

T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PROPOLİS VE *Alchemilla persica* İLE HAZIRLANMIŞ DOĞAL
KATKI MADDESİNİN MODEL GIDA ÜRÜNÜNDE KORUYUCU
ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ
BÜŞRA BILDIR YOLAŞAN

ARI VE ARI ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Bülent KAYA

BİNGÖL-2025

**PROPOLİS VE *Alchemilla persica* İLE HAZIRLANMIŞ DOĞAL KATKI
MADDESİNİN MODEL GIDA ÜRÜNÜNDE KORUYUCU ETKİNLİĞİNİN
BELİRLENMESİ**

Doç. Dr. Bülent KAYA danışmanlığında, Büşra BILDIR YOLAŞAN tarafından hazırlanan bu çalışma 30/06/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Arı ve Arı Ürünleri Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan	: Prof. Dr. Yusuf MENEMEN	İmza	:
Üye	: Prof. Dr. Serpil OĞUZTÜZÜN	İmza	:
Üye	: Doç. Dr. Bülent KAYA	İmza	:
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Nurullah DEMİR	İmza	:
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Duygu Nur ÇOBANOĞLU	İmza	:

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun// tarih ve/
nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Zafer ŞİAR
Enstitü Müdürü

Bu çalışma YÖK 100/2000 Doktora ve PİKOM projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: PİKOM-KP.2023.001

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

ÖNSÖZ

Doktora tez sürecimde bana rehberlik eden, bilgi ve birikimiyle yön veren, ayrıca laboratuvar çalışmalarına sağladığı destek ve katkılardan dolayı doktora tez danışmanım Doç. Dr. Bülent KAYA'ya minnettarlığımı ifade ederim. Tez sürecim boyunca değerli bilgi ve görüşleriyle çalışmama katkı sağlayan Tez İzleme Komitesi üyeleri Dr. Öğr. Üyesi Nurullah DEMİR'e ve Dr. Öğr. Üyesi Duygu Nur ÇOBANOĞLU'na akademik rehberlikleri ve destekleri için teşekkür ederim. Ayrıca, tez ve akademik sürecimde beni yönlendiren ve değerli katkılarını esirgemeyen Bingöl Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Bayram YURT'a şükranlarımı sunarım.

Mayonez örneklerinin duyuşal değerlendirmesi, araştırma görevlisi olarak görev aldığım Bingöl Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü lisans öğrencileri tarafından yapılmış olup, analiz aşamasındaki değerli katkılarından dolayı kendilerine teşekkür ederim. Ayrıca, tez çalışmam süresince sürekli desteklerini esirgemeyen ilgili bölüm öğretim üyelerine de teşekkür ederim. Bu tez çalışması, Strateji ve Bütçe Başkanlığı ile Yükseköğretim Kurulu'nun eş güdümünde yürütülen "Bölgesel Kalkınma Odaklı Misyon Farklılaşması ve İhtisaslaşması" programı kapsamında, Bingöl Üniversitesi tarafından desteklenen "Tarım ve Havza Bazlı Kalkınma" alanındaki BÜ-THBKP-ARI, PİKOM-KP.2023.001 numaralı proje çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya katkı sunan tüm kurum ve kişilere içtenlikle teşekkür ederim.

Son olarak bana her zaman destek olup güç veren aileme minnettarlığımı ifade etmek istiyorum. YÖK 100/2000 (Yenilikçi Gıda İşleme Teknolojileri ve Gıda Biyoteknolojisi) doktora bursunu kazanıp akademik hayata atılmamdaki katkıları ve sonsuz sabırları, bu tez sürecinde bana ilham kaynağı oldu. Ayrıca, her an yanımda olup bana moral veren ve sevgiyle her aşamada destek olan eşim İbrahim YOLAŞAN'a da minnettarım. Onun desteği olmadan bu süreci bu kadar güçlü bir şekilde tamamlayamazdım.

Büşra BILDIR YOLAŞAN

Bingöl 2025

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1. Mayonez	4
2.1.1. Mayonez Üretiminde Kullanılan Hammaddeler ve İşlevleri	5
2.1.2. Mayonezde Oksidatif Bozulma ve Doğal Antioksidanların Kullanımı	7
2.1.3. Mayonezde Mikrobiyal Bozulma ve Doğal Antimikrobiyallerin Kullanımı	11
2.1.4. Mayonez Tüketimi ve Kanser Riski Arasındaki İlişki.....	16
2.2. Doğal Bileşenlerin Ekstraksiyon Yöntemleri ve Uygulamaları.....	17
2.2.1. <i>Alchemilla</i> L. Bitkisi ve Maserasyon Tekniği ile Ekstraksiyonu	18
2.2.1.1 <i>Alchemilla persica</i> Rothm. Türü	22
2.2.2. Propolis ve Süperkritik Karbondioksit Tekniği ile Ekstraksiyonu	25
2.2.2.1. Süperkritik Karbondioksit (SC-CO ₂) Ekstraksiyonu	26
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	34
3.1. Materyaller	34
3.1.1. Bitki Materyali	35
3.1.2. Propolis Materyali	36
3.2. Yöntem	36
3.2.1. Bitki Ekstraksiyonu	36
3.2.2. Propolis Ekstraksiyonu	37
3.2.3. Propolis ve <i>Alchemilla persica</i> İlaveli Mayonez Üretimi.....	38
3.2.4. Mikroskop ile Görüntü Analizi	40

3.2.5. Renk Tayini	40
3.2.6. Emülsiyon Stabilitesi	41
3.2.7. pH Tayini.....	42
3.2.8. Toplam Asitlik Tayini	42
3.2.9. Serbest Yağ Asitleri Tayini	43
3.2.10. Oksidasyon Testleri.....	43
3.2.10.1. Peroksit Sayısı	44
3.2.10.2. <i>p</i> -Anisidin Değeri	44
3.2.11. Yağ Stabilite İndeksi	45
3.2.12. Biyoaktif Bileşikler ve Antioksidan Aktivite Analizleri	46
3.2.12.1. Toplam Fenolik Madde Analizi	46
3.2.12.2. Toplam Flavonoid Madde Analizi	47
3.2.12.3. Toplam Antioksidan Kapasite Tayini.....	47
3.2.12.4. ABTS Yöntemiyle Antioksidan Aktivite Tayini	48
3.2.12.5. DPPH Yöntemiyle Antioksidan Aktivite Tayini.....	48
3.2.13. Mikrobiyolojik Analizler.....	49
3.2.13.1. Koagülaz Pozitif Stafilokokların Sayımı	49
3.2.13.2. <i>Salmonella</i> Aranması.....	49
3.2.14. Hücre Canlılığı Analizleri	50
3.2.15. Reolojik Analizler	53
3.2.16. Duyusal Analiz	54
3.2.17. Veri Analizi.....	55
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	56
4.1. Propolis ve <i>Alchemilla persica</i> İlavesinin Mayonezin Özellikleri Üzerine Etkisi.....	56
4.2. Mayonez Örneklerinin Mikroskobik Görüntüleri	58
4.3. Mayonez Örneklerinin Renk Değerleri	60
4.4. Mayonez Örneklerinin Emülsiyon Stabilite Değerleri	62
4.5. Mayonez Örneklerinin pH Değerleri.....	63
4.6. Mayonez Örneklerinin Toplam Asitlik Değerleri	65
4.7. Mayonez Örneklerinin Serbest Yağ Asitliği Değerleri	67
4.8. Mayonez Örneklerinin Oksidasyon Testleri	69
4.9. Oksidatif Stabilite (Ransimat) Testi	72
4.10. Mayonez Örnekleri ve Ekstraktların Biyoaktif ve Antioksidan Özellikleri	76

4.11. Mayonez Örneklerinin Mikrobiyolojik Özellikleri	85
4.12. Mayonez Örneklerinin Hücre Canlılığı Üzerine Etkileri	88
4.13. Mayonez Örneklerinin Reolojik Özellikleri	90
4.14. Mayonez Örneklerinin Duyusal Değerlendirilmesi	93
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	96
KAYNAKLAR	99



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

TS	: Türk Standardı
CFR	: Federal Yönetmelikler Kanunu
EDTA	: Etilendiamintetraasetik Asit
FDA	: Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
BHA	: Bütil Hidroksianisol
BHT	: Bütil Hidroksitoluen
TBHQ	: Tersiyer Bütilhidrokinon
DPPH	: 2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil
TBARS	: Tiyoobarbitürik Asit Reaktif Maddeler
GAE	: Gallik Asit Eşdeğeri
CE	: Kateşin Eşdeğeri
PC-3	: Prostat Kanseri Hücre Hattı 3
SC-CO ₂	: Süperkritik Karbondioksit
SAE	: Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonu
EFSA	: Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
GRAS	: Genel Olarak Güvenli Kabul Edilen
WI	: Beyazlık İndeksi
TA	: Toplam Asitlik
SYA	: Serbest Yağ Asitliği
PS	: Peroksit Sayısı
<i>p</i> -AD	: <i>p</i> -Anisidin Değeri
TO	: Toplam Oksidasyon
IP	: İndüksiyon Periyodu
PF	: Koruma Faktörü
DMSO	: Dimetil Sülfoksit
HPLC	: Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi
ABTS	: 2,2'-Azino-bis(3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit)
QE	: Quersetin Eşdeğeri

AAE	: Askorbik Asit Eşdeğeri
TE	: Troloks Eşdeğeri
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu
BPA	: Baird Parker Agar
RVS	: Rappaport-Vassiliadis Soya
XLD	: Xylose Lysine Deoxycholate
SS	: Salmonella Shigella
DU-145	: İnsan Prostat Kanseri Hücre Hattı
RPMI 1640	: Roswell Park Memorial Institute 1640
FBS	: Fetal Sığır Serum
XTT	: Hücre Proliferasyon Kiti
SS	: Standart Sapma
TPC	: Toplam Fenolik Madde Miktarı
TFC	: Toplam Flavonoid Madde Miktarı
TAK	: Toplam Antioksidan Kapasite
FRAP	: Ferrik İndirgeyici Antioksidan Gücü
ORAC	: Oksijen Radikal Absorbans Kapasitesi
EN	: Avrupa Standardı
CFU	: Koloni Oluşturan Birim
K	: Kıvam İndeksi
n	: Akış Davranış İndeksi
R ²	: Determinasyon Katsayısı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Suya daldırma yöntemi ile yumurtaların geleneksel pastörizasyonu.....	12
Şekil 2.2.	<i>Alchemilla persica</i> Rothm. bitkisi.....	23
Şekil 2.3.	Saf bir akışkanın faz diyagramı.....	27
Şekil 2.4.	Süperkritik akışkan ekstraksiyonu proses şeması.....	29
Şekil 3.1.	<i>Alchemilla persica</i> ekstraksiyon sürecinin şematik gösterimi.....	36
Şekil 3.2.	Propolis ekstraksiyon sürecinin şematik gösterimi.....	37
Şekil 3.3.	Mayonez üretim sürecinin şematik gösterimi.....	40
Şekil 3.4.	Işık mikroskobu.....	40
Şekil 3.5.	Renk ölçüm cihazı.....	41
Şekil 3.6.	pH metre.....	42
Şekil 3.7.	Zaman içinde lipid oksidasyonunun grafiği.....	45
Şekil 3.8.	DU-145 prostat kanseri hücre hattının mikroskopik görünümü.....	51
Şekil 3.9.	Reometre cihazı.....	53
Şekil 3.10.	Duyusal analiz formu örneği.....	54
Şekil 3.11.	Duyusal analiz örnekleri.....	55
Şekil 4.1.	Çalışma kapsamında üretilen mayonez örnekleri.....	58
Şekil 4.2.	Mayonez örneklerine ait ışık mikroskobu görüntüleri.....	59
Şekil 4.3.	Mayonez örneklerinin zamana göre peroksit sayısı değişimleri.....	69
Şekil 4.4.	Mayonez örneklerinin zamana göre <i>p</i> -anisidin değeri değişimleri.....	70
Şekil 4.5.	Ransimat cihazı ve şematik gösterimi.....	73
Şekil 4.6.	Mayonez örneklerinin ransimat testi ile belirlenen koruma faktörleri...	75
Şekil 4.7.	Gallik asit cinsinden standart kalibrasyon eğrisi.....	76
Şekil 4.8.	Mayonez örneklerinin toplam fenolik madde miktarları.....	77
Şekil 4.9.	Quercetin cinsinden standart kalibrasyon eğrisi.....	78
Şekil 4.10.	Askorbik asit cinsinden standart kalibrasyon eğrisi.....	78
Şekil 4.11.	Mayonez örneklerinin toplam antioksidan kapasiteleri.....	79

Şekil 4.12.	Troloks cinsinden standart kalibrasyon eğrisi.....	80
Şekil 4.13.	Troloks cinsinden standart kalibrasyon eğrisi.....	81
Şekil 4.14.	Mayonez örneklerinin DPPH antioksidan aktiviteleri.....	82
Şekil 4.15.	Mayonez örneklerinin bakteriyel büyümesi.....	86
Şekil 4.16.	Mayonez örneklerinin DU-145 prostat kanseri hücre canlılığına etkisi..	89
Şekil 4.17.	Mayonez örneklerinin duyusal analizine ait polar koordinat grafikleri...	95



TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Mayonez ürünlerine yönelik patent ve faydalı model başvuruları.....	6
Tablo 2.2.	Mayonez emülsiyonlarında doğal antioksidanların kullanımı.....	9
Tablo 2.3.	Yumurta pastörizasyonuna ilişkin temel gereklilikler.....	13
Tablo 2.4.	Mayonez emülsiyonlarında doğal antimikrobiyallerin kullanımı.....	15
Tablo 2.5.	<i>Alchemilla</i> L. türlerine ait ekstraksiyon yöntemleri ve koşulları.....	19
Tablo 2.6.	Propolisin süperkritik karbondioksit ile ekstraksiyon yöntemleri ve işlem koşulları.....	31
Tablo 3.1.	Çalışmalarda kullanılan kimyasal malzemeler.....	34
Tablo 3.2.	Mayonez üretimi için kullanılan formülasyonlar.....	38
Tablo 4.1.	Fonksiyonel mayonez üretim çalışmaları.....	56
Tablo 4.2.	Mayonez örneklerinin renk değerleri.....	60
Tablo 4.3.	Mayonez örneklerinin emülsiyon stabilite değerleri.....	62
Tablo 4.4.	Mayonez örneklerinin zamana göre pH değişimleri.....	64
Tablo 4.5.	Mayonez örneklerinin zamana göre toplam asitlik değişimleri.....	66
Tablo 4.6.	Mayonez örneklerinin zamana göre serbest yağ asitliği değişimleri.....	67
Tablo 4.7.	Mayonez örneklerinin zamana göre toplam oksidasyon değişimleri.....	71
Tablo 4.8.	Mayonez örneklerinin indüksiyon periyodu değerleri.....	74
Tablo 4.9.	Ekstraktların biyoaktif bileşen içeriği ve antioksidan aktiviteleri.....	83
Tablo 4.10.	Mayonez örneklerine ait gıda güvenilirliği kriterleri.....	85
Tablo 4.11.	Mayonez örneklerinin Power-Law modeli parametreleri.....	90
Tablo 4.12.	Mayonez örneklerinin duyuusal analiz sonuçları.....	93

