zambiazzi, R. C.,** 2018, Microencapsulation of propolis in protein matrix using spray drying for application in food systems, Food and Bioprocess Technology, 11, 1422-1436 pp.
- Jooyandeh, H., Ebrahimi Hemmati Kaykha, M., Alizadeh Behbahani, B., and Noshad, M.,** 2023, Evaluating the quality of mutton meat coated with *Cordia myxa* fruit mucilage containing *Rosmarinus officinalis* essential oil during cold storage, Journal of Food Measurement and Characterization, 17(3), 2062-2074 pp.
- Ju, J., Xie, Y., Guo, Y., Cheng, Y., Qian, H., and Yao, W.,** 2019, Application of edible coating with essential oil in food preservation, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 59(15), 2467-2480 pp.
- Kargozari, M., Hamed, H., Amir Amirnia, S., Montazeri, A., and Abbaszadeh, S.,** 2018, Effect of bioactive edible coating based on sodium alginate and coriander (*Coriandrum sativum L.*) essential oil on the quality of refrigerated chicken fillet.
- Karimi-Dehkordi, M., Ghaffarnezhad, M., Mohammadi, F., Ghirati, M., Rezaeifar, M., Rajabi, N., and Alizadeh, O.,** 2021, Whey protein coating incorporated with essential oil, bioactive peptides and nanoparticle extends shelf-life of chicken breast slices, Journal of Food Measurement and Characterization, 15, 5266-5276 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Kaveh, S., Hashemi, S. M. B., Abedi, E., Amiri, M. J., and Conte, F. L.,** 2023, Bio-preservation of meat and fermented meat products by lactic acid bacteria strains and their antibacterial metabolites, *Sustainability*, 15(13), 10154.
- Kazemeini, H., Azizian, A., and Adib, H.,** 2021, Inhibition of *Listeria monocytogenes* growth in turkey fillets by alginate edible coating with *Trachyspermum ammi* essential oil nano-emulsion, *International journal of food microbiology*, 344, 109104.
- Kehm, R., Baldensperger, T., Raupbach, J., and Höhn, A.,** 2021, Protein oxidation-Formation mechanisms, detection and relevance as biomarkers in human diseases, *Redox Biology*, 42, 101901.
- Keykhosravy, K., Khanzadi, S., Hashemi, M., and Azizzadeh, M.,** 2020, Chitosan-loaded nanoemulsion containing *Zataria Multiflora* Boiss and *Bunium persicum* Boiss essential oils as edible coatings: Its impact on microbial quality of turkey meat and fate of inoculated pathogens, *International journal of biological macromolecules*, 150, 904-913 pp.
- Keykhosravy, K., Khanzadi, S., Hashemi, M., and Azizzadeh, M.,** 2022, Protective effect of chitosan-loaded nanoemulsion containing *Zataria multiflora* Boiss and *Bunium persicum* Boiss essential oils as coating on lipid and protein oxidation in chill stored turkey breast fillets, *Journal of Food Science*, 87(1), 251-265 pp.
- Khan, M. R., Sadiq, M. B., and Mehmood, Z.,** 2020, Development of edible gelatin composite films enriched with polyphenol loaded nanoemulsions as chicken meat packaging material, *CyTA-Journal of Food*, 18(1), 137-146 pp.
- Kim, Y. T., Min, B., and Kim, K. W.,** 2014, General characteristics of packaging materials for food system, In *Innovations in food packaging*, Academic Press, 13-35 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Kırmızıakaya, E. S., and Çınar, İ.,** 2018, Use of vacuum impregnation in food enrichment processes, Uemk 2018 bildiri özetleri kitabı 18-19 Ekim 2018 Hukuk Fakültesi, 913.
- Kışla, D., Gökmen, G. G., Evrendilek, G. A., Akan, T., Vlčko, T., Kulawik, P., Jambrak, A. R., and Ozogul, F.,** 2023, Recent developments in antimicrobial surface coatings: Various deposition techniques with nanosized particles, their application and environmental concerns, Trends in Food Science and Technology, 135, 144-172 pp.
- Králová, M.,** 2015, The effect of lipid oxidation on the quality of meat and meat products, Maso International – Journal of Food Science and Technology, 2, 125-132 pp.
- Kulczyński, B., Kobus-Cisowska, J., Taczanowski, M., Kmiecik, D., and Gramza-Michałowska, A.,** 2019, The chemical composition and nutritional value of chia seeds—Current state of knowledge, Nutrients, 11(6), 1242.
- Kumar, N.,** 2019, Polysaccharide-based component and their relevance in edible film/coating: A review, Nutrition and Food Science, 49(5), 793-823 pp.
- Kumar, Y., Yadav, D. N., Ahmad, T., and Narsaiah, K.,** 2015, Recent trends in the use of natural antioxidants for meat and meat products, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 14(6), 796-812 pp.
- Lambert, A. D., Smith, J. P., and Dodds, K. L.,** 1991, Shelf life extension and microbiological safety of fresh meat—a review, Food Microbiology, 8(4), 267-297 pp.
- Lanza, I., Conficoni, D., Balzan, S., Cullere, M., Fasolato, L., Serva, L., Contiero, B., Trocino, A., Marchesini, G., and Xiccato, G.,** 2021, Assessment of chicken breast shelf life based on bench-top and portable near-infrared spectroscopy tools coupled with chemometrics, Food Quality and Safety, 5, fyaa032.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Lee, H. S., Kwon, M., Heo, S., Kim, M. G., and Kim, G.-B.,** 2017, Characterization of the biodiversity of the spoilage microbiota in chicken meat using next generation sequencing and culture dependent approach, Korean journal for food science of animal resources, 37(4), 535.
- Li, X.-L., Shen, Y., Hu, F., Zhang, X.-X., Thakur, K., Rengasamy, K. R. R., Khan, M. R., Busquets, R., and Wei, Z.-J.,** 2023, Fortification of polysaccharide-based packaging films and coatings with essential oils: A review of their preparation and use in meat preservation, International journal of biological macromolecules, 242, 124767.
- Lisitsyn, A. B., Semenova, A. A., Kuznetsova, T. Y. G., Dydykin, A. S., and Nasonova, V. V.,** 2018, Study of the effect of sex and type of muscles on the development of quality defects in turkey meat after the slaughter, Foods and Raw materials, 6(1), 63.
- Liu, J., Shao, Y., Yuan, C., Takaki, K., Li, Y., Ying, Y., and Hu, Y.,** 2021, Eugenol-chitosan nanoemulsion as an edible coating: Its impact on physicochemical, microbiological and sensorial properties of hairtail (*Trichiurus haumela*) during storage at 4 C, International journal of biological macromolecules, 183, 2199-2204 pp.