PROPOLİS VE *Alchemilla persica* İLE HAZIRLANMIŞ DOĞAL KATKI MADDESİNİN MODEL GIDA ÜRÜNÜNDE KORUYUCU ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, mayonez üretiminde doğal antioksidan ve antimikrobiyal özellikleriyle bilinen propolis ve *Alchemilla persica* potansiyeli değerlendirilmiştir. Bu bileşenlerin, geleneksel koruyuculara alternatif olabileceği ve model ürünün fonksiyonel, raf ömrü uzun ve güvenli hale getirilebileceği ortaya konmuştur. Fizikokimyasal ve reolojik analizler, doğal ekstraktların emülsiyon stabilitesine olumlu katkı sağladığını, model ürünlerin psödoplastik akış davranışı gösterdiğini ve ticarileşmeye uygun yapı kazandığını göstermiştir. Mikroskopik incelemelerde, yağ fazının homojen dağılımı, emülsiyon başarısının ve katkıların yapıya entegrasyonunun göstergesi olmuştur. Depolama sürecinde (0, 30, 60, 90. günlerde), pH, toplam asitlik, serbest yağ asitliği ve oksidasyon analizleri yapılmış; propolis ilaveli örneklerde oksidatif bozulmanın belirgin şekilde azaldığı tespit edilmiştir. Ransimat analizinde, %0,3 propolis içeren MP-3 örneği en yüksek oksidatif stabiliteye ulaşmıştır (14,71 saat). Bu durum, propolisin belirli konsantrasyonlarda koruyucu etki sağladığını göstermektedir. Antioksidan kapasite ve fenolik içerik açısından MAP-3 örneği öne çıkmış; bu örnekte hem toplam antioksidan kapasite hem de DPPH radikal giderme etkinliği en yüksek düzeyde bulunmuştur. Propolis ve *Alchemilla persica*'nın birlikte ve %0,3 oranında kullanımı, sinerjik etkiyle ürünün biyoaktif değerini anlamlı şekilde artırmıştır. Mikrobiyolojik analizlerde, tüm örnekler TS 9777 standardına uygun bulunmuş; *Salmonella* spp. tespit edilmemiştir. Doğal katkılar, mikrobiyolojik güvenliği olumsuz etkilememiştir. Hücre canlılığı (XTT) testlerinde, yüksek dozda MP-1 ve MP-3 sitotoksik etki gösterirken, düşük dozda özellikle MAP-3 (500 ppm'de %149,07) proliferatif etki sağlamıştır. Bu bulgu, düşük konsantrasyonlarda bazı doğal katkıların hücre çoğalmasını teşvik edebileceğini göstermektedir. Ancak mekanizmasının daha fazla araştırılması gerekmektedir. Duyusal analizlerde, ticari örnek en çok beğenilen ürün olmuş; propolis ilaveli formülasyonlar ise geleneksel mayoneze yakın görünüm sunarak olumlu değerlendirmeler almıştır. Ancak bitki ekstraktları, alıılmış renkten sapma nedeniyle bazı olumsuz değerlendirmelere neden olmuştur. Genel olarak, propolis ve *Alchemilla persica* ekstraktlarının birlikte kullanımıyla geliştirilen formülasyonlar; doğal, fonksiyonel, antioksidan açısından zengin ve mikrobiyolojik olarak güvenli mayonezlerin üretilebileceğini göstermiştir. Bu bileşenler, katkı maddesi kullanımına doğal bir alternatif sunarak gıda sektöründe fonksiyonel ürün geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Propolis, *Alchemilla*, mayonez, doğal katkı maddesi, fonksiyonel gıda, biyoaktif özellikler.

DETERMINATION OF THE PRESERVATIVE EFFECTIVENESS OF A NATURAL ADDITIVE PREPARED WITH PROPOLIS AND *Alchemilla persica* IN A MODEL FOOD PRODUCT

ABSTRACT

In this study, the potential of propolis and *Alchemilla persica*, known for their natural antioxidant and antimicrobial properties, was evaluated in mayonnaise formulations. It has been demonstrated that these ingredients can be an alternative to traditional preservatives and make the model product functional, shelf-stable and safe. Physicochemical and rheological analyses indicated that the natural extracts positively contributed to emulsion stability. All samples exhibited pseudoplastic flow behavior, which is favorable for spreadability and texture, suggesting that the formulations are suitable for commercialization. Microscopic observations confirmed a homogeneous dispersion of the oil phase within the aqueous phase, indicating successful emulsion stabilization and effective integration of the natural additives. During the storage period (0, 30, 60, and 90 days), pH, total acidity, free fatty acids, and oxidation indicators (peroxide and *p*-anisidine values) were monitored. Formulations containing propolis demonstrated a notable reduction in oxidative degradation. In the Rancimat analysis, the MP-3 sample containing 0.3% propolis exhibited the highest oxidative stability (14.71 hours), highlighting propolis's preservative effect at appropriate concentrations. Regarding antioxidant capacity and phenolic content, the MAP-3 sample stood out, displaying the highest levels of total phenolics and DPPH radical scavenging activity. The combined use of propolis and *Alchemilla persica* at 0.3% showed a synergistic effect, significantly enhancing the bioactive value of the product. Microbiological evaluations showed that all samples complied with TS 9777 mayonnaise standards, with no detection of *Salmonella* spp. The natural additives did not adversely affect microbial safety. Cell viability assays (XTT) revealed significant differences among formulations in terms of cytotoxic and proliferative effects. MP-1 and MP-3 exhibited cytotoxicity at high concentrations, whereas MAP-3 showed proliferative effects at low concentrations (149.07% cell viability at 500 ppm). This suggests that low doses of natural additives may promote cell proliferation, though further studies are needed to understand the underlying mechanisms. In sensory evaluations, the commercial sample received the highest overall acceptance. Propolis-containing samples were rated similarly to the control in terms of appearance, although some plant extracts negatively affected the traditional mayonnaise color, leading to slightly lower scores. Overall, the combined use of propolis and *Alchemilla persica* extract in mayonnaise demonstrated the feasibility of producing natural, functional, antioxidant-rich, and microbiologically safe emulsified products. These natural additives offer promising potential as alternatives to synthetic preservatives in the development of functional foods.

Keywords: Propolis, *Alchemilla*, mayonnaise, natural additive, functional food, bioactive properties.

1. GİRİŞ

Gıda güvenliği, bir gıdanın kullanım amacına uygun biçimde hazırlandığında ve/veya tüketildiğinde, insan sağlığına zarar vermeyeceğine ilişkin bilimsel temellere dayanan bir güvencedir (CODEX, 2014). Gıda güvenliği, insanların genel sağlığı ve günlük yaşamı, ekonomik kalkınma, sosyal istikrar ile ülkenin imajı için oldukça önemlidir (Röhr vd., 2005). Gıda kalitesinin artırılması, besin değerinin korunması, raf ömrünün uzatılması ve gıda israfının azaltılması, kısacası gıda güvenliğinin sağlanması amacıyla gıdalara katkı maddeleri eklenmektedir (Tayfur, 2017). Ancak, katkı maddelerinin olası toksik etkilerini ortaya koyan güncel çalışmalar (Wang ve Kannan, 2019; Efenberger-Szmecnyk vd., 2021), bu maddelerin kullanımıyla ilgili tartışmaları gündeme getirmiştir. Bu bağlamda, tüketiciler özellikle sağlığı destekleyici potansiyele sahip, doğal ve biyolojik olarak aktif bileşenler içeren, katkı maddesi içermeyen yeni gıda seçeneklerine yönelik talep göstermektedir (Anjos vd., 2019; Saldaña vd., 2020; Munekata vd., 2020).

Propolis, bal arılarının ağaçların yaprak ve kabukları ile bitkilerin tomurcuk ve filizlerinden topladıkları reçineleri, mumu maddelerle karıştırarak ve ağızlarında bulunan tükürük enzimleriyle biyokimyasal olarak dönüştürdükleri, rengi koyu sarıdan kahverengiye kadar değişebilen doğal bir arı ürünüdür (Kumazawa vd., 2004; Kutluca vd., 2006; Gardana vd., 2007; Silici ve Güçlü, 2010). Propolisin kimyasal bileşimi; reçinenin toplandığı bitki türüne, iklim koşullarına, toplama mevsimine ve toplandıktan sonra geçen süreye bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Cushnie ve Lamb, 2005; De Castro vd., 2012). Arıların propolisi, kovan içindeki çatlakları kapatmak ve kovana giren işgalci canlıların ölümlerinin bozulmasını önlemek amacıyla kullandıklarının anlaşılmasından bu yana, propolis antimikrobiyal bir ajan olarak kabul görmektedir. Buna ek olarak, içerdiği fenolik bileşikler sayesinde önemli düzeyde antioksidan aktivite sergilemektedir (Cauich-Kumul ve Segura Campos, 2019). Bu nedenle, etkili bir doğal koruyucu sistem geliştirmek amacıyla, bu çalışmada doğal antioksidan ve antimikrobiyal özellikleriyle bilinen propolisin kullanım potansiyeline odaklanılacaktır.

Rosaceae familyasında yer alan *Alchemilla* bitkisi, yöresel olarak aslan pençesi olarak bilinmektedir (Hughes, 2005). *Alchemilla* türleri üzerinde yapılan biyoaktivite çalışmaları, bu bitkilerin anjiyoprotektif, antikanserojenik, antioksidan, antimikrobiyal ve antiviral aktivitelere sahip olduğunu göstermektedir (Condrat vd., 2009; Küpeli Akkol vd., 2015). Tüketiciler, bitki kaynaklı biyolojik bileşenleri, giderek daha fazla sentetik katkı maddelerine karşı güvenli bir alternatif olarak görmektedir. Bu bağlamda, *Alchemilla* bitkisinin doğal koruyucu özelliklerinin, bu çalışmada kullanılmasına karar verilmiştir.

Mayonez, bitkisel sıvı yağ, yumurta sarısı, sitrik asit veya asetik asit içeren yarı katı bir emülsiyon olup, dünya genelinde en eski ve en yaygın kullanılan soslardan biridir. Geçmişten günümüze üretimi ve tüketimi hızla artmış olup, bu artışta hızlı hazırlanan gıdalara olan talebin önemli bir rol oynadığı söylenebilir (Harrison ve Cunningham, 1985). Mayonez içeriğindeki bileşenler, tıpkı gıdalarda bulunan çoğu aktif bileşen gibi asit, sıcaklık, oksijen ve ışık gibi dış etmenlere karşı stabil değildir. Bu durum, gıda işleme süreçlerinde zorluklara yol açmakta ve aynı zamanda gıdalardaki aktif bileşenlerin korunmasına yönelik araştırmaların yapılmasına neden olmaktadır (Ye vd., 2018). Bu gibi durumlarda, gıdaların raf ömrünü, besin değerini ve kalitesini artırmak için koruyucuların eklenmesi gerekmektedir. Ancak, sentetik koruyucuların tüketicilerde negatif bir algı oluşturması, doğal aktif bileşenlerin gıdalara eklenmesini son yıllarda gıda endüstrisinde daha popüler hale getirmiştir. Bu doğrultuda, tıbbi ve aromatik bitkiler, doğal antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri nedeniyle gıdalara ilave edilmektedir. Çalışma kapsamında model ürün olarak mayonezin seçilmesinin nedeni, dünya çapında yaygın olarak tüketilen bir sos olmasıdır. Mayonez, yukarıda belirtildiği gibi yüksek miktarda sıvı yağ içermekte olup, bu durum onu oksidasyona karşı duyarlı bir ürün haline getirmektedir. Ayrıca, mayonez üretiminde yumurta sarısının kullanılması, mayonezin ısıl işlem görmemesi ve soğuk salatalarda kullanılması gibi faktörler, mikrobiyal açıdan risk oluşturan unsurlar arasında yer almaktadır.

Daha sağlıklı ürünlere olan talep, kimyasal katkı maddelerinin yerine doğal alternatiflerin kullanılmasını teşvik etmektedir. Bu nedenle, mayonezin mikrobiyal bozulmasını ve oksidasyonunu engellemeye yönelik yöntemlerin anlaşılması, raf ömrünün iyileştirilmesi açısından önemlidir. Sentetik antioksidanlara karşı duyulan olumsuz algılar nedeniyle,

doğal içerikli gıda ürünlerinin oksidatif stabilitesini artırmaya yönelik ilgi artmaktadır. Bu çalışmada, mayonez için etkili bir doğal koruyucu sistem geliştirilmesi amacıyla doğal antioksidan ve antimikrobiyal olarak propolis ve *Alchemilla persica* kullanımı incelenecektir. Ayrıca bu çalışmada, fazla yağ tüketiminin erkeklerde prostat kanseri riskini artırdığı literatürdeki bulgulara dayanarak, antikanser özelliği bilinen propolisin mayoneze uygulanarak yapılan ilk araştırma sunulmakta ve ürünün ticari hale getirilmesi için gerekli fizikokimyasal ve reolojik analizler de gerçekleştirilmektedir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Mayonez

Mayonez; salata, sos ve sandviç gibi birçok gıdanın hazırlanmasında kullanılan, kremesi ve yarı katı yapıda, açık sarı renkte ve hafif aromalı bir gıda maddesidir. Mayonez, bir yağ/su emülsiyonudur ve dağılmış faz (yağ), sulu fazdan yaklaşık yedi kat daha fazla bulunmasıyla benzersiz bir üründür (Duncan, 2004; Rasor ve Duncan, 2014). TS 9777 Mayonez Standardı'na göre ise mayonez; bitkisel sıvı yağ, yumurta ve/veya yumurta ürünleri, asitliği düzenleyiciler, diğer katkı maddeleri ve çeşni maddelerinin bir veya birkaçı ve/veya gerektiğinde içme suyu ilavesi ile tekniğine uygun olarak hazırlanana emülsiyon halinde kıvamlı bir mamuldür (TSE, 1992). Mayonezin bir emülsiyon ürünü olması, kullanılan her bir bileşenin rolünün ve hassas yapıyı oluşturmadaki işlem adımlarının anlaşılmasını gerektirir (Duncan, 2004).

Mayonez ve üretiminde kullanılan bileşenler, Mayonez Standardı'nda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Buna göre, bitkisel sıvı yağ olarak zeytinyağı, pamuk yağı, mısırözü yağı, soya yağı, ayçiçeği yağı ve diğer bitkisel yemeklik yağlardan biri veya bunların karışımları kullanılabilir. Yumurta ve yumurta ürünleri olarak ise taze yumurta, yumurta sarısı, yumurta tozu, dondurulmuş yumurta ve yumurta salamurası kastedilmektedir. Üretimde kullanılan asitlendiriciler; sirke, limon suyu, sitrik asit, laktik asit ve asetik asit gibi asitlik düzenleyici ve aroma verici maddelerden oluşur. Çeşni maddeleri ise gerektiğinde mayoneze eklenebilen yemeklik tuz, beyaz şeker, invert şeker, glukoz, hardal, meyve, sebze ve baharat ekstraktları ile süt ürünleri gibi farklı bileşenlerdir (TSE, 1992). Ulusal düzenlemelerin yanı sıra, uluslararası mayonez üretimiyle ilgili gereklilikler Federal Yönetmelikler Kanunu'nda (CFR 21.169.140) yer almakta olup, özellikle kullanılan malzemeler ve izin verilen seviyeler belirtilmiştir (CFR, 2010). Bu düzenlemeye göre, mayonezde kullanılması gereken zorunlu ve isteğe bağlı malzemeler ile işlevleri ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

2.1.1. Mayonez Üretiminde Kullanılan Hammaddeler ve İşlevleri

Mayonez, bir veya daha fazla bitkisel yağ, bir veya daha fazla asitleştirici bileşen ve bir veya daha fazla yumurta sarısı içeren bileşenler içermelidir (CFR, 2010). Bitkisel yağlar, ürünün ağırlıkça en az %65'ini oluşturmalıdır, ancak çoğu ticari mayonez yaklaşık %80 yağ içermektedir. Salata yağları, kristalleşme nedeniyle emülsiyonun parçalanmasına yol açabileceğinden, soğutulmuş sıcaklıklarda berrak olarak kullanılır. Mayonez üretiminde yaygın olarak tercih edilen yağlar arasında soya fasulyesi, kanola ve pamuk tohumu yer alır. Ayrıca, soya fasulyesi ve kanola yağları, oksidatif kararlılıklarını artırmak amacıyla kısmi hidrojenasyona tabi tutulabilir (Rasor ve Duncan, 2014).

İzin verilen asitlendirici bileşenler arasında sirke, limon suyu ve misket limonu suyu bulunur. Sirke, son asetik asit içeriği ağırlıkça en az %2,5 olacak şekilde suyla seyreltilebilir. Sirke, mayonezin lezzetini artırırken, aynı zamanda bozulmaya karşı koruyucu bir işlev de görür. Limon ve/veya misket limonu suyu ise, son sitrik asit içeriği ağırlıkça en az %2,5 olacak şekilde suyla seyreltilebilir (Rasor ve Duncan, 2014).

Yumurta sarısı içeren bileşenler arasında sıvı, dondurulmuş veya kurutulmuş yumurta sarısı ile bütün yumurtalar bulunur, ayrıca sıvı veya dondurulmuş yumurta beyazları da eklenebilir. Yumurta sarısı, emülgatör görevi gören fosfolipitler içerir. Emülsiyonu stabilize etmek için gereken yumurta sarısı miktarı, yağ ve sulu fazların miktarına ve yapısına, ayrıca yağ damlacıklarının boyutuna göre değişir (Hill ve Krishnamurthy, 2005). Yumurta sarısı içeren bileşenler, ürünün rengini, lezzetini ve dokusunu doğrudan etkilemektedir (Rasor ve Duncan, 2014).

Tuz ve tatlandırıcılar, mayonezin lezzetini artırırken, mikrobiyal bozulmaya karşı koruyucu bir rol üstlenir ve emülsiyonun stabilitesine katkıda bulunur. Baharatlar ve doğal tatlandırıcılar genellikle hardal unu, kırmızı biber ve beyaz biber içerir; safran, zerdeçal ve yumurta sarısının rengini taklit eden diğer bileşenler ise hariç tutulur. Mayonezde monosodyum glutamat kullanımına izin verilmiş olup, sağlık endişeleri nedeniyle nadiren tercih edilmektedir (Rasor ve Duncan, 2014).

Sitrik asit ve/veya malik asit, sirkeyle birlikte, sirkedeki asetik asit ağırlığının %25'inden fazla olmayacak bir seviyede eklenebilir. Sitrik asit, pro-oksitanlar olarak hareket eden eser metalleri şelatlamak için kullanılırken, malik asit ürünün lezzetini artırır ve raf ömrünü uzatır (Moustafa, 1995). Kalsiyum disodyum EDTA gibi metal bağlayıcılar, kalsiyum iyonlarını bağlar ve renk ile lezzetin korunmasına yardımcı olur. Emülsiyonun kristalleşme sürecini engelleyen veya yavaşlatan kristalizasyon inhibitörleri (oksistearin, lesitin vb.) ise yağa eklenebilir (Rasor ve Duncan, 2014). Emülsiyon, termodinamik olarak kararsız olduğu için, kararlı bir emülsiyon üretme süreci oldukça önemlidir (Ghosh ve Rousseau, 2010). Bu nedenle, bazı ticari işleme teknikleri patentle korunmaktadır. Türkiye'de mayonez ürünleri üzerine yapılan patent başvurularının kronolojik listesi Tablo 2.1'de sunulmuştur.

Tablo 2.1. Mayonez ürünlerine yönelik patent ve faydalı model başvuruları (TURKPATENT, 2024)

Başvuru Tarihi	Buluş Başlığı	Koruma Tipi
06.05.2024	Katkısız Bir Vegan Mayonez ve Bunun Üretim Yöntemi	Patent
31.12.2022	Yeni Bir Mayonezli Sos Üretim Yöntemi	Patent
16.09.2021	Tatlı Mayonez	Faydalı Model
22.07.2020	Kızarmış Piliçten Dürüm ile Dürümde Kullanılan Özel Sos ve Özel Mayonezin Yapımı Yöntemi	Patent
21.01.2020	Avokadolu Mayonez	Patent
09.12.2005	Yumurtasız Mayonez	Patent
25.09.1991	Düşük Yağlı Mayonez Ürünü ve Bunun Yapımı İçin Yöntem	Patent

Mayonez ürününe ait ilk patent başvurusu, 1991 yılında ve düşük yağlı mayonez üretim yöntemine yönelik yapılmıştır. Daha sonraki yıllarda, özellikle hayvansal ürünlerden kaçınan kişiler için uygun olan yumurtasız, avokadolu ve katkısız vegan mayonez gibi ürünler için patent başvuruları yapılmıştır. Ayrıca ürünler arasında, tatlı mayonez gibi damak zevkine uygun yiyeceklerle tüketilmek üzere faydalı model başvurusu da bulunmaktadır. Bunların yanı sıra mayonez üretimindeki son trendler arasında aromalı ürünler, omega-3 yağ asitleri ve bitki sterolleri ve stanolleri ile güçlendirme, ayrıca geleneksel olmayan yağların (zeytinyağı gibi) kullanımı öne çıkmaktadır (Rasor ve Duncan, 2014).

2.1.2. Mayonezde Oksidatif Bozulma ve Doğal Antioksidanların Kullanımı

TS 9777 Mayonez Standardı'na göre bitkisel yağların ürün ağırlığının en az %75'ini oluşturması gerekirken (TSE, 1992), Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) ise mayonez bileşiminde en az %65 bitkisel sıvı yağ bulunmasını ve emülgatör olarak yumurta kullanılmasını şart koşturmaktadır (Yüceer, 2007). Mayonezin, yüksek yağ içeriği ve yumurta sarısındaki demir nedeniyle lipit oksidasyonuna yatkın olduğu bilinmektedir (Depree ve Savage, 2001; Jacobsen vd., 2001). Ayrıca mayonez bileşimindeki sirke, bir miktar iz metal içerebileceğinden, bu durum da oksidatif stabiliteyi etkileyebilir (Depree ve Savage, 2001; O'Brien, 2008). Mayonezde oksidatif bozulma yalnızca yüzeyde değil, iç kısımlarda da meydana gelebilir. Yağ damlacıklarının boyutu küçüldükçe, su ile temas eden yüzey alanı artar. Su fazında çözünmüş oksijenin varlığı ve karıştırma işlemi sırasında emülsiyona geçen hava kabarcıkları, mayonezde oksidatif bozulmayı tetikleyebilecek faktörler olarak değerlendirilmektedir (Depree ve Savage, 2001). Enerji varlığında ve katalizör eşliğinde doymamış yağ asitleri reaksiyona girerek serbest radikaller oluşturur. Bu serbest radikaller, moleküler oksijenle reaksiyona girerek peroksit radikallerine dönüşür. Reaksiyon ilerledikçe, peroksit radikalleri ya yeni serbest radikaller oluşturur ya da parçalanarak aldehit, keton ve alkollere dönüşür. Bu parçalanma ürünleri, mayonezde tat bozulmasına neden olur. Metaller, ışık ve pigmentler (karotenoidler gibi), oksidasyon reaksiyonunu katalizleyerek sürecin hızlanmasına katkıda bulunur (Krishnamurthy ve Witte, 1996). Serbest radikaller ve reaktif aldehitler gibi istenmeyen bileşenlerin oluşumuna neden olan ve oksidasyona oldukça duyarlı olan mayonezin raf ömrünü uzatmak için, lipit oksidasyonunu engelleyen faktörlerin belirlenmesi ve etkili geciktirme stratejilerinin doğru bir şekilde uygulanması gerekmektedir (Shahidi ve Zhong, 2005).

Mayonezin lipit oksidasyonunun kontrol edilmesi ve etkilerinin azaltılması için dikkate alınan faktörler arasında metaller, sıcaklık, ışık, paketlenme, pH, yağların kimyasal yapısı, yağ konsantrasyonu, emülgatör çeşidi, bileşenlerin etkileri ve mayonezin fiziksel yapısı yer almaktadır (Kutlu, 2021). Mayonezde lipit oksidasyonunun kontrol edilememesi, raf ömrünün kısılmasına, renk, aroma ve besin değerlerinin azalmasına yol açar. Mayonezlerde lipit oksidasyonunu kontrol etmek için ek bileşenler gerekir ve bu amaçla, doğal koruyuculara kıyasla daha ekonomik olduğu için genellikle sentetik antioksidanlar

kullanılır (Ahmadi-Dastgerdi vd., 2017). Bu nedenle, mayonez standartlarında bazı sentetik antioksidanların belirli konsantrasyonlarda kullanımına izin verilmektedir (Sanhueza vd., 2000). Son çalışmalar, bu katkı maddelerinin olası toksik etkilerini ortaya koymuş ve kullanımlarıyla ilgili tartışmalara yol açmıştır (Wang ve Kannan, 2019; Efenberger-Szmechtyk vd., 2021). Bu durum, tüketicilerin katkı maddesi içermeyen, doğal ve biyolojik olarak aktif bileşenler içeren yeni gıda ürünlerine yönelmelerine neden olmuştur (Anjos vd., 2019; Saldaña vd., 2020; Munekata vd., 2020). Son yıllarda mayonez formülasyonlarında doğal antioksidan maddelerin kullanımına yönelik yapılan araştırmalar Tablo 2.2’de sunulmaktadır.

Mayonez üretiminde doğal antioksidanların kullanımı hem ürünün raf ömrünü uzatmak hem de fonksiyonel özelliklerini artırmak açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Yapılan çalışmalar, nane-biberiye özü, fıstık kabuğu özü, yaban turpu, avakado çekirdeği yağı, misk kavunu yağı, limon kabuğu rendesi ve susam unu gibi doğal kaynaklı antioksidanların, mayonezdeki oksidatif bozulmayı (peroksit, tiobarbitürik asit, *p*-anisidin değerleri) azaltarak lipid oksidasyonunu önlemede etkili olduğunu göstermiştir.

Ayrıca bu maddelerin fenolik içerik artırıcı etkisi, oksidatif stabiliteyi olumlu yönde etkilemiş, bazı örneklerde sentetik antioksidanlarla benzer ya da üstün performans sergilemiştir. Bu durum, özellikle sentetik antioksidanların potansiyel sağlık riskleri dikkate alındığında daha da önem kazanmaktadır. BHA (bütillenmiş hidroksianisol), BHT (bütillenmiş hidroksitoluen) ve TBHQ (tertiyer bütildihidrokinon) gibi yaygın kullanılan sentetik antioksidanların uzun vadeli tüketiminin, toksik etkiler, karaciğer hasarı, hormonal bozukluklar ve olası kanserojen etkilerle ilişkili olabileceği çeşitli bilimsel çalışmalarda rapor edilmiştir. Bu nedenle, sağlık açısından daha güvenli alternatifler olan doğal antioksidanlara yönelim giderek artmaktadır.

Bu bağlamda, doğal antioksidanların kapsülleme yöntemleriyle kullanılması, antioksidan etkinliğin daha uzun süre korunmasını sağlamış, ürün kalitesini ve tüketici güvenliğini artırmıştır. Bu sonuçlar, sentetik katkı maddelerine alternatif olarak doğal antioksidanların fonksiyonel gıda üretiminde daha geniş bir kullanım potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 2.2. Mayonez emülsiyonlarında doğal antioksidanların kullanımı

Ürün	Antioksidan	Bulgular	Referans
Nohut proteini bazlı mayonez (%70 Kanola yağı)	Nane-biberiye özütü (NB), suda çözünür tokoferoller (TS) ve yağda çözünür tokoferoller (TY) (125-250 ppm)	Kombine antioksidan sistemleri (NB+TY ve TS+TY), malondialdehit birikimi, peroksit değeri, protein karbonilasyonu ve nişasta bozunması gibi oksidasyonla ilişkili zararlı etkileri azaltmada, tek başına kullanılan antioksidanlara kıyasla daha etkili olmuştur. Bu durum, kombinasyonların sinerjik bir etki göstererek, oksidatif bozulmayı daha etkili bir şekilde engellediğini göstermektedir.	(Peters ve Contreras, 2025)
Mayonez (%75 Ayçiçek yağı)	Yaban turpu yaprak suyunun maltodekstrin/aljinat, maltodekstrin/guar zamkı ve maltodekstrin/arap zamkı bazlı kapsülleri	Özellikle maltodekstrin/aljinat içeren kapsüller, mayonez oksidasyonunu sentetik antioksidan EDTA'dan (etilendiamintetraasetik) %31,91-38,94 daha fazla başarılı bir şekilde geciktirmiştir. Geliştirilen yaban turpu kapsülleri içeren mayonezler, gıda şirketlerine doğal kaynaklı ve temiz etiketli gıdalara yönelik tüketici talebini karşılayacak farklı ürünler üretme fırsatı sunmaktadır.	(Marković vd., 2025)
Mayonez (Soya fasulyesi yağı)	Avokado çekirdeği yağı (%0, %25, %50, %75 ve %100)	Sonuç olarak, soya fasulyesi yağının avokado çekirdeği yağı ile ikame edilmesi, mayonezin fenolik içeriğini ve antioksidan aktivitesini artırarak potansiyel sağlık yararlarını güçlendirebilir. Ancak, özellikle daha yüksek ikame seviyelerinde, antioksidan özellikler ile oksidatif kararlılık arasındaki dengeye dikkat edilmesi önemlidir.	(Surin vd., 2025)
Mayonez (Rafine Ayçiçek yağı)	<i>Malva neglecta</i> (Çoban çöreği) esansiyel yağı	<i>Malva neglecta</i> esansiyel yağı 5084 ppm'de kullanıldığında, örneklerin oksidatif kararlılığı optimum seviyelerde daha etkili bir şekilde korunmuştur. Bu nedenle, mayonez raf ömrünü uzatmak ve tüketicilerin doğal ve güvenli gıda koruyucularına olan talebini karşılamak amacıyla <i>Malva neglecta</i> esansiyel yağı kullanılması önerilmektedir.	(Abbasi vd., 2025)
Mayonez (Rafine Ayçiçek yağı)	Susam, aspir ve siyah kimyon yağları (%0-20)	Soğuk preslenmiş yağ oranlarının artırılması, mayonezin toplam fenolik içeriğini 12,07 ile 13,26 mg GAE/100 g ve antiradikal aktivitesini ise %0,56 ile %4,08 arasında iyileştirmiştir. Ayrıca mayonez veya emülsiyon bazlı karışımlarda soğuk preslenmiş yağların kullanılması, gıda koruyucularının eklenmesini azaltabilir.	(Gülen vd., 2025)
Mayonez (%75-77 Kolza tohumu yağı)	Doğal derin ötektik çözücüler ve pigmentli pirinç kepeği	Sonuçlar, doğal derin ötektik çözücüler ile güçlendirilmiş mayonezlerin lipid oksidasyonunu önleyebileceğini ve özellikle betain:sakaroz:su içeren mayonezlerin lipid hidroperoksit üretimini azaltarak yüksek tokoferol seviyelerini (0,97 g/kg yağ) koruyup ikincil oksidasyondan kaynaklanan uçucu bileşikleri azalttığını göstermiştir.	(Siripattanakulkajorn vd., 2025)
Mayonez (Soya fasulyesi yağı)	Fıstık kabuğu özütü (1-2 mg)	Oksidatif parametrelerle ilgili bulgular, fıstık kabuğu özütünün BHT + EDTA kombinasyonuna benzer veya daha yüksek stabilite sağlayabileceğini göstermektedir. Bu sonuçlar, emülsiyon gıdalarda kullanılabilecek doğal bir antioksidan katkı maddesi geliştirmek için temel oluşturur.	(Bodoira vd., 2024)
Mayonez (Rafine Ayçiçek yağı)	Saf ve kapsüllenmiş hardal esansiyel yağı	Depolama süresince mayonez örneklerinin oksidatif kararlılığı azalmış, koruyucu içermeyen kontrol örneği en yüksek peroksit değerini (3,59 meq O ₂ /kg yağ) gösterirken, 4096 ppm kapsüllenmiş hardal esansiyel yağı içeren örnek (2 meq O ₂ /kg yağ) TBHQ'yu (1,84 meq O ₂ /kg yağ) takip ederek daha iyi oksidatif kararlılık sağlamıştır.	(Goli vd., 2024)