- Liu, Q., Zhang, M., Bhandari, B., Xu, J., and Yang, C.,** 2020, Effects of nanoemulsion-based active coatings with composite mixture of star anise essential oil, polylysine, and nisin on the quality and shelf life of ready-to-eat Yao meat products, Food Control, 107, 106771.
- Liu, S., Lu, J., Zhang, J., Su, X., Peng, X., Guan, H., and Shi, C.,** 2022, Emulsion gels prepared with chia mucilage and olive oil as a new animal fat replacer in beef patties, Journal of Food Processing and Preservation, 46(11), e16972.
- Liu, T., and Liu, L.,** 2020, Fabrication and characterization of chitosan nanoemulsions loading thymol or thyme essential oil for the preservation of refrigerated pork, International Journal of Biological Macromolecules, 162, 1509-1515 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Lopez-Romero, J. C., González-Ríos, H., Borges, A., and Simões, M.,** 2015, Antibacterial effects and mode of action of selected essential oils components against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2015(1), 795435.
- Lorenzo, J. M., Vargas, F. C., Strozzi, I., Pateiro, M., Furtado, M. M., Sant'Ana, A. S., Rocchetti, G., Barba, F. J., Dominguez, R., and Lucini, L.,** 2018, Influence of pitanga leaf extracts on lipid and protein oxidation of pork burger during shelf-life, Food Research International, 114, 47-54 pp.
- Lucherik, L., O'Quinn, T., Legako, J., Rathmann, R., Brooks, J., and Miller, M.,** 2017, Assessment of objective measures of beef steak juiciness and their relationships to sensory panel juiciness ratings, Journal of Animal Science, 95(6), 2421-2437 pp.
- Mahdavi, V., Hosseini, S. E., and Sharifan, A.,** 2018, Effect of edible chitosan film enriched with anise (*Pimpinella anisum L.*) essential oil on shelf life and quality of the chicken burger, Food Science and Nutrition, 6(2), 269-279 pp.
- Mao, J., Zhang, L., Chen, F., Lai, S., Yang, B., and Yang, H.,** 2017, Effect of vacuum impregnation combined with calcium lactate on the firmness and polysaccharide morphology of Kyoho grapes (*Vitis vinifera x V. labrusca*), Food and Bioprocess Technology, 10, 699-709 pp.
- Marcinkowska-Lesiak, M., Onopiuk, A., Wojtasik-Kalinowska, I., Zalewska, M., Póltorak, A., and Wierzbicka, A.,** 2020, The influence of sage and hemp oils addition to gelatin-based edible coating on the quality features of pork, CyTA-Journal of Food, 18(1), 719-727 pp.
- Maringgal, B., Hashim, N., Tawakkal, I. S. M. A., and Mohamed, M. T. M.,** 2020, Recent advance in edible coating and its effect on fresh/fresh-cut fruits quality, Trends in Food Science and Technology, 96, 253-267 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Martínez-Laorden, A., Arraiz-Fernández, C., and González-Fandos, E., 2023,** Microbiological quality and safety of fresh turkey meat at retail level, including the presence of ESBL-producing *Enterobacteriaceae* and methicillin-resistant *S. aureus*, *Foods*, 12(6), 1274.
- Martins, M. G., Chada, P. S. N., and da Silva Pena, R., 2019,** Application of pulsed-vacuum on the salt impregnation process of pirarucu fillet, *Food Research International*, 120, 407-414 pp.
- Menegassi, B., Pilosof, A. M., and Arêas, J. A., 2011,** Comparison of properties of native and extruded amaranth (*Amaranthus cruentus* L.–*BRS Alegria*) flour, *LWT-Food Science and Technology*, 44(9), 1915-1921 pp.
- Mikulski, D., Jankowski, J., Zdunczyk, Z., Juskiwicz, J., and Slominski, B. A., 2012,** The effect of different dietary levels of rapeseed meal on growth performance, carcass traits, and meat quality in turkeys, *Poultry Science*, 91(1), 215-223 pp.
- Mirsharifi, S. M., Sami, M., Jazaeri, M., and Rezaei, A., 2023,** Production, characterization, and antimicrobial activity of almond gum/polyvinyl alcohol/chitosan composite films containing thyme essential oil nanoemulsion for extending the shelf-life of chicken breast fillets, *International Journal of Biological Macromolecules*, 227, 405-415 pp.
- Moghimi, R., Aliahmadi, A., McClements, D. J., and Rafati, H., 2016,** Investigations of the effectiveness of nanoemulsions from sage oil as antibacterial agents on some food borne pathogens, *LWT-Food Science and Technology*, 71, 69-76 pp.
- Mondor, M., 2024,** Chia (*Salvia Hispanica*) seed oil extraction by-product and its edible applications, *Food Reviews International*, 40(1), 115-134 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Mot, M.-D., Gavrilaş, S., Lupitu, A. I., Moisa, C., Chambre, D., Tit, D. M., Bogdan, M. A., Bodescu, A.-M., Copolovici, L., and Copolovici, D. M., 2022, *Salvia officinalis* L. essential oil: Characterization, antioxidant properties, and the effects of aromatherapy in adult patients, *Antioxidants*, 11(5), 808.**
- Mukurumbira, A., Shellie, R., Keast, R., Palombo, E., and Jadhav, S., 2022, Encapsulation of essential oils and their application in antimicrobial active packaging, *Food Control*, 136, 108883.**
- Musakhanian, J., Rodier, J. D., and Dave, M., 2022, Oxidative stability in lipid formulations: a review of the mechanisms, drivers, and inhibitors of oxidation, *American Association of Pharmaceutical Scientists*, 23(5), 151.**
- Muzeza, C., Ngole-Jeme, V., and Msagati, T. A. M., 2023, The Mechanisms of plastic food-packaging monomers' migration into food matrix and the implications on human health, *Foods*, 12(18), 3364.**
- Nair, M. S., Nair, D. V., Johny, A. K., and Venkitanarayanan, K., 2020, Use of food preservatives and additives in meat and their detection techniques, In *Meat quality analysis*, Academic Press, pp. 187-213 pp.**
- Nawaz, A., Irshad, S., Khan, I. A., Khalifa, I., Walayat, N., Aadil, R. M., ... and Lorenzo, J. M., 2022, Protein oxidation in muscle-based products: Effects on physicochemical properties, quality concerns, and challenges to food industry, *Food Research International*, 157, 111322.**
- Nethra, P. V., Sunooj, K. V., Aaliya, B., Navaf, M., Akhila, P. P., Sudheesh, C., ... and George, J., 2023, Critical factors affecting the shelf life of packaged fresh red meat—A review, *Measurement: Food*, 10, 100086.**
- Nian, L., Cao, A., Cai, L., Ji, H., and Liu, S., 2019, Effect of vacuum impregnation of red sea bream (*Pagrosomus major*) with herring AFP combined with CS@Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles during freeze-thaw cycles, *Food Chemistry*, 291, 139-148 pp.**

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Nieto, G., Jongberg, S., Andersen, M. L., and Skibsted, L. H.,** 2013, Thiol oxidation and protein cross-link formation during chill storage of pork patties added essential oil of oregano, rosemary, or garlic, *Meat Science*, 95(2), 177-184 pp.
- Noori, S., Zeynali, F., and Almasi, H.,** 2018, Antimicrobial and antioxidant efficiency of nanoemulsion-based edible coating containing ginger (*Zingiber officinale*) essential oil and its effect on safety and quality attributes of chicken breast fillets, *Food Control*, 84, 312-320 pp.
- Oğuzhan, P., and Yangilar, F.,** 2016, Yenilebilir film ve kaplamaların gıda endüstrisinde kullanımı, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1).
- Okuskhanova, E., Assenova, B., Rebezov, M., Amirkhanov, K., Yessimbekov, Z., Smolnikova, F., ... and Stuart, M.,** 2017, Study of morphology, chemical, and amino acid composition of red deer meat, *Veterinary world*, 10(6), 623.
- Oliver, C. N., Ahn, B.-W., Moerman, E. J., Goldstein, S., and Stadtman, E. R.,** 1987, Age-related changes in oxidized proteins, *Journal of Biological Chemistry*, 262(12), 5488-5491 pp.
- Öztürk, B.,** 2018, Kanatlı eti ürünleri üretiminde yenilikçi formülasyon yaklaşımları: Farklı teknolojilerle üretilen tavuk eti ürünlerinde fosfat ve gluten alternatifi bileşenlerin kullanımının araştırılması, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Pal, R.,** 1999, Yield stress and viscoelastic properties of high internal phase ratio emulsions, *Colloid and Polymer Science*, 277, 583-588 pp.
- Parente, J. F., Sousa, V. I., Marques, J. F., Forte, M. A., and Tavares, C. J.,** 2022, Biodegradable polymers for microencapsulation systems, *Advances in Polymer Technology*, 2022.
- Pérez-Gago, M. B., and Rhim, J.-W.,** 2014, Edible coating and film materials: Lipid bilayers and lipid emulsions, In *Innovations in food packaging*, Elsevier, 325-350 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Perez-Arnedo, I., Cantalejo, M. J., Martínez-Laorden, A., and Gonzalez-Fandos, E.,** 2021, Effect of processing on the microbiological quality and safety of chicken carcasses at slaughterhouse, *International Journal of Food Science and Technology*, 56(4), 1855-1864 pp.
- Pittia, P., and Antonello, P.,** 2016, Safety by control of water activity: Drying, smoking, and salt or sugar addition, In *Regulating safety of traditional and ethnic foods*, Academic Press, 7-28 pp.
- Raeisi, M., Hashemi, M., Afshari, A., Tabarraei, A., Aminzare, M., and Jannat, B.,** 2019, Cinnamon and rosemary essential oils incorporated into alginate coating improve chemical and sensorial quality of chicken meat, Available at SSRN 3627606.
- Raeisi, M., Tabarraei, A., Hashemi, M., and Behnampour, N.,** 2016, Effect of sodium alginate coating incorporated with nisin, *Cinnamomum zeylanicum*, and rosemary essential oils on microbial quality of chicken meat and fate of *Listeria monocytogenes* during refrigeration, *International journal of food microbiology*, 238, 139-145 pp.
- Rakmai, J., Mejuto, J.-C., Sang, Y., Jafari, S. M., Xiao, J., and Simal-Gandara, J.,** 2021, Encapsulation of essential oils, in functionality of cyclodextrins in encapsulation for food applications, Springer, 115-135 pp.
- Ramírez, N., Vega-Castro, O., Simpson, R., Ramirez, C., and Nuñez, H.,** 2021, Effect of pulsed vacuum and laser microperforations on the potential acceleration of chicken meat marination, *Journal of Food Process Engineering*, 44(3), e13627.
- Rani, R., Kumar, S., and Yadav, S.,** 2021, Pumpkin and chia seed as dietary fibre source in meat products: A review, *The Pharma Innovation Journal*, 10, 477-485 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Ravera, F., Dziza, K., Santini, E., Cristofolini, L., and Liggieri, L.,** 2021, Emulsification and emulsion stability: The role of the interfacial properties, *Advances in Colloid and Interface Science*, 288, 102344.
- Ribeiro, A. M., Estevinho, B. N., and Rocha, F.,** 2021, Preparation and incorporation of functional ingredients in edible films and coatings, *Food and Bioprocess Technology*, 14, 209-231 pp.
- Rodríguez-Carpena, J.-G., Morcuende, D., Andrade, M.-J., Kylli, P., and 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(10), 5625-5635 pp.
- Rodrigues, I., Baldini, A., Pires, M., Barros, J. C., Fregonesi, R., de Lima, C. G., and Trindade, M. A.,** 2021, Gamma ray irradiation: A new strategy to increase the shelf life of salt-reduced hot dog wieners, *LWT*, 135, 110265.
- Ross, R. P., Morgan, S., and Hill, C.,** 2002, Preservation and fermentation: past, present and future, *International journal of food microbiology*, 79(1-2), 3-16 pp.
- Ruangpan, L., and Tendencia, E.,** 2004, Laboratory manual of standardized methods for antimicrobial sensitivity tests for bacteria isolated from aquatic animals and environment, Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
- Ruelas-Chacon, X., Aguilar-González, A., de la Luz Reyes-Vega, M., Peralta-Rodríguez, R. D., Corona-Flores, J., Reboloso-Padilla, O. N., and Aguilera-Carbo, A. F.,** 2020, Bioactive protecting coating of guar gum with thyme oil to extend shelf life of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets, *Polymers*, 12(12), 3019.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Ruiz-Hernández, K., Sosa-Morales, M. E., Cerón-García, A., and Gómez-Salazar, J. A.,** 2023, Physical, chemical and sensory changes in meat and meat products induced by the addition of essential oils: A concise review, *Food Reviews International*, 39(4), 2027-2056 pp.
- Rukchon, C., Nopwinyuwong, A., Trevanich, S., Jinkarn, T., and Suppakul, P.,** 2014, Development of a food spoilage indicator for monitoring freshness of skinless chicken breast, *Talanta*, 130, 547-554 pp.
- Sabuncular, G., Akbulut, G., and Yaman, M.,** 2021, Ette lipit oksidasyonu ve etkileyen faktörler, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 27, 362-369 pp.
- Sarbon, N. M., Badii, F., and Howell, N. K.,** 2015, The effect of chicken skin gelatin and whey protein interactions on rheological and thermal properties, *Food Hydrocolloids*, 45, 83-92 pp.
- Sayadi, M., Langroodi, A. M., and Pourmohammadi, K.,** 2021, Combined effects of chitosan coating incorporated with *Berberis vulgaris* extract and *Mentha pulegium* essential oil and MAP in the shelf life of turkey meat, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 5159-5169 pp.
- Segura-Campos, M., Acosta-Chi, Z., Rosado-Rubio, G., Chel-Guerrero, L., and Betancur-Ancona, D.,** 2014, Whole and crushed nutlets of chia (*Salvia hispanica*) from Mexico as a source of functional gums, *Food Science and Technology*, 34, 701-709 pp.
- Seifari, F. K., and Ahari, H.,** 2020, Active edible films and coatings with enhanced properties using nanoemulsion and nanocrystals, *Food and Health*, 3(1), 15-22.
- Senter, S. D., Arnold, J. W., and Chew, V.,** 2000, APC values and volatile compounds formed in commercially processed, raw chicken parts during storage at 4 and 13 C and under simulated temperature abuse conditions, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(10), 1559-1564 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Serdaroğlu, M., Abdraimov, K., and Oenenc, A.,** 2007, The effects of marinating with citric acid solutions and grapefruit juice on cooking and eating quality of turkey breast, *Journal of Muscle foods*, 18(2), 162-172 pp.
- Serdaroğlu, M., Öztürk, B., and Urgu, M.,** 2016, Emulsion characteristics, chemical and textural properties of meat systems produced with double emulsions as beef fat replacers, *Meat Science*, 117, 187-195 pp.
- Serdaroğlu, M., Kavuşan, H., İpek, G., and Öztürk, B.,** 2018, Evaluation of the quality of beef patties formulated with dried pumpkin pulp and seed, *Korean journal for food science of animal resources*, 38(1), 1.