Tablo 2.2. (Devam) Mayonez emülsiyonlarında doğal antioksidanların kullanımı

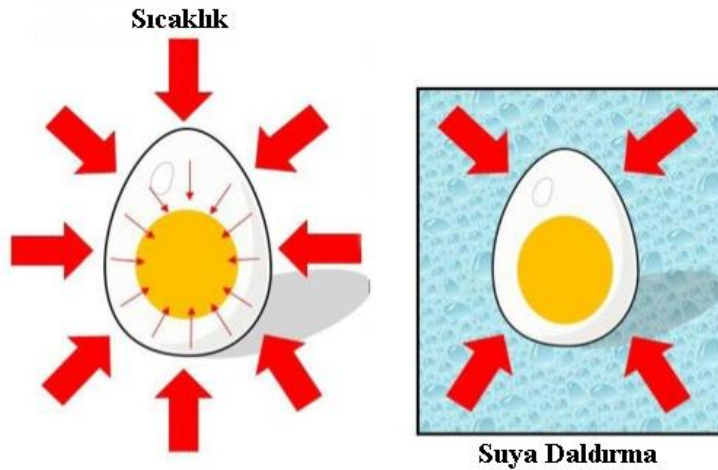
Ürün	Antioksidan	Bulgular	Referans
Az yağlı aquafaba vegan mayonez (%60-80)	Narenciye pektini-üzüm çekirdeği polifenol özütü (%1)	Üzüm çekirdeği polifenolleri, mayonezin antioksidan aktivitesini artırarak 54,72 µmol Troloks/mL seviyesine ulaştırdı. Bu çalışma, narenciye pektini ve üzüm çekirdeği polifenol özütü kombinasyonunun, azaltılmış yağlı vegan emülsiyon gıdaların antioksidan potansiyelini artırmada etkili olduğunu göstermiştir.	(Büyük vd., 2024)
Mayonez (%60 Soya fasulyesi yağı)	Kazein hidrolizatları ve kapsüllenmiş kazein hidrolizatları (100-200 ppm)	Kazein hidrolizatlarının 100-200 ppm eklenmesi oksidasyonu (peroksit, tiyobarbiturik asit, <i>p</i> -anisidin ve Totoks endeksleri) azaltırken, kapsüllenmiş formu daha etkili olup TBHQ ile benzer performans göstermiştir.	(Sanei ve Shahab Lavasani, 2024)
Mayonez (%75 Ayçiçek yağı)	Yaban turpu kök suyunun maltodekstrin/aljinat, maltodekstrin/guar zamkı ve maltodekstrin/arap zamkı bazlı kapsülleri	Kapsüller, -18 °C'de 6 ay boyunca fenolik içeriğini korurken, peroksit ve <i>p</i> -anisidin değerleri ile hızlandırılmış oksidasyon kararlılığı analizleri, mayoneze eklenen yaban turpu kapsüllerinin, oksidatif kararlılığı koruma konusunda sentetik antioksidana kıyasla daha etkili olduğunu ortaya koymuştur.. Bu sonuçlar, kapsüllenmiş yaban turpu kökü suyunun gıdalarda doğal antioksidan olarak oksidasyonu önleyebileceğini göstermektedir.	(Marković vd., 2024)
Mayonez (%70 Soya yağı)	Olgunlaşmamış mandalina içeriğine sahip meyve suları (%0, %25, %50, %75 ve %100)	Olgunlaşmamış mandalina suyu, mayonezin asit ve peroksit değerlerini düşürerek daha iyi korunmasını sağlamıştır. Bu nedenle, olgunlaşmamış mandalina suyu miktarının artması mayonezlere üstün işlevsellik sağlamıştır.	(An vd., 2024)
Mayonez (%65 Ayçiçek yağı)	Topuz diken (Echinops setifer) (%1, %2 ve %3)	%3 topuz diken içeren formülasyon, kontrolden daha yüksek fenolik içerik ve antioksidan özellik gösterirken, 60 gün boyunca 4 °C'de antioksidan stabilitesini korumuştur.	(Nemati ve Hesarinejad, 2024)
Az yağlı mayonez (Ayçiçek, kanola ve mısır yağı) (%66, 64, 62 ve 60)	Tatlı patates tozu (%0, %2, %4 ve %6)	Sonuçlar, tatlı patates tozunun mayonezin antioksidan aktivitesini (%2,63-31,6), besin içeriğini ve raf ömrü stabilitesini 21 günlük depolama süresince önemli ölçüde iyileştirdiğini, ayrıca yağ/su gıda emülsiyonları için sentetik antioksidanlar ve stabilizatlara önemli bir alternatif ve güçlendirici olabileceğini göstermektedir.	(Umer vd., 2024)
Mayonez (%60, 70, 80, 90 ve 100 Ayçiçek yağı)	Misk kavunu yağı (%0, %10, %20, %30 ve %40)	Mayonezin DPPH ve peroksit değerlerinde gün ilerledikçe azalan bir eğilim gözlemlendi, bu da kavun çekirdeği yağının serbest radikal üretimini azalttığını ve %40 kavun çekirdeği yağı eklemenin mayonezin oksidasyonunu engelleyip serbest radikal üretimini en aza indirmede en iyi sonucu verdiğini gösterdi.	(Nishat vd., 2024)
Mayonez (Soya fasulyesi yağı %70, Mısır yağı %20, Ayçiçek yağı %10)	Susam unu (%0, %5, %8, %10, %11 ve %12) Limon kabuğu rendesi (%3)	Susam unu ve limon kabuğu rendesi ile zenginleştirilmiş mayonez, daha düşük peroksit ve <i>p</i> -anisidin değerleri ile oksidatif hasara karşı daha yüksek direnç göstermiş ve geleneksel tariflerle hazırlanan mayonezle karşılaştırıldığında daha sağlıklı bir ürün olduğunu ortaya koymuştur.	(Gaipova vd., 2024)

2.1.3. Mayonezde Mikrobiyal Bozulma ve Doğal Antimikrobiyallerin Kullanımı

Mayonez, oksidatif bozulmalara açık olmasının yanı sıra mikrobiyolojik risk de taşıyan bir üründür (Özdemir, 2019). Üründe hammadde olarak kullanılan pastörize edilmemiş yumurta sarısı/tüm yumurta *Salmonella* kontaminasyonu riskini artırmaktadır (Smittle, 2000). Mayonez üretiminde bütün yumurta kullanılabildiği gibi yalnızca yumurta sarısı da tercih edilmektedir. Yumurta sarısı, içeriğindeki “lutein” adlı renk maddesi ve mayonezde istenilen dokuyu sağlaması nedeniyle üretimde yaygın olarak kullanılmaktadır. Öte yandan, yumurta akı mayonezin rengini açsa da yüksek albümin içeriği nedeniyle stabil bir emülsiyon oluşturamamaktadır. Bu nedenle, üretimde pastörize ya da kurutulmuş yumurta sarısı kullanılması önerilmektedir (Koçak, 2006). Mikrobiyolojik kriterler açısından ise, mayonez üretiminde pastörize edilmiş yumurtanın tercih edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Weiss, 1983). Pastörize yumurta üretimiyle ilgili detaylı açıklamalar aşağıda sunulmuştur.

Yumurta Pastörizasyonu: Sıvı yumurta ürünlerinin işlenmesi sırasında, *Salmonella* ve *Escherichia coli* gibi patojenik fekal koliform mikroorganizmaların tamamen temizlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, yumurta ürünlerinin termal veya termal olmayan yöntemlerle pastörize edilmesi ya da dezenfekte edilmesi zorunludur (Yüceer, 2019). Yumurta pastörizasyonunda termal yöntemler arasında suya daldırma, sıcak hava, nemli hava, mikrodalga ve radyo frekansı gibi teknikler bulunmaktadır. Termal olmayan yöntemlerde ise ışınlama teknolojisi kapsamında elektrolize oksidatif su, morötesi ışık, darbeli ışık, ozon ve gaz plazması gibi teknolojiler kullanılmaktadır. Ayrıca kabuklu yumurtaların hızla soğutulması, güvenliği sağlamak için önemli bir adımdır (Keener, 2017).

Yumurtaların geleneksel pastörizasyonu, harici bir kaynaktan gelen ısı kullanılarak suya daldırma yöntemiyle gerçekleştirilir. Bu yöntemde, yumurtaların merkez sıcaklığının 57 °C'ye ulaşması sağlanmalı ve yumurta kabuklarına belirli bir süre sıcak su uygulanarak pastörizasyon süreci tamamlanmaktadır (Şekil 2.1). Bu sıcaklık ve zaman kombinasyonu, başta *Salmonella* olmak üzere yumurtalardaki patojenlerin en az 5 log azaltılmasını sağlamak için gereklidir (Keener, 2017).



Şekil 2.1. Suya daldırma yöntemi ile yumurtaların geleneksel pastörizasyonu (Keener, 2017)

Suya daldırma yönteminde, yumurtalar belirli bir sıcaklıktaki suda belirli bir süre tutularak, ısı işlem konveksiyon ve kondüksiyon yoluyla gerçekleştirilir. Yumurtanın merkezi istenilen sıcaklığa ulaştığında, yumurtalar oda sıcaklığında soğutulur ve ardından mumlanarak kurutulur. Uygulanan süre ve sıcaklıklar, kullanılan yöntem ve yumurtanın boyutu gibi özelliklere göre değişiklik gösterebilir. Bu yöntemle, kabuklu pastörize yumurtalar endüstride ilk kez üretilmiştir (Geveke vd., 2016). Gıda endüstrisinde sıvı bütün yumurta pastörizasyonu için çeşitli yasal düzenlemeler bulunmaktadır ve bu düzenlemeler ülkelere göre farklılık göstermektedir. Örneğin, Amerika’da pastörizasyon koşulu 60 °C’de 3,5 dakika, İngiltere’de ise 64,4 °C’de 2,5 dakika veya 70 °C’de 1,5 dakika olarak belirlenmiştir. Türkiye’de ise bu koşullar 63 °C’de 3 dakika veya 72 °C’de 15 saniye olarak uygulanmaktadır (Saribay ve Köseoğlu, 2012). Çeşitli sıvı yumurta ürünleri için pastörizasyon gereklilikleri, Tablo 2.3’te sunulmuştur.

Bahsi geçen tablodan görüldüğü gibi, yumurtanın pastörizasyon özellikleri sıcaklık, süre ve pH değerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yapılan çalışmalar, *Salmonella*’nın farklı serotiplerinin 60 °C’de ısı ile inaktivasyonunun, yumurta akında (pH 9,0), yumurta sarısına (pH 6,0) ve tüm yumurtaya (pH 7,6) kıyasla daha etkili olduğunu ortaya koymuştur (Li-Chan vd., 1995). Bu nedenle, yumurta sarısının pastörizasyonu için gereken sıcaklık, yumurta beyazına kıyasla daha yüksektir. *Salmonella* ve diğer gıda kaynaklı patojenlere karşı yumurtanın mikrobiyal güvenliğini sağlamak amacıyla, yumurta beyazının 57,5 °C’de, yumurta sarısının 61,1 °C’de en az

2,5 dakika, bütün yumurtanın ise 60 °C’de minimum 3,5 dakika pastörize edilmesi önerilmektedir (FSIS ve USDA, 2006).

Tablo 2.3. Yumurta pastörizasyonuna ilişkin temel gereklilikler (FDA, 2002; USDA, 1980)

Sıvı Yumurta Ürünü	Minimum Sıcaklık (°C)	Minimum Bekletme Süresi Gereksinimi (Dakika)
Albümin	56,7	3,5
(Kimyasal kullanılmadan)	55,6	6,2
Bütün yumurta	60,0	3,5
Bütün yumurta karışımları	61,1	3,5
(%2’den az yumurta dışı ilave içerik)	60,0	6,2
Takviye edilmiş tam yumurta ve karışımlar	62,2	3,5
(%24-38 katı madde, %2-12 yumurta dışı ilave içerik)	61,1	6,2
Tuzlu bütün yumurta	63,3	3,5
(%2 veya daha fazla tuz ilaveli)	62,2	6,2
Şekerli bütün yumurta	61,1	3,5
(%2 veya daha fazla şeker ilaveli)	60,0	6,2
Sade yumurta sarısı	61,1	3,5
	60,0	6,2
Şekerli yumurta sarısı	63,3	3,5
(%2 veya daha fazla şeker ilaveli)	62,2	6,2
Tuzlu yumurta sarısı	63,3	3,5
(%2-12 tuz ilaveli)	62,2	6,2

Salmonella’nın yanı sıra *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* ve *E. coli* O157:H7, mayonezde rastlanabilen patojen bakterilere örnek olarak verilebilir (Smittle, 2000). Ayrıca, mayonez tek başına bir risk faktörü oluşturmasa da diğer gıdalarla bir araya geldiğinde pH seviyesinin yükselmesi nedeniyle tehlike oluşturabilir. Özellikle mayonezle hazırlanan ve ısıl işlem görmeyen salatalar bu duruma örnek gösterilebilir. Bu tür ürünler uygun şekilde paketlenmez ve doğru koşullarda depolanmazsa, risk daha ciddi boyutlara ulaşabilir (Özdemir, 2019). Mayonez, salata sosu ve bu sosların kullanıldığı

salatalarda *Salmonella* ve diğer mikroorganizmaların kontrolü için doğal antimikrobiyal maddeler ek bir bariyer olarak kullanılabilir. Mayoneze birden fazla doğal antimikrobiyal maddenin eklenmesi, çoklu-bariyer teknolojisi kapsamında değerlendirilir. Çoklu-bariyer teknolojisi, gıdanın mikrobiyolojik stabilitesini, duyusal kalitesini, besin değerini ve ekonomik değerini artırmak amacıyla çeşitli koruyucu önlemlerin bir arada uygulanmasıdır. Gıdaların korunmasında kullanılan bariyerler arasında su aktivitesi, sıcaklık, asitlik, koruyucu maddeler, redoks potansiyeli ve laktik asit bakterileri gibi rekabetçi mikroorganizmalar yer almaktadır (Silva ve Franco, 2012). Gıda kaynaklı hastalık riskinin artması ve tüketicilerin sentetik koruyuculardan kaçınma eğilimi, araştırmacıları antimikrobiyal özelliklere sahip doğal koruyuculara yönlendirmiştir. Son yıllarda mayonez formülasyonlarında doğal antimikrobiyal maddelerin kullanımına yönelik yapılan araştırmalar Tablo 2.4'te sunulmaktadır.

Bu çalışmalar, farklı bitkisel kaynaklardan elde edilen esansiyel yağların ve özütlerin mikrobiyal büyümeyi sınırlayıcı etkilerini ortaya koymakta ve bu bileşenlerin raf ömrü, gıda güvenliği ve duyusal kalite açısından potansiyel faydalarını vurgulamaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, *Malva neglecta*, *Ziziphora tenuior*, kekik, hardal, avokado çekirdeği gibi bitkilerden elde edilen esansiyel yağların, patojenik bakterilere karşı önemli düzeyde antimikrobiyal aktivite gösterdiği bildirilmektedir. Özellikle *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus* ve *Enteritidis* gibi gıda kaynaklı önemli patojenlerin gelişimi bu doğal bileşikler aracılığıyla etkin şekilde sınırlandırılmıştır.