- Serdaroğlu, M., Öztürk-Kerimoğlu, B., Zungur-Bastioğlu, A., Kavuşan, H. S., Ötleş, S., and Özyurt, V. H.,** 2022, Lipid–protein oxidation and in vitro digestibility of fermented turkey sausages as affected by lipid formulation, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 124(10), 2100243.
- Serdaroğlu, M.,** 2023, Protein oxidation in meat products: exploring the role of natural antioxidants in preservation and quality enhancement, *Scientific journal" Meat Technology"*, 64(2), 427-431 pp.
- Serrano-León, J. S., Bergamaschi, K. B., Yoshida, C. M., Saldaña, E., Selani, M. M., Rios-Mera, J. D., ... and Contreras-Castillo, C. J.,** 2018, Chitosan active films containing agro-industrial residue extracts for shelf life extension of chicken restructured product, *Food Research International*, 108, 93-100 pp.
- Shahbazi, Y., and Shavisi, N.,** 2018, A novel active food packaging film for shelf-life extension of minced beef meat, *Journal of Food Safety*, 38(6), e12569.
- Sharefiabada, E., Kavusan, H. S., and Serdaroğlu, M.,** 2023, Innovative coating approach: vacuum impregnation with chia mucilage and sage infusion for turkey fillets, *Scientific journal" Meat Technology"*, 64(2), 354-359 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Sharefiabadi, E., and Serdaroglu, M.,** 2023, Applicability of vacuum impregnation in meat and marine products, *Food Science and Applied Biotechnology*, 6(2), 200-214 pp.
- Shen, S. k., Chen, Y. w., Dong, X. p., Liu, F. j., Cai, W. q., Wei, J. l., Jin, D. l., and Lin, M. m.,** 2020, The effect of different salt concentration and time combinations in physicochemical properties and microstructure of Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) fillets under vacuum impregnation, *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(12), e14967.
- Shen, Y., Ni, Z.-J., Thakur, K., Zhang, J.-G., Hu, F., and Wei, Z.-J.,** 2021, Preparation and characterization of clove essential oil loaded nanoemulsion and pickering emulsion activated pullulan-gelatin based edible film, *International Journal of Biological Macromolecules*, 181, 528-539 pp.
- Shiekh, K. A., Benjakul, S., Qi, H., Zhang, B., and Deng, S.,** 2021, Combined hurdle effects of pulsed electric field and vacuum impregnation of Chamuang leaf extract on quality and shelf-life of Pacific white shrimp subjected to high voltage cold atmospheric plasma, *Food Packaging and Shelf Life*, 28, 100660.
- Silva, L., Sinnecker, P., Cavalari, A., Sato, A., and Perrechil, F.,** 2022, Extraction of chia seed mucilage: Effect of ultrasound application, *Food Chemistry Advances*, 1, 100024.
- Smaoui, S., Hlima, H. B., Tavares, L., Ennouri, K., Braiek, O. B., Mellouli, L., Abdelkafi, S., and Khaneghah, A. M.,** 2022, Application of essential oils in meat packaging: A systemic review of recent literature, *Food Control*, 132, 108566.
- Sneha, K., and Kumar, A.,** 2022, Nanoemulsions: Techniques for the preparation and the recent advances in their food applications, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 76, 102914.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Socaciu, M.-I., Fogarasi, M., Semeniuc, C. A., Socaci, S. A., Rotar, M. A., Mureşan, V., Pop, O. L., and Vodnar, D. C.,** 2020, Formulation and characterization of antimicrobial edible films based on whey protein isolate and tarragon essential oil, *Polymers*, 12(8), 1748.
- Song, D.-H., Hoa, V. B., Kim, H. W., Khang, S. M., Cho, S.-H., Ham, J.-S., and Seol, K.-H.,** 2021, Edible films on meat and meat products, *Coatings*, 11(11), 1344.
- Soni, M., Yadav, A., Maurya, A., Das, S., Dubey, N. K., and Dwivedy, A. K.,** 2023, Advances in designing essential oil nanoformulations: an integrative approach to mathematical modeling with potential application in food preservation, *Foods*, 12(21), 4017.
- Soro, A. B., Noore, S., Hannon, S., Whyte, P., Bolton, D. J., O'Donnell, C., and Tiwari, B. K.,** 2021, Current sustainable solutions for extending the shelf life of meat and marine products in the packaging process, *Food Packaging and Shelf Life*, 29, 100722.
- Soyer, A., Özalp, B., Dalmış, Ü., and Bilgin, V.,** 2010, Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat, *Food Chemistry*, 120(4), 1025-1030 pp.
- Speranza, B., Guerrieri, A., Racioppo, A., Bevilacqua, A., Campaniello, D., and Corbo, M. R.,** 2023, Sage and lavender essential oils as potential antimicrobial agents for foods, *Microbiology Research*, 14(3), 1089-1113 pp.
- Stadtman, E., and Levine, R.,** 2003, Free radical-mediated oxidation of free amino acids and amino acid residues in proteins, *Amino acids*, 25, 207-218 pp.
- Stuart, B.,** 2021, Infrared spectroscopy, *Analytical techniques in forensic science*, 145-160 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Sun, Y., Zhang, M., Bhandari, B., and Bai, B.,** 2021, Nanoemulsion-based edible coatings loaded with fennel essential oil/cinnamaldehyde: Characterization, antimicrobial property and advantages in pork meat patties application, *Food Control*, 127, 108151.
- Surh, J., Vladislavljević, G. T., Mun, S., and McClements, D. J.,** 2007, Preparation and characterization of water/oil and water/oil/water emulsions containing biopolymer-gelled water droplets, *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(1), 175-184 pp.
- Sutradhar, K. B., and Amin, M. L.,** 2013, Nanoemulsions: increasing possibilities in drug delivery, *European Journal of Nanomedicine*, 5(2), 97-110 pp.
- Taheri, T., Fazlara, A., Roomiani, L., and Taheri, S.,** 2018, Effect of chitosan coating enriched with cumin (*Cuminum cyminum L.*) essential oil on the quality of refrigerated turkey breast meat, *Italian Journal of Food Science*, 30(3).
- Tan, F.-J., Li, D.-C., Kaewkot, C., Wu, H.-D., Świąder, K., Yu, H.-C., Chen, C.-F., and Chumngoen, W.,** 2022, Application of principal component analysis with instrumental analysis and sensory evaluation for assessment of chicken breast meat juiciness, *British Poultry Science*, 63(2), 164-170 pp.
- Timilsena, Y., Adhikari, R., Kasapis, S., and Adhikari, B.,** 2016, Physicochemical, thermal and rheological characteristics of a novel mucilage from chia seed (*Salvia Hispanica*), *Gums and stabilisers for the food industry*, 18, 65.
- Timilsena, Y. P., Vongsvivut, J., Tobin, M. J., Adhikari, R., Barrow, C., and Adhikari, B.,** 2019, Investigation of oil distribution in spray-dried chia seed oil microcapsules using synchrotron-FTIR microspectroscopy, *Food Chemistry*, 275, 457-466 pp.
- Tomac, A., Mallo, S. R., Perez, S., Loredó, A. B. G., and Yeannes, M. I.,** 2020, Vacuum impregnation in *Merluccius hubbsi* hake fillets brining, Effect on mass transfer kinetics, texture and colour, *LWT*, 119, 108892.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Tomasevic, I., Djekic, I., Font-i-Furnols, M., Terjung, N., and Lorenzo, J. M.,** 2021, Recent advances in meat color research, *Current Opinion in Food Science*, 41, 81-87 pp.
- TÜİK.,** 2024, Kümes Hayvancılığı Üretimi, Şubat 2024, TÜİK.
- Turgut, S. S., Soyer, A., and Işıklı, F.,** 2016, Effect of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during refrigerated storage, *Meat Science*, 116, 126-132 pp.
- Ueda, J. M., Pedrosa, M. C., Heleno, S. A., Carcho, M., Ferreira, I. C. F. R., and Barros, L.,** 2022, Food additives from fruit and vegetable by-products and bio-residues: a comprehensive review focused on sustainability, *Sustainability*, 14(9), 5212.
- Ujilestari, T., Febrisiantosa, A., Sholikin, M. M., Wahyuningsih, R., and Wahyono, T.,** 2023, Nanoemulsion application in meat product and its functionality: review, *Journal of Animal Science and Technology*, 65(2), 275-292 pp.
- Umaraw, P., Munekata, P. E., Verma, A. K., Barba, F. J., Singh, V., Kumar, P., and Lorenzo, J. M.,** 2020, Edible films/coating with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products, *Trends in Food Science and Technology*, 98, 10-24 pp.