Soya fasulyesi yağı, ayçiçek yağı gibi farklı yağ bazlı formülasyonlarla yapılan uygulamalar, doğal antimikrobiyallerin taşıyıcı ortamlarla olan etkileşimini de değerlendirmiştir. Tüm bu veriler, doğal antimikrobiyal bileşenlerin yalnızca mikrobiyal kontrol açısından değil, aynı zamanda fonksiyonel gıda geliştirme süreçlerinde de değerli bir alternatif sunduğunu göstermektedir. Bu kapsamda, esansiyel yağlar ve bitkisel özütlerin geleneksel kimyasal koruyucular yerine kullanılabilirliği artmakta; tüketici sağlığını önceleyen, temiz etiketli ürünlerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Tablo 2.4. Mayonez emülsiyonlarında doğal antimikrobiyallerin kullanımı

Ürün	Antimikrobiyal	Bulgular	Referans
Mayonez (Rafine Ayçiçek yağı)	<i>Malva neglecta</i> (Çoban çöreği) esansiyel yağı	<i>Malva neglecta</i> esansiyel yağına dayalı biyolojik koruma stratejisi, mikrobiyal büyümeyi (<i>S. aureus</i> > <i>E. coli</i> O157:H7 > <i>P. aeruginosa</i> > <i>S. enteritidis</i>) etkili bir şekilde azaltmış ve önerilen konsantrasyonda (5084 ppm) esansiyel yağı kullanımı, mayonez örneğinin raf ömrünü herhangi bir olumsuz duyuşal etkiye yol açmadan 40 günden fazla uzatmıştır.	(Abbasi vd., 2025)
Mayonez (Soya fasulyesi yağı)	Avokado çekirdeği yağı (%0, %25, %50, %75 ve %100)	Mayonezde soya fasulyesi yağının avokado çekirdeği yağı ile değiştirilmesiyle, avokado çekirdeği yağı içeren mayonezin değerlendirme süresi boyunca tatmin edici mikrobiyolojik güvenliğin korunmasını sağlamıştır.	(Surin vd., 2025)
Mayonez (%65 Ayçiçek yağı)	<i>Ziziphora tenuior</i> esansiyel yağı (700 µg/g)	<i>Ziziphora tenuior</i> esansiyel yağının mayoneze eklenmesi, üç aylık depolama süresince bakteri, mantar ve maya gibi tüm mikroorganizmaların büyümesini engellemiştir. Bu bulgu, esansiyel yağın sentetik koruyuculara doğal bir alternatif olarak kullanılma potansiyelini ortaya koymaktadır.	(Khankeshizadeh vd., 2024)
Mayonez (Rafine Ayçiçek yağı)	Saf ve kapsüllenmiş hardal esansiyel yağı	Hardal esansiyel yağının mayonezde 40 günlük depolama süresince gösterdiği antimikrobiyal aktivite, serbest ve kapsüllenmiş formda uygulanmasının hedef bakterilerin büyümesini engelleyebileceğini ortaya koymuştur.	(Goli vd., 2024)
Mayonez (Ayçiçek yağı)	Defne yaprağı, biberiye, ardıç meyvesi, pitaya meyvesi ve siyah kurt üzümü meyvesi özleri ile bunların mikrokapsülleri (%1)	Antimikrobiyal tarama sonuçları, biberiye ve ardıç meyvesi özlerinin, defne yaprağı, pitaya meyvesi ve siyah goji meyvesi özlerine kıyasla önemli ölçüde daha yüksek antimikrobiyal aktivite gösterdiğini ortaya koymuştur. Sonuçlar, beş mutfak bitkisinin prebiyotik vegan mayonezlerin geliştirilmesinde biyoaktif bileşik kaynakları olarak kullanılmasının mümkün olduğunu ortaya koymuştur.	(Tumbariski vd., 2024)
Mayonez (Soya yağı)	Kekik esansiyel yağı (%0,5 ve %1,0)	Sonuç olarak, kekik esansiyel yağı, incelenen konsantrasyon ve zaman aralıklarında ev yapımı mayonezde <i>Salmonella enteritidis</i> 'in büyümesini etkili bir şekilde sınırlayarak bakteriyostatik bir etki göstermiştir.	(Pacheco vd., 2024)
Mayonez (%65 Ayçiçek yağı)	<i>Prangos ferulacea</i> uçucu yağının Tween 80 içeren nanoemülsiyon ve Arap zıncı veya sodyum kazeinat duvar malzemeleri ile stabilize edilmiş Pickering emülsiyonları (%0,1)	Tween 80 içeren nanoemülsiyon ile zenginleştirilmiş mayonez örnekleri, 40 güne kadar depolama süresince mikrobiyal sayımlar üzerinde en yüksek inhibitör etkiyi göstermiştir. Ancak, bu süreden sonra en yüksek inhibisyon, <i>Prangos ferulacea</i> uçucu yağının sodyum kazeinat duvar malzemesi ile stabilize edilmiş Pickering emülsiyonlarıyla zenginleştirilmiş örnekte gözlemlenmiştir.	(Minasian vd., 2024)

2.1.4. Mayonez Tüketimi ve Kanser Riski Arasındaki İlişki

Yağ oranı %65-70 arasında değişen mayonezin tüketiminde dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta, yüksek yağ alımıdır. Fazla yağ tüketimi, obezite, kardiyovasküler hastalıklar ve bazı kanser türleri ile ilişkilendirilmiş olup, bu tür gıdaların dengeli ve kontrollü şekilde tüketilmesi sağlık açısından büyük önem taşımaktadır (Liu vd., 2007). Birçok vaka-kontrol çalışmasından elde edilen bulgular, diyetle alınan yağın prostat kanseri riskiyle ilişkili olabileceğini ortaya koymaktadır (Mills vd., 1989; Hsing vd., 1990). Fareler üzerinde yapılan bir çalışmada, yüksek yağlı bir diyet ile prostat kanserinin büyümesi ve yayılması arasında moleküler bir bağlantı olduğu ortaya konmuştur (Chen vd., 2018). Başka bir çalışmada, prostat kanseri teşhisi konmuş 384 hastadan oluşan bir grupta, yüksek yağ tüketen erkeklerde kanserin ileri evreye ulaşma riskinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Kristal vd., 2011). Çoğu gıda maddesinin ileri prostat kanseri riskiyle ilişkisinin incelendiği çalışmada, bu ürünler ya ilgisiz ya da zayıf bir şekilde pozitif ilişkilendirilmiştir. Ancak, mayonez ve diğer kremalı salata soslarının tüketimindeki artış, istatistiksel olarak anlamlı bir pozitif ilişki gösteren tek gıda grubu olarak tespit edilmiştir (Leitzmann vd., 2004). Diyet yağı ve prostat kanseri riski üzerine yapılan prospektif bir çalışmada, doymuş yağ, tekli doymamış yağ ve alfa-linoleik asidin ileri prostat kanseri riski ile ilişkisi incelenmiştir. Alfa-linoleik asidin başlıca kaynakları arasında et, mayonez ve tereyağından elde edilen yağlar yer almaktadır. Sonuçlar, mayonez ve kremalı salata soslarının ileri prostat kanseri riski ile anlamlı bir ilişkiye sahip olduğunu göstermektedir (Giovannucci vd., 1993). Diyetel alfa-linolenik asit ve ölümcül prostat kanseri üzerine yapılan 24 yıllık prospektif bir çalışmada ise, alfa-linoleik asit içeren gıdalar arasında mayonezin, yüksek ölümcül prostat kanseri riski ile anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu saptanmıştır (Wu vd., 2018). Yüksek yağ içeriğiyle bilinen mayonezin, prostat kanseriyle ilişkilendirildiği çalışmalardan bahsedilmiştir. Bu bağlamda, çalışma kapsamında, antikanser özelliğiyle tanınan propolisin mayonez emülsiyonunda kullanılması amaçlanmaktadır. Propolis, içerdiği antioksidan ve anti-inflamatuar bileşikler sayesinde kanser hücrelerinin büyümesini engelleyebilir. Bu uygulama ile, genellikle erkekler için olumsuz etkiler taşıyan yüksek yağlı mayonez gibi bir gıdanın, propolis eklenerek potansiyel olarak sağlık üzerinde olumlu etkiler yaratması hedeflenmektedir. Bu şekilde, mayonezin olumsuz etkilerinin azaltılması ve prostat kanseri riski üzerinde koruyucu bir etki sağlanması amaçlanmaktadır.

2.2. Doğal Bileşenlerin Ekstraksiyon Yöntemleri ve Uygulamaları

Ekstraksiyon, farmasötik anlamda, bitki dokularındaki tıbbi olarak etkili bileşenlerin standart prosedürler doğrultusunda seçici çözücüler kullanılarak inert maddelerden ayrılması işlemidir. Bu prosedürlerin temel amacı, terapötik etkisi olan bileşenleri elde ederken, etkisiz maddeleri uzaklaştırmaktır. Elde edilen ekstraktlar tıbbi kullanıma uygun hale gelir. Bu nedenle ekstraksiyon süreçlerinin standardizasyonu, tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen ürünlerin kalitesini belirlemede kritik bir rol oynar (Handa, 2008). Gerçekten de çözücü türü, sıcaklık koşulları, ekstraksiyon tekniği ile ekstraksiyon süresi gibi değişkenlerin, bir gıdanın işlevselliği üzerinde belirleyici rol oynayabileceği ve bu parametrelerin, her gıdanın özgün kimyasal bileşimine göre özelleştirilebileceği bilinmektedir (Putnik vd., 2018).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin endüstriyel işlenmesi, çeşitli teknolojiler kullanılarak aktif bileşenlerin ektrakte edilmesiyle başlar. Tıbbi bitki ekstraksiyon genel teknikleri arasında maserasyon (bekletme), infüzyon (demleme), perkolasyon (süzdürme), digestiyon (ılımlı ısıda bekletme), dekoksasyon (kaynatma), sıcak sürekli ekstraksiyon (Soxhlet yöntemi), fermentasyonla yapılan sulu-alkollü ekstraksiyon, karşı akım ekstraksiyonu, mikrodalga destekli ekstraksiyon, ultrasonik ekstraksiyon (sonikasyon), süperkritik akışkan ekstraksiyonu ve hidroflorokarbon çözücülerle yapılan fitonik ekstraksiyon yer alır. Ekstraksiyon sonunda elde edilen bu ürünler genellikle oral ya da harici kullanım için tasarlanmış, saf olmayan sıvı, yarı katı veya toz formundadır ve alkaloidler, glikozitler, terpenoidler, flavonoidler ve lignanlar gibi pek çok tıbbi bitki metabolitinin karmaşık karışımını içerir (Handa, 2008).

Tıbbi bitkilerin genel ekstraksiyon yöntemlerinin başında maserasyon (bekletme) yöntemi gelmektedir. Bu yöntemde, bütün halde ya da kaba şekilde toz haline getirilmiş ham bitkisel madde, bir çözücü ile ağzı kapalı bir kap içine konur ve oda sıcaklığında ara ara çalkalanarak bekletilir. Bu süre zarfında çözünür maddeler çözücüye geçer. Süre sonunda karışım süzülür, geriye kalan nemli katı madde preslenerek içindeki sıvı da alınır ve elde edilen sıvılar birleştirilir. Son olarak, çözelti bir süre dinlendirildikten sonra süzme veya sıvıyı dikkatlice ayırma (dekantasyon) yöntemiyle berraklaştırılır (Handa, 2008).

2.2.1. *Alchemilla* L. Bitkisi ve Maserasyon Tekniği ile Ekstraksiyonu

Alchemilla L. cinsine ait bitki türleri, halk arasında “Hanımefendi mantosu” veya “Aslan pençesi” olarak adlandırılmakta olup, ağırlıklı olarak Avrupa ve Asya kıtalarında; özellikle kuzeydoğu Anadolu (Türkiye), Irak’ın kuzey bölgeleri ve İran’ın kuzeybatısında yayılış göstermektedir (Sepp ve Paal, 1998). Türk geleneksel halk hekimliğinde, *Alchemilla* L. türleri yöresel olarak “fındık otu” veya “aslan pençesi” isimleriyle anılmakta ve çeşitli tedavi amaçlarıyla kullanılmaktadır (Ozbek vd., 2017). Türkiye florasında *Alchemilla* L. cinsi, 35’i endemik olmak üzere toplam 82 tür ile temsil edilmektedir (Ayaz, 2012). Bu cinse ait sistematik sınıflandırma aşağıda sunulmuştur (Davis, 1982; Tanker vd., 2014).

Alem: Plantae (Bitkiler)

Bölüm: Spermatophyta (Tohumlu Bitkiler, Çiçekli Bitkiler)

Alt Bölüm: Angiospermae (Kapalı Tohumlu Bitkiler)

Sınıf: Dicotyledones (İki çenekliler)

Alt Sınıf: Dialypetalae (Ayrıpetaliller)

Takım: Rosales

Familya: Rosaceae

Cins: *Alchemilla* L.

Alchemilla ismi, Arapça *Alkemelych* (simya) kelimesinden türetilmiştir. Bitkinin, halk arasında iyileştirici ve gizemli güçlere sahip olduğuna inanılması bu adlandırmaya temel oluşturmuştur. Latin yazarlar, yapraklarındaki çiğ tanelerinin simyacı gibi saflaştırılarak hastalıkların tedavisinde kullanıldığını düşünmüşlerdir (Wood, 1997). Avrupa Farmakopesi 6.0, *Alchemilla* bitkisini çeşitli farmakodinamik özelliklere sahip tıbbi bir ajan olarak tanımlamaktadır (European Pharmacopoeia, 2008). Yapılan çalışmalar, *Alchemilla* L. türlerinin antioksidan, antibakteriyel, antiviral, antiinflamatuvar etkilerinin yanı sıra, sıçanlar üzerinde yapılan deneylerde yara iyileştirici özellikler gösterdiğini ortaya koymuştur (Boroja vd., 2018). Çeşitli çalışmalar, *Alchemilla* L. türlerinin farmakolojik aktivitelerinden sorumlu bileşikler arasında terpenler, hidrokarbonlar, yağ asitleri, bu asitlerin esterleri ve aldehitlerin yer aldığını göstermiştir (Karaoğlu ve Yılmaz, 2018). Ayrıca, antioksidan ve antimikrobiyal etkilerden sorumlu başlıca aktif bileşikler arasında tanenler (gallik ve ellagik asit türevleri) ile flavonoidler (kuersetin, luteolin ve proantosiyaniidinler) bulunmaktadır (Shrivastava vd., 2007).

Bir ekstraktın kalitesini etkileyen temel faktörler, kullanılan bitki parçaları, ekstraksiyon için seçilen çözücü, kullanılan ekipman türü ve üretim sürecidir. Doğru ekstraksiyon yönteminin, bitki materyali, ekipman, çözücü ve iyi üretim uygulamaları ile kullanılması, kaliteli bir ekstrakt elde edilmesini sağlar. Laboratuvar ölçeğinden pilot ölçeğe kadar, tüm koşullar ve parametreler, başarılı bir şekilde endüstriyel üretime geçebilmek için süreç simülasyonu kullanılarak modellenebilir (Handa, 2008). Bu amaçla, *Alchemilla* L. türleri üzerine yapılan literatür çalışmalarında kullanılan ekstraksiyon yöntemleri derlenerek Tablo 2.5’te sunulmuştur.