- Ünal, K., Alp, H., Babaoğlu, A. S., and Karakaya, M.,** 2020, Different properties of chicken and turkey breast fillets marinated with fruit juices, *Fleischwirtschaft*, 100(2), 88-93 pp.
- Ursachi, C. Ş., Perța-Crișan, S., and Munteanu, F.-D.,** 2020, Strategies to improve meat products' quality, *Foods*, 9(12), 1883.
- Valand, R., Tanna, S., Lawson, G., and Bengtström, L.,** 2020, A review of fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy used in food adulteration and authenticity investigations, *Food Additives and Contaminants: Part A*, 37(1), 19-38 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Vera, R., Chane-Ming, J., and Fraisse, D.,** 1999, Chemical composition of the essential oil of sage (*Salvia officinalis L.*) from Reunion Island, Journal of essential oil research, 11(4), 399-402 pp.
- Vital, A. C. P., Guerrero, A., Monteschio, J. d. O., Valero, M. V., Carvalho, C. B., de Abreu Filho, B. A., Madrona, G. S., and Do Prado, I. N.,** 2016, Effect of edible and active coating (with rosemary and oregano essential oils) on beef characteristics and consumer acceptability, PloS one, 11(8), e0160535.
- Walch, S. G., Tinzoh, L. N., Zimmermann, B. F., Stühlinger, W., and Lachenmeier, D. W.,** 2011, Antioxidant capacity and polyphenolic composition as quality indicators for aqueous infusions of *Salvia officinalis L.* (sage tea), Frontiers in Pharmacology, 2, 79.
- Wang, L., Liu, T., Liu, L., Liu, Y., and Wu, X.,** 2022, Impacts of chitosan nanoemulsions with thymol or thyme essential oil on volatile compounds and microbial diversity of refrigerated pork meat, Meat Science, 185, 108706.
- Wang, W., Zhao, D., Xiang, Q., Li, K., Wang, B., and Bai, Y.,** 2021, Effect of cinnamon essential oil nanoemulsions on microbiological safety and quality properties of chicken breast fillets during refrigerated storage, LWT, 152, 112376.
- Wang, Z., Tu, J., Zhou, H., Lu, A., and Xu, B.,** 2021, A comprehensive insight into the effects of microbial spoilage, myoglobin autoxidation, lipid oxidation, and protein oxidation on the discoloration of rabbit meat during retail display, Meat Science, 172, 108359.
- Wattiez, N., and Hans, M.,** 1943, A holoside extracted from the seeds of *Plantago major L.* and *Plantago ovata Forsk.*, Bulletin Et Memoires De l'Academie Royale De Medecine De Belgique, 8, 386-396 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Witte, V. C., Krause, G. F., and Bailey, M. E.,** 1970, A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage, *Journal of Food Science*, 35(5), 582-585 pp.
- Woods, L. F. J., and Church, P. N.,** 1999, Strategies for extending the shelf-life of poultry meat and products, In *Poultry Meat Science Symposium Series*, Richardson, RL and Mead, GC (eds.), CABI, Publishing, UK, 25, 297-312 pp.
- Wongphan, P., Promhuad, K., Srisa, A., Laorenza, Y., Oushapjalaunchai, C., and Harnkarnsujarit, N.,** 2024, Unveiling the Future of Meat Packaging: Functional Biodegradable Packaging Preserving Meat Quality and Safety, *Polymers*, 16(9), 1232.
- Wu, C., Wang, L., Hu, Y., Chen, S., Liu, D., and Ye, X.,** 2016, Edible coating from citrus essential oil-loaded nanoemulsions: physicochemical characterization and preservation performance, *Rsc Advances*, 6(25), 20892-20900 pp.
- Xiong, Y., Chen, M., Warner, R. D., and Fang, Z.,** 2020, Incorporating nisin and grape seed extract in chitosan-gelatine edible coating and its effect on cold storage of fresh pork, *Food Control*, 110, 107018.
- Xiong, Y., Li, S., Warner, R. D., and Fang, Z.,** 2020, Effect of oregano essential oil and resveratrol nanoemulsion loaded pectin edible coating on the preservation of pork loin in modified atmosphere packaging, *Food Control*, 114, 107226.
- Yaghoubi, M., Ayaseh, A., Alirezalu, K., Nemati, Z., Pateiro, M., and Lorenzo, J. M.,** 2021, Effect of chitosan coating incorporated with *Artemisia fragrans* essential oil on fresh chicken meat during refrigerated storage, *Polymers*, 13(5), 716.
- Yazgan, H.,** 2020, Investigation of antimicrobial properties of sage essential oil and its nanoemulsion as antimicrobial agent, *LWT*, 130, 109669.
- Yıldırım, F. K., Hecer, C., and Ulusoy, B.,** 2021, Et ve et ürünlerinde muhafaza yöntemleri, *Türkiye Klinikleri Food Sciences-Special Topics*, 7(2), 14-18 ss.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Yerlikaya, S., and Şen Arslan, H.,** 2021, Antioxidant and chemical effects of propolis, sage (*Salvia officinalis L.*), and lavender (*Lavandula angustifolia Mill*) ethanolic extracts on chicken sausages, *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(6), e15551.
- Yousuf, B., and Srivastava, A. K.,** 2017, Flaxseed gum in combination with lemongrass essential oil as an effective edible coating for ready-to-eat pomegranate arils, *International journal of biological macromolecules*, 104, 1030-1038 pp.
- Yu, H.-C., Hsu, J.-L., Chang, C.-I., and Tan, F.-J.,** 2017, Antioxidant properties of porcine liver proteins hydrolyzed using *Monascus purpureus*, *Food Science and Biotechnology*, 26(5), 1217-1225 pp.
- Yüncü, Ö., Kavuşan, H. S., and Serdaroğlu, M.,** 2021, Effects of using chia (*Salvia hispanica L.*) mucilage and different cooking procedures on quality parameters of beef patties, In *IOP conference series: Earth and environmental science*, IOP Publishing, 854(1), 012107.
- Yüncü, Ö., Kavuşan, H. S., and Serdaroğlu, M.,** 2022, Chia (*Salvia hispanica L.*) mucilage as a novel fat replacer in beef patties cooked with different methods: physico-chemical, technological, and nutritional perspectives, *Journal of Culinary Science and Technology*, 1-29 pp.
- Zanganeh, H., Mortazavi, S. A., and Shahidi, F.,** 2023, Investigating the effect of edible coating based on Citrus paradise essential oil nanoemulsion and *Lallemantia iberica* seed mucilage on the microbial and chemical characteristics of lamb slices during storage period, *Journal of food science and technology (Iran)*, 20(142), 119-136 pp.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Zeliha Sevde, T., DEMİRHAN, B., and DEMİRHAN, B. E.,** 2024, Investigation of quinolone residues and total aerobic mesophilic bacteria in some poultry meat and chicken eggs, *Bulletin Of University Of Agricultural Sciences And Veterinary Medicine Cluj-Napoca, Food Science And Technology*, 81(1), 121-129 pp.
- Zhang, Liu, Y., Peng, H., Lin, Y., and Cai, K.,** 2023, Effects of ginger essential oil on physicochemical and structural properties of agar-sodium alginate bilayer film and its application to beef refrigeration, *Meat Science*, 198, 109051.
- Zhang, H., Li, X., Kang, H., and Peng, X.,** 2021, Antimicrobial and antioxidant effects of edible nanoemulsion coating based on chitosan and *Schizonepeta Tenuifolia* essential oil in fresh pork, *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(11), e15909.
- Zhang, X., Liu, D., Jin, T. Z., Chen, W., He, Q., Zou, Z., Zhao, H., Ye, X., and Guo, M.,** 2021, Preparation and characterization of gellan gum-chitosan polyelectrolyte complex films with the incorporation of thyme essential oil nanoemulsion, *Food Hydrocolloids*, 114, 106570.
- Zhang, Y., Guo, X., Liu, T., and Peng, Z.,** 2018, Effects of substitution of nacl with kcl, l-histidine, and l-lysine on instrumental quality attributes of cured and cooked pork loin, *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 877-883 pp.
- Zhang, Y., Liu, X., Wang, Y., Jiang, P., and Quek, S.,** 2016, Antibacterial activity and mechanism of cinnamon essential oil against *Escherichia Coli* and *Staphylococcus Aureus*, *Food Control*, 59, 282-289 pp.
- Zhao, R., Guan, W., Zhou, X., Lao, M., and Cai, L.,** 2022, The physiochemical and preservation properties of anthocyanidin/chitosan nanocomposite-based edible films containing cinnamon-perilla essential oil pickering nanoemulsions, *LWT*, 153, 112506.

**KAYNAKLAR DIZINI (devam)**

- Zhao, W., Yu, D., and Xia, W.,** 2021, Vacuum impregnation of chitosan coating combined with water-soluble polyphenol extracts on sensory, physical state, microbiota composition and quality of refrigerated grass carp slices, *International Journal of Biological Macromolecules*, 193, 847-855 pp.
- Zhao, X., Zhou, Y., Zhao, L., Chen, L., He, Y., and Yang, H.,** 2019, Vacuum impregnation of fish gelatin combined with grape seed extract inhibits protein oxidation and degradation of chilled tilapia fillets, *Food Chemistry*, 294, 316-325 pp.
- Zheng, K., Li, B., Liu, Y., Wu, D., Bai, Y., and Xiang, Q.,** 2023, Effect of chitosan coating incorporated with oregano essential oil on microbial inactivation and quality properties of refrigerated chicken breasts, *LWT*, 176, 114547.
- Zhou, X., Zong, X., Zhang, M., Ge, Q., Qi, J., Liang, J., Xu, X., and Xiong, G.,** 2021, Effect of konjac glucomannan/carrageenan-based edible emulsion coatings with camellia oil on quality and shelf-life of chicken meat, *International Journal of Biological Macromolecules*, 183, 331-339 pp.
- Zhu, Y., Gu, M., Su, Y., Li, Z., Xiao, Z., Lu, F., and Han, C.,** 2024, Recent advances in spoilage mechanisms and preservation technologies in beef quality: A review, *Meat Science*, 109481.
- Zimoch-Korzycka, A., and Jarmoluk, A.,** 2017, Polysaccharide-based edible coatings containing cellulase for improved preservation of meat quality during storage, *Molecules*, 22(3), 390.
- Zixiang, W., Jingjing, Z., Huachen, Z., Ning, Z., Ruiyan, Z., Lanjie, L., & Guiqin, L.,** 2021, Effect of nanoemulsion loading a mixture of clove essential oil and carboxymethyl chitosan-coated  $\epsilon$ -polylysine on the preservation of donkey meat during refrigerated storage, *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(9), e15733.

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, taze hindi etinin modern gıda bilimi ve teknolojileri perspektifinde daha uzun raf ömrü ve yüksek kaliteye ulaşmasını sağlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, chia müsilağı ve/veya adaçayı esansiyel yağı içeren nanoemülsiyonların kaplama malzemesi olarak ürünlerdeki oksidatif ve mikrobiyal stabilite üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Tezimin temel amacı, taze hindi etindeki oksidasyon ve mikrobiyal bozulmayı azaltarak ürün kalitesini ve raf ömrünü artırmaya yönelik bilimsel bulgular elde etmektir.

Bu süreç, tez konusunun belirlenmesiyle başlamış ve deneysel çalışmalar, veri analizi, literatür taraması ve sonuçların değerlendirilmesi gibi aşamaları kapsamıştır. Bu süre zarfında, bilimsel araştırmanın titizlik, sabır ve sürekli öğrenme gerektirdiği gerçeği bir kez daha pekişmiştir. Bu tezin, gıda bilimi ve teknolojisi alanında çalışan araştırmacılara ve sektördeki profesyonellere faydalı bir kaynak olmasını umuyorum.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde bana rehberlik eden danışmanım Prof. Dr. Fatma Meltem SERDAROĞLU'na, doktora eğitimim süresince yeterlik jürisi ve tez izleme kurulunda görev alan, çalışmalarımı zenginleştiren değerli görüşleriyle katkı sağlayan Sayın Prof. Dr. Semra KAYAARDI ve Sayın Prof. Dr. Duygu KIŞLA'ya, tez sürecimde üretim ve analiz aşamalarında yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma, tez sürecimin yürütülmesinde sağladıkları değerli katkılar için Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasının üretim ve analiz aşamalarında yardımları için Gıda Yüksek Mühendisleri Hülya Serpil Kavuşan, Özlem Yüncü Boyacı ile Gıda Mühendisi Merih Karaman'a teşekkür ederim.

Tez çalışma sürecinde benim yanımda olan ve her türlü imkan ve şartı sunan firma yöneticileri olan Sayın Sertaç SERDAROĞLU, Sayın Nurettin TARAĞCIOĞLU ve tüm Defne Dış Ticaret ve Tarım Ürünleri A.Ş çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her evresinde benim yanımda olan, beni koşulsuz destekleyen sevgili aileme saygılarımı sunuyorum. Kararlarımın saygı gösteren, her adımında yanımda duran, bana cesaret ve şefkatle yol gösteren canım annem, ilkokul öğretmeni Parivash SHAHMOHAMMADI'ye, bilime olan ilgimi her daim teşvik eden, beni yeni deneyimlere yönlendiren kıymetli babam, inşaat mühendisi Asad SHAREFIABADI'ye, yanımda olan, sevgileri ve desteğiyle beni güçlü kılan canım kardeşlerim Sahar ve Sanaz SHAREFIABADI'ye, ve bana koşulsuz sevgiyle yoldaşlık eden sevgili köpeğim Ralph'a, tüm manevi ve maddi destekleri için en içten teşekkürlerimi iletiyorum.

İZMİR

01/02/2025

Elnaz SHAREFIABADI

## ÖZGEÇMİŞ

Elnaz Sharefiabadi, ilkokul, ortaokul ve lise eğitimini İran'ın Tahran ve Tebriz şehirlerinde tamamlamıştır. Lisans eğitimini Tebriz Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünde tamamladıktan sonra, Azad Üniversitesi'nde Gıda Mühendisliği alanında yüksek lisans yapmış ve “Potasyum Sorbat ve Sodyum Benzoatın Depolama Sırasında Kurutulmuş Vişnenin Mikrobiyal Kalitesi Üzerine Etkileri” başlıklı tezini sunarak mezun olmuştur. 2018 yılında Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünde doktora eğitimine başlamış ve bu süreçte eğitimine devam etmektedir. Doktora eğitiminde, gıda güvenliği, et teknolojileri ve işleme teknikleri konularında kapsamlı çalışmalar yürütmüştür.