Tablo 2.5. *Alchemilla* L. türlerine ait ekstraksiyon yöntemleri ve koşulları

Örnek	Ekstraksiyon Tipi	Çözücü	Çözücü Bileşimi	Ekstraksiyon Sıcaklığı	Ekstraksiyon Süresi	Referans
<i>Alchemilla holotricha</i> Juz.	Sıralı ekstraksiyon	Hekzan, diklorometan, etil asetat, metanol, distile su	-	-	24 saat	(Kaya vd., 2024)
<i>Alchemilla vulgaris</i>	Maserasyon + Ultrasonik banyo	Damıtılmış su	10 g:100mL	60 °C	1 saat	(Anajirih vd., 2024)
<i>Alchemilla pseudocartalinica</i> Juz.	Maserasyon	Metanol	20g:500mL	25 °C	24 saat	(Güven vd., 2024)
<i>Alchemilla lithophila</i>	Maserasyon	Metanol, su, n-hekzan	5g:50mL	27 °C	-	(Güzel, 2024)
<i>Alchemilla vulgaris</i> L.	Dekoksiyon (kaynatma)	Damıtılmış su	15g:200mL	100 °C	30 dk	(Bilušić vd., 2024)
<i>Alchemilla kiwuensis</i> Engl.	Dekoksiyon (kaynatma)	Damıtılmış su	50g:1L	100 °C	10 dk	(Foutsop vd., 2023)
<i>Alchemilla smirnovii</i>	Maserasyon + Ultrasonik banyo	Etanol (%96),	100mg:1mL	-	15 dk	(Ginovyan vd., 2023)
<i>Alchemilla vulgaris</i>	Maserasyon	Etanol	100g:1L	60 °C	2 saat	(Jelača vd., 2022)
<i>Alchemilla viridiflora</i> Rothm.	Maserasyon	Metanol	320 g	-	2 gün	(Radović vd., 2022)
<i>Alchemilla acutiloba</i>	Ultrasonik banyo	Metanol (%60)	20g:3x200mL	40 °C	45 dk	(Dos Santos Szewczyk vd., 2022)
<i>Alchemilla mollis</i> (Buser) Rothm.	Maserasyon + Ultrasonik banyo	Metanol	-	-	24 saat + 1 saat	(Koc vd., 2021)

Tablo 2.5. (Devam) *Alchemilla* L. türlerine ait ekstraksiyon yöntemleri ve koşulları

Örnek	Ekstraksiyon Tipi	Çözücü	Çözücü Bileşimi	Ekstraksiyon Sıcaklığı	Ekstraksiyon Süresi	Referans
<i>Alchemilla mollis</i> , <i>Alchemilla persica</i>	Maserasyon + Ultrasonik banyo	Metanol (%80)	51g:150mL	Oda sıcaklığı	24 saat + 30 dk	(Kurtul vd., 2022)
<i>Alchemilla vulgaris</i>	Maserasyon + Soxhlet	Petrol eteri, etil asetat, metanol	500,28 g	-	-	(Jain vd., 2021)
<i>Alchemilla arvensis</i>	Soxhlet + Su banyosu; Maserasyon	Metanol, aseton; Damıtılmış su	20g:250mL; 5g:200mL	35 °C; 30-40 °C	-; 20dk	(Ali vd., 2021)
<i>Alchemilla alpina</i> L.	Maserasyon	Metanol (%96), etanol, kloroform	0,5g:100 mL	-	72 saat	(İnci vd., 2021)
<i>Alchemilla vulgaris</i>	Maserasyon (su banyosu)	Metanol, etanol, aseton, su, sulu aseton, metanol, etanol (%50)	1g:10mL	30 °C	120 dk	(Yazıcı, 2021)
<i>Alchemilla mollis</i> (Buser) Rothm.	Maserasyon (su banyosu)	Metanol	-	Oda sıcaklığı	3 gün	(İlgün ve Karatoprak, 2021)
<i>Alchemilla vulgaris</i> L.	Maserasyon	Metanol, hekzan, etil asetat	100g:500mL	-	48 saat	(Özbek vd., 2021)
<i>Alchemilla persica</i>	Sıralı ekstraksiyon	Hekzan, diklorometan, etil asetat, metanol, distile su	-	-	24 saat	(Kaya, 2020)
<i>Alchemilla mollis</i> (Buser) Rothm.	Maserasyon	Su, metanol	-	-	1 gün	(Sözmen vd., 2020)
<i>Alchemilla sericata</i>	Soxhlet	Hekzan (%95)	-	70 °C	4 saat	(Shafaghat vd., 2017)
<i>Alchemilla vulgaris</i> L.	Maserasyon	Metanol:kloroform (3:1)	100g:250mL	-	48 saat	(Belgüzar vd., 2019)
<i>Alchemilla vulgaris</i>	Maserasyon	Metanol (%80), etanol (%70), etil asetat (%70),saf su	-	Oda sıcaklığı	24 saat	(Vlaisavljević vd., 2019)
<i>Alchemilla vulgaris</i> L.	Maserasyon	Etanol (%70), damıtılmış su, propilen glikol (%80)	-	-	-	(Tasić-Kostov vd., 2019)
<i>Alchemilla caucasica</i> Buser	Maserasyon	Metanol	100g:300mL	Oda sıcaklığı	3 gün	(Karaoğlu ve Yılmaz, 2018)
<i>Alchemilla mollis</i> (Buser) Rothm.	Soxhlet; Geri akış; Clevenger	Hekzan, etil asetat, metanol, metanol (%50); su	100 g	-	8 saat; 3 saat	(Şeker Karatoprak vd., 2018)

Tablo 2.5. (Devam) *Alchemilla* L. türlerine ait ekstraksiyon yöntemleri ve koşulları

Örnek	Ekstraksiyon Tipi	Çözücü	Çözücü Bileşimi	Ekstraksiyon Sıcaklığı	Ekstraksiyon Süresi	Referans
<i>Allcemilla sericata</i> Rchb.	Maserasyon	Metanol	2g:20mL	4 °C	24 saat	(Murathan, 2018)
<i>Alchemilla vulgaris</i> L.	Maserasyon	Metanol	30g:150mL	Oda sıcaklığı	24 saat	(Boroja vd., 2018)
<i>Alchemilla vulgaris</i>	Maserasyon	Etanol (%80), damıtılmış su	1:100	4 °C	48 saat	(El-Hadidy vd., 2018)
<i>Alchemilla mollis</i>	Maserasyon	Etanol (%50)	1:10	-	24 saat	(Hwang vd., 2018)
<i>Alchemilla ellenbergiana</i>	Maserasyon	Hekzan, etil asetat, etanol, metanol	10g:200 mL	37 °C	24 saat	(Acet ve Özcan, 2018)
<i>Alchemilla barbatiflora</i> Juz.	Maserasyon	Metanol:su (90:10)	440 g	40 °C	6 saat	(Renda vd., 2018)
<i>Alchemilla mollis</i> (Buser) Rothm.	Soxhlet; Maserasyon (su banyosu)	Hekzan, etil asetat, metanol, bütanol; su, metanol (%70)	100 g; 50 g	40 °C	24 saat	(Şeker Karatoprak vd., 2017)
<i>Alchemilla vulgaris</i>	Maserasyon	Etanol (%50)	1g:10mL	60 °C	24 saat	(Hamid vd., 2017)
<i>Alchemilla</i> spp.	Maserasyon	Metanol (%80)	1g:3x30mL	-	24 saat	(Vitkova vd., 2015)
<i>Alchemilla vulgaris</i>	Ultrasonik banyo	Etil alkol, saf su	10g:100mL	Oda sıcaklığı, 60 °C	1 saat	(Neagu vd., 2015)
<i>Alchemilla mollis</i> (Buser) Rothm., <i>Alchemilla persica</i> Rothm.	Maserasyon	Metanol:su (80:20)	-	Oda sıcaklığı	8 saat	(Küpeli Akkol vd., 2015)
<i>Alchemilla mollis</i> (Buser) Rothm.	Maserasyon (su banyosu); Soxhlet	Su; metanol, etanol	20g:200mL; 20g:350mL	80 °C; 60 °C	12 saat	(Usta vd., 2014)
<i>A. mollis</i> (Buser) Rothm.	Maserasyon	Etanol (%0, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90)	1g:10mL	15 °C	36 saat	(Nedyalkov vd., 2014)
<i>Alchemilla glabra</i>	Maserasyon	Aseton (%80) / formik asit (%0.2)	5g:100mL	Oda sıcaklığı	1 saat	(Denev vd., 2014)
<i>Alchemilla vulgaris</i> L., <i>Alchemilla mollis</i> (Buser) Rothm.	Maserasyon	Aseton:su (8:2)	3,5g:30mL + 25 mL	5 °C	5+17=22 saat	(Duckstein vd., 2012)
<i>Alchemilla vulgaris</i>	Maserasyon	Aseton	50g:500mL	55 °C	4 saat	(Serpi vd., 2012)

Tablo 2.5. (Devam) *Alchemilla* L. türlerine ait ekstraksiyon yöntemleri ve koşulları

Örnek	Ekstraksiyon Tipi	Çözücü	Çözücü Bileşimi	Ekstraksiyon Sıcaklığı	Ekstraksiyon Süresi	Referans
<i>Alchemilla junrukeczalica</i> , <i>Alchemilla vulgaris</i>	Maserasyon	Metanol (%80)	-	-	-	(Nikolova, 2012)
<i>Alchemilla vulgaris</i>	Sıralı ekstraksiyon	Etanol (%20, 40, 70), su	20 g	Oda sıcaklığı	24 saat	(Smolyakova vd., 2012)
<i>Alchemilla mollis</i>	Ultrasonik banyo	Metanol	70g:1L	Oda sıcaklığı	30 dk	(Trendafilova vd., 2011)
<i>Alchemilla persica</i> Rothm.	Maserasyon	Metanol:su (80:20)	-	Oda sıcaklığı	8 saat	(Ergene vd., 2010)
<i>Alchemilla xanthochlora</i>	Maserasyon	Hekzan, kloroform, etil asetat, metanol, damıtılmış su	1g:20mL	50 °C	1 saat	(Ondrejovič vd., 2009)
<i>Alchemilla vulgaris</i>	Maserasyon; su banyosu	Etanol (%50)	1g:50mL 1g:30mL	-; 100 °C	48 saat; 20 dk	(Oktyabsky vd., 2009)

Tablo 2.5 incelendiğinde, *Alchemilla* L. türlerinin aktif bileşiklerinin elde edilmesi için çeşitli ekstraksiyon parametrelerinin kullanıldığı gözlemlenmiştir. Uygulanan ekstraksiyon yöntemlerinin büyük kısmının maserasyon yöntemi olduğu açıkça görülmektedir. Bununla birlikte, daha az yaygın olarak ultrasonik banyo ve Soxhlet ekstraksiyon yöntemlerine de başvurulmuştur. Ekstraksiyon işlemlerinde genellikle polar karakterdeki organik çözücüler, özellikle etanol, metanol ve aseton tercih edilmektedir (Coklar ve Akbulut, 2017). Ancak, farmasötik ve gıda sektörlerinde kullanım açısından değerlendirildiğinde, biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonunda suyun tercih edilmesi daha güvenli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır (Oomah vd., 2010). Çalışmalarda ekstraksiyon sıcaklığının genellikle oda sıcaklığında olduğu ve ekstraksiyon süresinin çoğunlukla 24 saat sürdüğü belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, *Alchemilla* L. türlerinin potansiyel fonksiyonel gıda uygulamalarında değerlendirilmesine uygun aday bitkiler olduğunu ortaya koymaktadır (İlgün ve Karatoprak, 2021).

2.2.1.1 *Alchemilla persica* Rothm. Türü

Alchemilla L. türleri arasında yer alan *Alchemilla persica*, Türkiye’de Erzurum-Kars, Murat-Van ve Hakkari bölgelerinde yetişir. Gövdesi yeşil veya sarımsı yeşil renkte, 30–

70(–100) cm boyunda, dik, yayık tüylü ve yukarılarda daha seyrek tüylüdür. Yapraklar geniş, sert, böbrek ya da dairemsi-böbrek şeklinde, 9–11 loblu, kenarları üçgenimsi dişlidir. Yaprakların her iki yüzü seyrekten yoğunu kadar tüylü olup, genellikle alt yüzü daha yoğundur. Çiçek kümesi gevşek yapılıdır; çiçek sapları tüysüzdür. Çiçekler 3,5–5,5(–6) mm genişliğinde olup, hipantiyum yayık tüylü veya nadiren tüysüzdür. Sepaller üçgenimsi, tüysüz ve genellikle dış kaliks loblarıyla aynı boydadır. (Davis, 1982). Halk arasında “Acem şebnemlisi” olarak bilinen *A. persica* bitkisine ait bir görsel, aşağıda (Şekil 2.2) sunulmaktadır.



Şekil 2.2. *Alchemilla persica* Rothm. bitkisi

Alchemilla L. türlerinin zengin flavonoid ve tanen içeriği, bu bitkilerin yüksek düzeyde antioksidan aktivite göstermelerine katkı sağlamaktadır. Bu doğrultuda, literatürde *A. persica* ile ilgili yapılmış çalışmalar aşağıda listelenmiştir.

A. persica bitkisinin toprak üstü kısımları ve köklerinin antioksidan aktiviteleri, sulu-metanollü ekstraktlarının DPPH radikali süpürme etkisi ve malondialdehit (MDA) seviyesi üzerindeki etkileri incelenerek değerlendirilmiştir. DPPH analizinde, radikal süpürücü aktivite toprak üstü kısımlar için 0,055 mg/mL, kökler için ise 0,051 mg/mL olarak belirlenmiştir. TBARS testi sonuçlarına göre MDA düzeyleri, toprak üstü kısımlar için 5,9 nmol/mL, kökler için ise 19,08 nmol/mL olarak ölçülmüştür (Ergene vd., 2010). Bu

bulgular, bitkinin toprak üstü kısımlarının köklerine kıyasla daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiğini ortaya koymuştur.

Literatürde *A. persica* türü üzerine yapılan bir çalışmada, su ve metanol ekstraktlarının fenolik ve flavonoid içerikleri karşılaştırılmıştır. Su ekstresinde toplam fenolik madde içeriği 52,747 mg GAE/g, metanol ekstresinde ise 54,155 mg GAE/g olarak belirlenmiştir. Flavonoid içerikleri ise sırasıyla su ekstraktları için 9,736 mg CE/g, metanol ekstraktları için 13,546 mg CE/g olarak tespit edilmiştir. Bu veriler, metanol ekstraktlarının hem fenolik hem de flavonoid bileşikler bakımından su ekstraktlarına kıyasla daha zengin olduğunu göstermektedir. Aynı çalışmada, artan konsantrasyonlarla birlikte hem DPPH radikali giderme aktivitesinin hem de metal şelatlama kapasitesinin anlamlı şekilde arttığı tespit edilmiştir (Topal, 2013). Bu durum, *A. persica* ekstraktlarının antioksidan potansiyelinin doz bağımlı olarak yükseldiğini göstermektedir.

Türkiye’de yapılan bir çalışmada, *A. persica* bitkisinden hekzan, diklorometan, etil asetat, metanol ve su ile farklı ekstraktlar hazırlanmış; bu ekstraktların antioksidan ve antiproliferatif etkileri çeşitli yöntemlerle değerlendirilmiştir. En yüksek toplam fenolik içeriğin etil asetat ekstresinde ($517,79 \pm 12,35 \mu\text{g GAE/mL}$) olduğu, en yüksek DPPH radikal süpürme aktivitesinin ise metanol ekstresinde ($87,46 \pm 1,48$) elde edildiği raporlanmıştır. Konsantrasyondaki artış ile bu değerlerin de arttığı bildirilmiştir. Toplam indirgeme kapasitesinde etil asetat ekstresi öne çıkarken, hidrojen peroksit giderme etkisi hekzan, hidroksil radikal uzaklaştırma etkisi ise yine etil asetat ekstresinde belirgin bulunmuştur. Ayrıca, su ve sulu metanol ekstraktlarının PC-3 prostat kanseri hücre hatlarında hücre büyümesini baskıladığı, en yüksek antiproliferatif etkinin ise $250 \mu\text{g/mL}$ dozunda metanol ekstresinde gözlemlendiği bildirilmiştir (Kaya, 2020).