Sharefiabadi, özel sektörde çeşitli görevlerde yer almıştır. Çeşitli akademik dergilerde yayımlanmış makaleler ve kitap bölümü bulunmaktadır. Öğrenim ve araştırma süreçlerinde aktif rol üstlenmiş, 2020 yılında gerçekleştirilen 4. Et Ürünleri Çalıştayı etkinliğinde ise organizasyon komitesi üyesi olarak yer almıştır. Bu deneyimler, onun organizasyon yeteneklerini ve akademik topluluklarla olan etkileşimini pekiştirmiştir. Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen bir araştırma projesinde araştırmacı olarak görev almıştır.

Elnaz Sharefiabadi'nin doktora tezi, Prof. Dr. Fatma Meltem Serdaroğlu danışmanlığında hazırlanmış ve 23687 numaralı genel araştırma projesi (GAP) kapsamında Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Sharefiabadi, gıda mühendisliği ve et teknolojileri alanında derin bir bilgi birikimine sahip olup, bu alandaki akademik ve uygulamalı çalışmalarıyla bilimsel topluluklara katkıda bulunmayı sürdürmektedir.

## EKLER

### EK 1 Kaplama işleminin hindi etinin kimyasal kompozisyonu üzerine etkisi

Varyans kaynağı	Faktör	Nem (%)		Protein (%)		Yağ (%)		Kül (%)	
		F değeri	P değeri	F değeri	P değeri	F değeri	P değeri	F değeri	P değeri
Kaplama formülasyonu (A)	KA0 ChiaA0 NanoA0,5 NanoA1 NanoA1,5	72,99**	0,00	11,90**	0,00	10,07**	0,00	5,07**	0,00
Kaplama yöntemi (B)	D (daldırma) V (VE)	9,41**	0,006	0,216 <sup>ö.D</sup>	0,64	1,09 <sup>ö.D</sup>	0,30	4,00 <sup>ö.D</sup>	0,059
A×B	KA0D KA0V ChiaA0D ChiaA0V NanoA0,5D NanoA0,5V NanoA1D NanoA1V NanoA1,5D NanoA1,5V	0,14 <sup>ö.D</sup>	0,96	0,232 <sup>ö.D</sup>	0,91	0,58 <sup>ö.D</sup>	0,67	0,88 <sup>ö.D</sup>	0,48

\*\*İstatistik olarak farklılık var (P<0,01)

<sup>ö.D</sup>: Önemli Değil- İstatistiksel olarak farklılık yok

R<sup>2</sup>: 0,938 (Nem), R<sup>2</sup>: 0,709(Protein), R<sup>2</sup>: 0,686 (Yağ), R<sup>2</sup>: 0,582(Kül)

**EK 2 Kaplama işlemin hindi etin pH, su tutma kapasitesi ve SÇİ üzerine etkileri**

Varyans Kaynağı	Faktör	pH (%)		STK (%)		Suda çözünürlük indeksi(%)	
		F değeri	P değeri	F değeri	P değeri	F değeri	P değeri
Kaplama formülasyonu (A)	KA0	46,82**	0,00	56,26**	0,00	2,87 <sup>Ö.D</sup>	0,05
	ChiaA0						
	NanoA0,5						
	NanoA1						
	NanoA1,5						
Kaplama yöntemi (B)	D	0,502 <sup>Ö.D</sup>	0,48	0,51 <sup>Ö.D</sup>	0,47	2,74 <sup>Ö.D</sup>	0,11
	V						
Depolama (Z)	0.gün	141,13**	0,00	76,93**	0,00	-	-
	4.gün						
	8.gün						
	12.gün						
A×B	KA0D	0,709 <sup>Ö.D</sup>	0,58	0,69 <sup>Ö.D</sup>	0,59	0,23 <sup>Ö.D</sup>	0,91
	KA0V						
	ChiaA0D						
	ChiaA0V						
	NanoA0,5D						
	NanoA0,5V						
	NanoA1D						
	NanoA1V						
	NanoA1,5D						
	NanoA1,5V						
A×Z		6,206**	0,00	2,78**	0,003	-	-
B×Z		2,139 <sup>Ö.D</sup>	0,10	0,20 <sup>Ö.D</sup>	0,89	-	-
A×B×Z		0,678 <sup>Ö.D</sup>	0,76	0,81 <sup>Ö.D</sup>	0,63	-	-

\*\*İstatistik olarak farklılık var (P<0,01)\* İstatistik olarak farklılık var (P<0,05)

Ö.D: Önemli Değil- İstatistiksel olarak farklılık yok

R2: 0,898 (pH), R2: 0,668(STK), R2: 0,431(WSI)

**EK 3 Kaplama işlemi ambalaja sızıntı miktarı üzerine etkisi**

Varyans Kaynağı	Faktör	F	P
<b>Kaplama formülasyonu (A)</b>	KA0	2,92*	0,028
	ChiaA0		
	NanoA0,5		
	NanoA1		
	NanoA1,5		
<b>Kaplama yöntemi (B)</b>	D	45,41**	0,00
	V		
<b>Depolama (Z)</b>	0.gün	665,52**	0,00
	4.gün		
	8.gün		
	12.gün		
<b>A×B</b>	KA0D	2,96*	0,026
	KA0V		
	ChiaA0D		
	ChiaA0V		
	NanoA0,5D		
	NanoA0,5V		
	NanoA1D		
	NanoA1V		
	NanoA1,5D		
NanoA1,5V			
<b>A×Z</b>	-	3,34**	0,003
<b>B×Z</b>	-	10,78**	0,00
<b>A×B×Z</b>	-	4,09**	0,001

\*İstatistik olarak farklılık var (P<0,05)

\*\*İstatistik olarak farklılık var (P<0,01)

R<sup>2</sup>:0,961

**EK 4 Kaplama işlemin hindi etin renk değerleri üzerine etkileri**

Varyans Kaynağı	Faktör	L*		a*		b*	
		F değeri	P değeri	F değeri	P değeri	F değeri	P değeri
Kaplama formülasyonu (A)	KA0	24,24**	0,00	9,62**	0,00	5,80**	0,00
	ChiaA0						
	NanoA0,5						
	NanoA1						
	NanoA1,5						
Kaplama yöntemi (B)	D	52,11**	0,00	78,94**	0,00	34,42**	0,00
	V						
Depolama (Z)	0.gün	2,99*	0,03	59,81**	0,00	51,8700	0,00
	4.gün						
	8.gün						
	12.gün						
A×B	KA0D	5,48**	0,001	18,70**	0,00	2,57*	0,04
	KA0V						
	ChiaA0D						
	ChiaA0V						
	NanoA0,5D						
	NanoA0,5V						
	NanoA1D						
	NanoA1V						
	NanoA1,5D						
	NanoA1,5V						
A×Z		3,71**	0,00	3,88**	0,00	8,57**	0,00
B×Z		3,09*	0,03	11,32**	0,00	2,56 <sup>Ö.D</sup>	0,06
A×B×Z		4,31**	0,00	4,59**	0,00	3,59**	0,00

\*\*İstatistik olarak farklılık var (P<0,01) \* İstatistik olarak farklılık var (P<0,05)

Ö.D: Önemli Değil- İstatistiksel olarak farklılık yok

R2: 0,781 (L\*), R2: 0,864(a\*), R2: 0,825(b\*)

**EK 5 Kaplama işlemin hindi etin oksidasyon değerleri üzerine etkileri**

Varyans Kaynağı	Faktör	Peroksit (meqO2/kg)		TBARS (mg malonaldehit/kg)		Sülfidril (nmol sülfidril/mg örnek)		Karbonil (nmol karbonil/mg protein)	
		F değeri	P değeri	F değeri	P değeri	F değeri	P değeri	F değeri	P değeri
Kaplama formülasyonu (A)	KA0	130,47**	0,00	597,87**	0,00	26,58**	0,00	53,23**	0,00
	ChiaA0								
	NanoA0,5								
	NanoA1								
	NanoA1,5								
Kaplama yöntemi (B)	D	0,103 <sup>ÖD</sup>	0,74	41,47**	0,00	3,41 <sup>ÖD</sup>	0,068	1,04 <sup>ÖD</sup>	0,30
	V								
Depolama (Z)	0.gün	399,42**	0,00	642,52**	0,00	21,84**	0,00	184,37**	0,00
	4.gün								
	8.gün								
	12.gün								
A×B	KA0D	0,007 <sup>ÖD</sup>	0,47	7,74**	0,00	1,65 <sup>ÖD</sup>	0,17	1,19 <sup>ÖD</sup>	0,32
	KA0V								
	ChiaA0D								
	ChiaA0V								
	NanoA0,5D								
	NanoA0,5V								
	NanoA1D								
	NanoA1V								
	NanoA1,5D								
NanoA1,5V									
A×Z		25,31**	0,00	33,38**	0,00	7,86**	0,00	9,13**	0,00
B×Z		0,58 <sup>ÖD</sup>	0,63	9,20**	0,00	0,51 <sup>ÖD</sup>	0,67	1,67 <sup>ÖD</sup>	0,18
A×B×Z		0,59 <sup>ÖD</sup>	0,83	7,34**	0,00	0,64 <sup>ÖD</sup>	0,79	1,58 <sup>ÖD</sup>	0,11

\*\*İstatistik olarak farklılık var (P<0,01)

Ö.D: Önemli Değil- İstatistiksel olarak farklılık yok

R2: 0,962 (peroksit), R2: 0,984 (TBARS), R2: 0,781 (sülfidril), R2: 0,919 (karbonil)

**EK 6 Kaplama işleminin hindi etlerin mikrobiyoloji değerleri üzerine etkisi**

Varyans Kaynağı	Faktör	TAMB (log kob/g)		PTC (log kob/g)		Küf-Maya (log kob/g)	
		F değeri	P değeri	F değeri	P değeri	F değeri	P değeri
Kaplama formülasyonu (A)	KA0	884,34**	0,00	4,77**	0,00	724,38**	0,00
	ChiaA0						
	NanoA0,5						
	NanoA1						
	NanoA1,5						
Kaplama yöntemi (B)	D	992,50**	0,00	56,62**	0,00	939,9**	0,00
	V						
Depolama (Z)	0.gün	841,27**	0,00	129,09**	0,00	913,7**	0,00
	4.gün						
	8.gün						
	12.gün						
A×B	KA0D	44,44**	0,00	9,05**	0,00	941,7**	0,00
	KA0V						
	ChiaA0D						
	ChiaA0V						
	NanoA0,5D						
	NanoA0,5V						
	NanoA1D						
	NanoA1V						
	NanoA1,5D						
	NanoA1,5V						
A×Z		289,93**	0,00	2,36**	0,01	823,1**	0,00
B×Z		183,63**	0,00	10,78**	0,00	924,4**	0,00
A×B×Z		9,89**	0,00	1,66 <sup>Ö.D</sup>	0,09	843,5**	0,00

\*\*İstatistik olarak farklılık var (P<0,01), \* İstatistik olarak farklılık var (P<0,05)

Ö.D: Önemli Değil- İstatistiksel olarak farklılık yok

R: 0,999(TAMB), 0,892(Psikrotrof), 1,0 (küf-maya)

EK 7 Kaplama işleminin hindi etlerin TVB-N değerleri üzerine etkisi

Varyans Kaynağı	Faktör	TVB-N	
		F değeri	P değeri
Kaplama formülasyonu (A)	KA0	38.26**	0.00
	ChiaA0		
	NanoA0,5		
	NanoA1		
	NanoA1,5		
Vakum emdirim kullanım (B)	D	227.62**	0.00
	V		
Depolama (Z)	0.gün	430.71**	0.00
	4.gün		
	8.gün		
	12.gün		
A×B	KA0D	4.52**	0.002
	KA0V		
	ChiaA0D		
	ChiaA0V		
	NanoA0,5D		
	NanoA0,5V		
	NanoA1D		
	NanoA1V		
	NanoA1,5D		
	NanoA1,5V		
A×Z		5.78**	0.00
B×Z		45.84**	0.00
A×B×Z		1.82 <sup>Ö.D</sup>	0.05

\*\*İstatistik olarak farklılık var (P<0,01), \* İstatistik olarak farklılık var (P<0,05)

Ö.D: Önemli Değil- İstatistiksel olarak farklılık yok

R2: 0,960

**EK 8 Kaplama işleminin hindi etinin tekstür profili analizi üzerine etkisi**

Varyans Kaynağı	Faktör	Sertlik		Esneklik		Yapışkanlık		Sakızımsılık		Çiğnenebilirlik	
		F değeri	P değeri	F değeri	P değeri	F değeri	P değeri	F değeri	P değeri	F değeri	P değeri
Kaplama formülasyonu (A)	KA0 ChiaA0 NanoA0,5 NanoA1 NanoA1,5	68,68**	0,00	4,62**	0,002	7,79**	0,00	95,90**	0,00	65,21**	0,00
Vakum emdirim kullanım (B)	D V	10,26*	0,02	6,04*	0,016	2,85 <sup>ÖD</sup>	0,09	328,87**	0,00	130,06**	0,00
Depolama (Z)	0.gün 4.gün 8.gün 12.gün	164,22**	0,00	0,18 <sup>ÖD</sup>	0,90	125,09**	0,00	49,39**	0,00	43,90**	0,00
A×B	KA0D KA0V ChiaA0D ChiaA0V NanoA0,5D NanoA0,5V NanoA1D NanoA1V NanoA1,5D NanoA1,5V	7,84**	0,00	2,56*	0,045	77,54**	0,00	232,43**	0,00	209,41**	0,00
A×Z		5,96**	0,00	1,26 <sup>ÖD</sup>	0,25	2,51**	0,00	13,82**	0,00	10,75**	0,00
B×Z		2,09 <sup>ÖD</sup>	0,10	1,66 <sup>ÖD</sup>	0,18	0,56 <sup>ÖD</sup>	0,64	25,60**	0,00	13,40**	0,00
A×B×Z		2,85**	0,003	1,48 <sup>ÖD</sup>	0,14	4,09**	0,00	19,80**	0,00	15,84**	0,00

\*İstatistik olarak farklılık var (P<0,05)

\*\*İstatistik olarak farklılık var (P<0,01)

<sup>Ö.D</sup>: Önemli Değil- İstatistiksel olarak farklılık yok

R<sup>2</sup>: 0,920 (Sertlik), R<sup>2</sup>: 0,478(Esneklik), R<sup>2</sup>: 0,915 (Yapışkanlık), R<sup>2</sup>: 0,960(Sakızımsılık), R<sup>2</sup>: 0,956(Çiğnenebilirlik)