Bir çalışmada, *Alchemilla mollis* ve *Alchemilla persica* türlerinin biyoaktif özellikleri ile fitokimyasal bileşenleri detaylı olarak incelenmiştir. Avrupa Farmakopesi’nde tanımlanan yöntem doğrultusunda, her iki türün toplam fenolik madde ve tanen içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, *A. mollis*’in toplam fenolik madde içeriği $357,00 \pm 75,80 \text{ mg PGE/g}$ bitki materyali iken, *A. persica*’da bu değer $282,50 \pm 28,70 \text{ mg PGE/g}$ olarak saptanmıştır. Tanen içerikleri ise sırasıyla %18,02 ve %18,63 olarak ölçülmüştür. Ayrıca, kateşin düzeyleri açısından yapılan analizde, en yüksek kateşin

içeriği *A. persica* köklerinde $6,69 \pm 0,05$ g/100 g bitki materyali olarak tespit edilmiştir (Kurtul vd., 2022). Bu veriler, her iki türün de işlevsel gıda bileşeni olarak değerlendirilebilecek önemli fitokimyasal özellikler taşıdığını ortaya koymaktadır.

Endüstriyel gıda üreticileri, ürünlerin raf ömrünü uzatmak, besin değerini korumak ve zararlı bileşiklerin oluşumunu engellemek amacıyla sıklıkla yüksek yoğunluklu sentetik antioksidanlar kullanmaktadır (Jiangning vd., 2005). Ancak bazı ülkeler, potansiyel sağlık riskleri nedeniyle bu tür sentetik antioksidanların kullanımını yasaklamıştır. Önümüzdeki dönemde daha fazla ülkenin bu yasaklara katılması öngörülmektedir. Bu nedenle, sentetik antioksidanların doğal alternatiflerle değiştirilmesine yönelik çalışmalar önem kazanmıştır (Suja vd., 2005). *Alchemilla persica*'nın, BHA, BHT ve Troloks gibi yaygın sentetik antioksidanlara kıyasla daha yüksek antioksidan aktivite göstermesi; standart antibakteriyel maddelere karşı anlamlı düzeyde etkinlik sergilemesi ve metanol ile su ekstraktlarının kanser hücreleri üzerinde yüksek sitotoksik etki oluşturması, bu bitkinin doğal bir gıda katkı maddesi olarak kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, yapılacak ileri düzey araştırmalarla tamamen doğal ve yenilikçi bir gıda katkı maddesi geliştirilmesi mümkün olabilir (Kaya, 2020).

2.2.2. Propolis ve Süperkritik Karbondioksit Tekniği ile Ekstraksiyonu

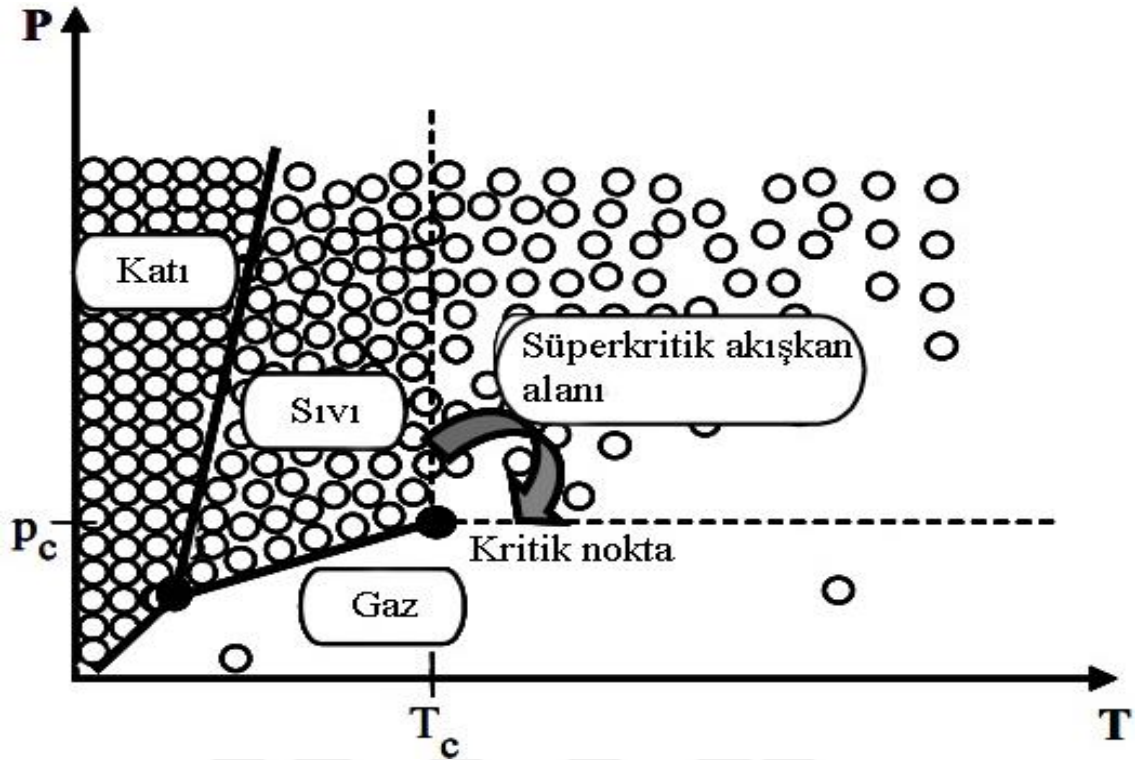
Propolis, arıların çeşitli ağaç ve bitkilerin sürgün ve yapraklarından topladıkları maddeleri, polen ve enzimlerle birleştirerek işlediği reçinemsî bir üründür (Burdock, 1998; Freitas vd., 2019; Pobiega vd., 2019). Propolisin görünümü sarı, yeşil, kahverengi veya kırmızı gibi farklı tonlarda olabilir. Rengi ve özellikleri, bitki kaynağı, toplama mevsimi, mevsimsellik ve coğrafi köken gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Andrade vd., 2017; Andrade vd., 2018). Bu matris, kozmetik formülasyonlarında, farmasötik ürünlerde ve gıda maddelerinde yaygın olarak kullanılmakta olup, bu nedenle doğal kaynaklardan elde edilen en faydalı ürünlerden biri olarak kabul edilmektedir (Gregory vd., 2002; Shokri vd., 2017). Son yıllarda, tüketicilerin fonksiyonel gıdalara yönelik ilgisinin artmasıyla birlikte, propolisin gıda bileşeni olarak kullanımında belirgin bir yükseliş gözlemlenmektedir. Ancak, propolisin gıdalara entegre edilmesi çeşitli teknolojik zorlukları da beraberinde getirmektedir. Özellikle, propolisin suda düşük çözünürlüğe sahip olması ve kendine özgü keskin tat ve

kokuya sahip olması, ürünün duyuşal özelliklerini olumsuz yönde etkileyerek tüketici tarafından kabul edilebilirliğini azaltabilmektedir. Ayrıca, propolisin biyolojik etkinliğı, uygulanan gıda işleme koşullarına bağılı olarak önemli ölçüde değışebilmektedir (Irigoiti vd., 2021). Ham propolis doğrudan ham madde olarak kullanılamadığı için saflaştırılması gerekmektedir. Bu işlem, mumsu bileşenleri uzaklaştırırken polifenol fraksiyonunu korumalıdır. Propolisten biyoaktif bileşiklerin elde edilmesinde yaygın olarak kullanılan endüstriyel ekstraksiyon yöntemi ise infüzyondur. Bu yöntemde örnek, günler, haftalar veya aylar boyunca bir ekstraksiyon çözücüsüne daldırılır. Ancak bu süreç, endüstriyel ölçekte önemli miktarda zaman gerektirirken düşük verimle sonuçlanmaktadır (López vd., 2014; Graikou vd., 2016; Doi vd., 2017).

Doğal ürünlerden ekstrakt elde etmek için solvent ekstraksiyonu, maserasyon ve vakumla damıtma gibi klasik yöntemlerin yerine kullanılabilecek yeni ekstraksiyon yöntemleri araştırılmaktadır (Pereira ve Meireles, 2010). En umut verici yöntemlerden biri, özellikle ekstraksiyon sıvısı olarak süperkritik karbondioksit (SC-CO₂) kullanan süperkritik akışkan ekstraksiyonudur (SAE). Bu teknoloji, kimyasal, petrokimya, farmasötik, çevre ve gıda süreçleri gibi farklı alanlarda etkili olduğı kanıtlanmış ve esasen temiz bir teknoloji olarak kabul edilmiştir (Machado vd., 2013). SC-CO₂ kullanımı, kısa işlem süresi ve yüksek yayılma sayesinde kütle transferini iyileştirir, böylece temel gıda bileşenlerinin korunmasına olanak tanır ve besin öğelerinin minimum düzeyde bozulmasını sağlar (Sanli vd., 2012).

2.2.2.1. Süperkritik Karbondioksit (SC-CO₂) Ekstraksiyonu

Doğada maddeler, katı, sıvı veya gaz halinde bulunur ve her maddenin kendine özgü bir kritik sıcaklık (T_c) ve kritik basınç (P_c) noktası vardır. Maddelere, kritik sıcaklık ve kritik basıncın üzerindeki koşullar uygulandığında, “süperkritik akışkan” olarak adlandırılan dördüncü bir durum ortaya çıkar (Çolak ve Tülek, 2003). Süperkritik akışkanlar, sıvı ve gazların özelliklerini bir arada barındıran “hibrit” sistemlerdir. Küçük sıcaklık veya basınç değışimleriyle kolayca iki fazdan birine dönüşebilirler. Bu nedenle, viskoziteleri ve difüzyon özellikleri gaza çok benzerken, yoğunlukları sıvılarla benzerdir (Aymonier vd., 2007). Şekil 2.3’te saf bir akışkanın faz diyagramı verilmiştir.



Şekil 2.3. Saf bir akışkanın faz diyagramı (Aymonier vd., 2007)

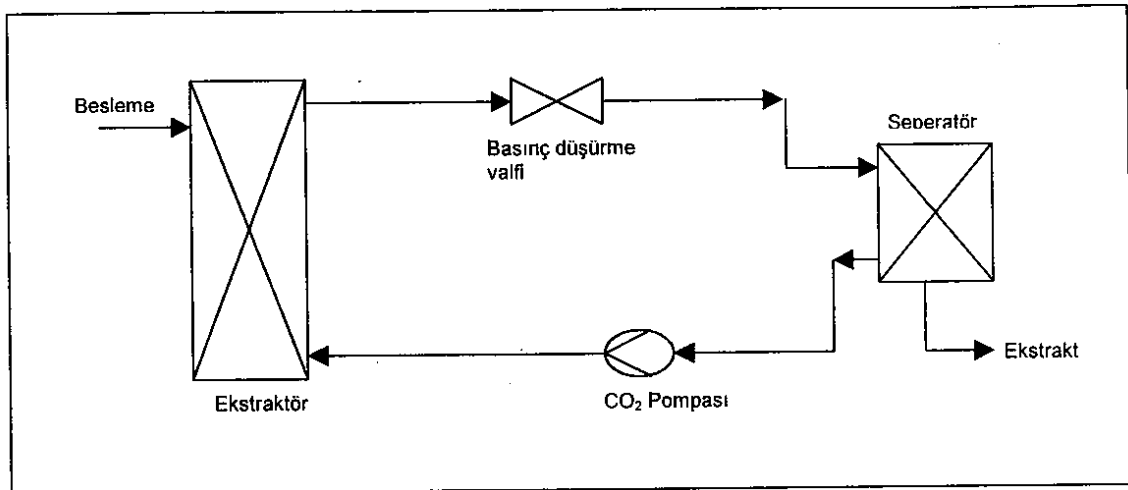
Süperkritik akışkan alanı, her üç fazın bir arada bulunabileceği sıcaklık ve basınç koşullarını ifade eder. Kritik nokta ise bir maddenin sıvı ve gaz hallerinin dengede olabileceği en yüksek sıcaklık ve basıncı gösterir (Çolak ve Tülek, 2003). Bu noktada, süperkritik akışkan fizikokimyasal özellikleri açısından sıvı ile gaz arasında bir konumdadır. Süperkritik akışkan durumundaki çözücülerin yüksek yoğunluğu, onlara yüksek bir çözme gücü kazandırırken, yüksek difüzyon ve düşük viskozite değerleri ise katı matrislerde istenilen penetrasyon gücünü sağlar (Reverchon ve De Marco, 2006). Difüzyon kabiliyetinin artması ve viskozitenin düşmesi, kütle aktarımını olumlu yönde etkiler ve ekstraksiyon süresini kısaltır (Morgan, 2000). Sahip oldukları bu özelliklerin etkin bir şekilde kontrol edilmesi, süperkritik akışkanların ekstraktabilitesinin değiştirilebilmesini sağlar. Bu durum, süperkritik akışkanların çözücü olarak gıda araştırmalarından pestisit analizlerine kadar geniş bir alanda kullanılmasına olanak tanır (Ahmad vd., 2019). Gıda çalışmalarında süperkritik akışkan ekstraksiyonuna dayalı yöntemler, 1970’li yıllarda Almanya’da kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle şerbetçiotu, kahve, çay, tütün ve baharatlar gibi pek çok ürünün süperkritik akışkanlarla ekstraksiyonunu içeren birçok patent alınmıştır (Hışıl ve Ünlü, 1996). SAE, farklı

proseslerde yaygın olarak kullanılır; bunlar arasında et ürünlerinde yağ miktarının azaltılması, lipitte çözünen vitaminlerle zenginleştirme, bitkilerden tıbbi bileşenlerin ve alkaloidlerin elde edilmesi, meyve ve sebzelerden esansiyel yağların, yağ asitlerinin ve biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu, farklı kaynaklardan aroma bileşenlerinin ekstraksiyonu ayrıca antioksidanların ekstraksiyonu gibi uygulamalar bulunmaktadır (Morgan, 2000; Brunner, 2005; Herrero vd., 2010; Ahangari vd., 2021). SAE, ekstraksiyon süresini kısaltması, daha az organik çözücü tüketimi ve termo-duyarlı maddeler için uygun olması gibi avantajlarıyla, doğal ürünlerden biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu için yenilikçi bir gıda işleme teknolojisi olarak öne çıkmaktadır (Viganó vd., 2015). Süperkritik akışkanlarla yapılan ekstraksiyon için birçok bileşik kullanılabilir (etilen, metan, azot, ksenon veya florokarbonlar gibi), ancak güvenlik ve düşük maliyet nedeniyle karbondioksit en çok tercih edilen çözücüdür (Sihvonen vd., 1999; Akinlua vd., 2008).

Süperkritik akışkan ekstraksiyonu kısaca, bir maddenin süperkritik koşullardaki bir akışkanda çözünmesi ve ardından basıncın düşürülmesiyle akışkandan ayrılmasını içeren bir süreç olarak tanımlanabilir (Brunner, 2005). Birçok süperkritik akışkan arasında en yaygın kullanılan çözücü süperkritik karbondioksit (SC-CO₂)'dir. Çözücü olarak SC-CO₂'nin tercih edilmesinde, ucuzluğu, doğada saf halde kolayca bulunabilmesi, yanıcı ve toksik olmaması ile diğer organik çözücülere kıyasla çevre dostu olması gibi avantajlar önemli rol oynamaktadır. Ayrıca bu molekül, FDA (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi) ve EFSA (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi) tarafından "genel olarak güvenli" (GRAS) kategorisinde değerlendirilmiştir (Morgan, 2000; Herrero vd., 2010). Bir diğer avantaj, SC-CO₂'nin düşük kritik sıcaklık (30,9 °C) ve basınç (73,8 atm) değerlerinin, oda sıcaklığına yakın koşullarda uygulama yapılmasına olanak tanımasıdır. Ayrıca, SC-CO₂'nin gaz formunda olması, üründen kolayca ayrılmasını sağlayarak bileşiklerin geri kazanımını basitleştirir ve çözücü kalıntısı içermeyen ekstraktlar elde edilmesine imkân tanır (Herrero vd., 2010; Ahangari vd., 2021). Yukarıda belirtilen avantajları nedeniyle, SC-CO₂'nin özellikle gıda sanayisinde kullanımı önerilmektedir. Triflorometan (CHF₃) ve klorotriflorometan (CClF₃) gibi kimyasallar kritik noktalara karbondioksit göre daha kolay ulaşılabilir de insan ve hayvan sağlığı üzerindeki zararlı etkileri nedeniyle genellikle SC-CO₂ tercih edilmektedir (Nakamura vd., 1988). SC-CO₂'nin başlıca dezavantajı, CO₂'nin non-polar bir özellik göstermesi nedeniyle polar maddeler için iyi bir çözücü

olmamasıdır. Polar maddelerin çözünürlüğünü artırmak için, polar yapıya sahip organik yardımcı çözücüler kullanılır. Yardımcı çözücüler, süperkritik akışkanın polaritesini değiştirerek çözünürlük probleminin üstesinden gelmesine yardımcı olur ve çözücü gücünü artırır (Çolak ve Tülek, 2003; Herrero vd., 2010). SC-CO₂'nin polar maddelerdeki çözücü gücünü artırmak için yardımcı çözücü olarak genellikle etanol kullanılır, çünkü etanolün düşük kaynama noktası ve gıdaya uygulanabilir olması avantaj sağlar (Modey vd., 1996; Uddin vd., 2015).

Süperkritik ekstraksiyon prosesi, temel olarak ekstraksiyon ve ayırıştırma (separasyon) olmak üzere iki adımdan oluşur. Ekstraksiyon, katı, sıvı veya yoğun bir matrise uygulanabilir; SC-CO₂ ekstraksiyonunda ise araştırmaların çoğu ve endüstriyel uygulamalar katı matristen ekstraksiyonu kapsar (Martinez, 2007). Katı maddeler için ekstraksiyon kesikli, sıvı malzemeler için ise sürekli olabilir. Ekstrakt edilecek malzeme, belirli basınç ve sıcaklık koşullarında süperkritik akışkanla bir ekstraktör haznesine yerleştirilir. Ekstraksiyon sonrası, sıvı ve ekstrakte edilen bileşik bir ayırıcıdan geçirilir, ardından basınç düşürülerek veya sıcaklık değiştirilerek süperkritik akışkanın çözme gücü azaltılır ve bileşik ayrılır (Raventós vd., 2002). Süperkritik akışkan ekstraksiyonuna ait proses şeması Şekil 2.4'te gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Süperkritik akışkan ekstraksiyonu proses şeması (Çolak ve Tülek, 2003)

Süperkritik akışkan prosesi başlıca dört ana bileşenden oluşur: kompresör veya pompa, ekstraktör, sıcaklık ve basınç kontrol sistemi ile separatör (Yener, 2000). Süperkritik

ekstraksiyon sürecinde, öncelikle genellikle öğütülmüş olan hammadde ekstraksiyon haznesine yerleştirilir ve sistem, herhangi bir sızıntı oluşmasını önleyecek şekilde sıkıca kapatılır. Sıcaklık ve basınç istenen değerlere sabitlendikten sonra, sıvı karbondioksit bir pompa yardımıyla hedef basınca ayarlanarak ekstraktöre iletilir. Cihaz ya ısıtma ceketini kullanarak ısıtılır ya da akışkan, sisteme verilmeden önce bir ısı değiştirici plaka aracılığıyla istenilen çalışma sıcaklığına getirilir. Süperkritik karbondioksit, istenilen sıcaklık ve basınç koşullarında katı matris ile etkileşime girerek çözebildiği bileşikler çözerek ve bu bileşikler seperatöre taşır. Separatörde elde edilen özüt, saf, kalıntı içermeyen ve bozunmamış bir formdadır; bu sayede doğrudan başka işlemler için kullanılabilir. Daha sonra karbondioksit, basınç ve sıcaklık düşürülerek gaz fazına geçer ve ekstraktan ayrılır (Mukhopadhyay, 2000; Brunner, 2005; Ahmad vd., 2019).

Propolis gibi doğal matrislerden süperkritik akışkan ekstraksiyonunun ilk adımı, ilgilenilen bileşiklerin verimini en üst düzeye çıkarmak ve istenmeyen bileşiklerin birlikte ekstraksiyonunu en aza indirmek için sıcaklık ve basınç koşullarının optimize edilmesidir (Lee vd., 2007; Wang vd., 2008; Biscaia ve Ferreira, 2009; De Zordi vd., 2014; Machado vd., 2015). Bu teknik, seçicilik ve ayırma açısından oldukça etkilidir. Bununla birlikte, hedef bileşiklerin polaritesine bağlı olarak, ekstraksiyon verimini artırmak amacıyla sisteme düşük miktarda bir değiştirici veya yardımcı çözücü eklenmesi gerekebilir (Salazar vd., 2018). Organik çözücülere alternatif olarak geliştirilen SC-CO₂ ekstraksiyonunun önemi ve propolisin biyolojik potansiyeli göz önüne alındığında, bu teknolojinin propolis ekstraksiyonunda kullanımına yönelik çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Süreci etkileyen koşulları optimize etmeyi amaçlayan bu çalışmalarda, farklı tür ve coğrafi kökenlere sahip propolis örnekleri kullanılarak SC-CO₂ ile ekstraksiyon işlemi uygulanmış; optimizasyon parametreleri ve elde edilen sonuçlar Tablo 2.6'da sunulmuştur.

İlgili tablodan görüldüğü üzere, propolis ekstraktları elde etmek amacıyla SC-CO₂ uygulamalarında, özellikle yeşil tip Brezilya propolisi en fazla araştırılan tür olmuştur. Bununla birlikte, bazı çalışmalarda da görüldüğü gibi, propolis ekstraktlarının kimyasal bileşimi ve dolayısıyla biyolojik aktiviteleri, kullanılan ekstraksiyon yöntemlerine göre farklılık gösterebilmektedir (Hu vd., 2005; Cottica vd., 2011; Silva vd., 2017).

Tablo 2.6. Propolisin süperkritik karbondioksit ile ekstraksiyon yöntemleri ve işlem koşulları

Örnek	Basınç	Sıcaklık	Süre	Yardımcı Çözücü	Hedeflenen Bileşik	Referans
Yeşil propolis (Brezilya)	200 bar	40, 50, 60 °C	60 dk	Siklopentil metil eter (%10, 20 ve 30)	Toplam fenolik içeriği (TPC) ve antioksidan kapasitesi	(Sorita vd., 2025)
Propolis (İstanbul, Türkiye)	150, 250, 350 bar	50 °C	2 saat 30 dk	Etanol:su (70:30)	Toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite	(Sonverdi vd., 2024)
Propolis (Mısır)	250 bar	50 °C	-	Etanol	Antioksidan aktivite, toplam fenolikler ve toplam flavonoidler	(Amin vd., 2023)
Propolis (Kolombiya)	350 bar	50 °C	120 dk	Etanol	Fenoller ve flavonoidler, antioksidan aktivite	(Barrientos-Lezcano vd., 2023)
Yeşil Propolis (Brezilya)	350 bar	50 °C	2 saat 30 dk	Etanol:su (80:20)	Toplam fenolik bileşikler, flavonoid içeriği ve antioksidan kapasitesi	(Teixeira vd., 2023)
Yeşil propolis (Brezilya)	4000 psi	50 °C	-	Etanol	Flavonoid/Artepilin C (ARC)	(Chuang vd., 2022)
Kahverengi bal arısı propolisi (Malezya)	150, 250, 350 bar	50, 60 °C	210 dk	Hindistancevizi yağı, mısır yağı ve sadeyağ	Flavonoid	(Pattiram vd., 2022)
Kırmızı propolis (Kuzeydoğu Brezilya)	200, 100, 80 ve 1.013 bar	50 °C	-	Etanol, etanol:su (70:30)	Fenolik bileşikler	(Monroy vd., 2022)
Kavak, çam ve jujube propolisi (Çin)	30 MPa	55 °C	60 dk	Etanol:su (80:20)	Flavonoidler ve terpenler	(Sun vd., 2022)
Yeşil ve kırmızı propolis (Brezilya)	200, 300, 400 bar	40, 50, 60 °C	-	Etanol	Fenolik bileşikler	(Saito vd., 2021)
<i>Trigona</i> sp. propolis (Endonezya)	150 bar + 165,91-334,09 bar	50 °C + 33-18-66,82 °C	60+240 =300 dk	-	Flavonoidler, fenolik asitler ve ester	(Fachri vd., 2020a)
<i>Trigona</i> sp. propolis (Endonezya)	250-350 bar	50 °C	3 saat	-	Biyoaktif bileşikler	(Fachri vd., 2020b)
Kırmızı propolis (Alagoas Mangroves)	250, 350, 450 bar	31,7, 40, 50 °C	140 dk	Etanol:su (80:20)	Toplam fenoliklerin içeriği, flavonoidler, antioksidan aktivite	(Reis vd., 2020)

Tablo 2.6. (Devam) Propolisin süperkritik karbondioksit ile ekstraksiyon yöntemleri ve işlem koşulları

Örnek	Basınç	Sıcaklık	Süre	Yardımcı Çözücü	Hedeflenen Bileşik	Referans
Malezya İğnesiz Arı Propolisi	15, 25 MPa	31,7, 40, 50 °C	4 saat	Etanol	-	(Mohd Idrus vd., 2020)
Yeşil propolis (Güneydoğu Brezilya)	300 bar	50 °C	150 dk	Etanol, etanol:su (80:20)	Artepillin C	(Monroy vd., 2018)
Yeşil propolis (Brezilya)	250 bar	50 °C	118 dk	Etanol:su (80:20)	Artepillin C	(Monroy vd., 2017)
Yeşil propolis (Brezilya)	250, 350, 400 bar	40, 50 °C	-	Etanol	Antioksidan bileşikler	(Machado vd., 2015)
Propolis (İtalya)	82,3- 317,7 bar	31,6-48,4 °C	1,5-6,5 saat	-	Polifenoller	(De Zordi vd., 2014)
Yeşil propolis (Brezilya)	150, 200, 250 bar	20, 35, 50 °C	-	Etanol	DHCA, PHCA, <i>p</i> -kumarik asit, kaempferide	(Paviani vd., 2012)
Yeşil propolis (Brezilya)	150, 200, 250, 300, 350 bar	60 °C	30 dk + (1 + 2 saat)	-	Artepillin C, 3-prenil-4- hidroksisinnamik asit, <i>p</i> - kumarik asit, Kaempferide	(Paviani vd., 2010)
Yeşil propolis (Brezilya)	20 MPa	328 K	-	-	3,5-diprenil-4- hydroxycinnamic acid (DHCA)	(Wu vd., 2009)
Propolis (Güney Brezilya)	100, 150, 250 ve 300 bar	30, 40, 50 °C	7 saat	Etanol	Fenolik bileşik, flavonoid	(Biscaia ve Ferreira, 2009)
Yeşil Propolis (Brezilya)	13,8- 27,6 MPa	313-333 K	-	Etil asetat	3,5-diprenil-4- hidroksisinnamik asit (DHCA)	(Chen vd., 2009a)
Yeşil Propolis (Brezilya)	20 MPa	328 K	-	-	3,5-diprenil-4- hidroksisinnamik asit (DHCA)	(Chen vd., 2009b)
Yeşil Propolis (Brezilya)	5 MPa	40, 50, 60 °C	-	Etil asetat	3,5-diprenil-4- hidroksisinnamik asit (Artepillin C)	(Lee vd., 2007)
Propolis (Brezilya)	20, 15, 10, 5 MPa	60 °C	-	Etanol	Tert-bütül hidroperoksit	(Wang vd., 2006)
Propolis (Brezilya)	20, 15, 10, 5 MPa	60 °C	-	Etanol	Antioksidan aktivite ve toplam flavonoid içerikleri	(Wang vd., 2004)
Propolis tentürü (%70 etanol)	250-300 bar	333 K	-	Etanol	Flavonoidler ve uçucu yağ fraksiyonları	(Catchpole vd., 2004)

Propolis ekstraktlarının elde edilmesine yönelik çalışmalarda, ekstraksiyon yöntemi olarak SC-CO₂ kullanıldığı 28 bilimsel makale incelenmiştir. Bu çalışmaların tamamında, ekstraksiyon sıvısı olarak karbondioksit (CO₂), farklı yardımcı çözücülerle birlikte ya da tek başına kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, uygulanan basınç ve ekstraksiyon süresinin, ekstraktın verimi ve kimyasal bileşimi üzerinde önemli değişiklikler oluşturduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, propolisin polar karakterdeki bileşiklerinin etkin bir şekilde ekstrakte edilebilmesi için, süperkritik CO₂ kullanımında uygun yardımcı çözücülerin eklenmesi gerektiği belirtilmiştir.

Bu yaklaşım sayesinde, fenolik bileşiklerin polar yapısından kaynaklanan sınırlamalar aşılabılır ve propolis bileşenlerinin ekstraksiyon verimi artırılabilir. Propolisin kimyasal özellikleri nedeniyle, günümüzde en yaygın kullanılan yardımcı çözücü etanoldür. Etanol, uygun polaritesi ve başta flavonoidler olmak üzere propoliste bulunan hedef bileşikleri etkin bir şekilde özütleme kapasitesi sayesinde tercih edilmektedir (Biscaia ve Ferreira, 2009; De Zordi vd., 2014). Yapılan çalışmalarda, yardımcı çözücü olarak etanol kullanımının ilgili propolis bileşiklerinin ekstraksiyon verimini artırdığı zaten doğrulanmıştır. Ancak, etanol ile özütlenen propolis ürünleri, çocuklar, hamileler ve alkol kullanmayanlar için kullanım kısıtlamaları oluşturabilir. Bu nedenle, bu çalışmada ekstrakte edilecek propolis için etanol kullanılmamıştır.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyaller

Bu tez çalışmasında kullanılan tüm kimyasal maddeler, deneysel süreçlerin doğruluğunu ve güvenilirliğini sağlamak amacıyla analitik reaktif saflığında temin edilmiştir. Tablo 3.1’de, tez kapsamında kullanılan kimyasallar ve ilgili özellikleri detaylı biçimde listelenmiştir.

Tablo 3.1. Çalışmalarda kullanılan kimyasal malzemeler

Kimyasal Malzeme	Marka/Firma	Katalog No
Sodyum hidroksit	ISOLAB	969.112.1000
Fenolftalein	ISOLAB	959.096.0100
Etanol	CARLO ERBA	4127022
Dietil eter	TEKKİM	TK.050130.02500
Buzlu asetik asit	TEKKİM	TK.010030.01001
İzooktan	CHEMSOLUTE	1857.1000
Potasyum iyodür	BOSTONCHEM	BPM-816709
Sodyum tiyosülfat	BOSTONCHEM	BSM-868683
Nişasta	ISOLAB	970.015.0250
<i>p</i> -Anisidin	BOSTONCHEM	BAM-800476
n-Hekzan	SIGMA-ALDRICH	34859
Gümüş nitrat	CARLO ERBA	423952
Potasyum kromat	ISOLAB	960.046.1000
Folin-Ciocalteu fenol reaktifi	MERCK	1.09001.0100
Sodyum karbonat	TEKKİM	TK.170530.01002
3,4,5-Trihidroksibenzoik asit (Gallik asit)	BLD PHARM	BD18485
Alüminyum klorür	MERCK	8.01081.1000
Metanol	HONEYWELL	34860
Quercetin	BOSTONCHEM	BQM-817163
1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil serbest radikali (DPPH)	TCI	D4313
6-Hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit (Troloks)	BLD PHARM	BD109302

Tablo 3.1. (Devam) Çalışmalarda kullanılan kimyasal malzemeler

Kimyasal Malzeme	Marka/Firma	Katalog No
2,2'-Azino-bis(3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) (ABTS)	BLD PHARM	BD111919
Potasyum persülfat	BOSTONCHEM	BPM-816372
Sülfürik asit	SIGMA-ALDRICH	07208
Sodyum dihidrojen fosfat	KİMYALAB	V62910.250H
Amonyum molibdat tetrahidrat	KİMYALAB	V58916.050G
Tamponlanmış peptonlu su	CONDALAB	1402
Yumurta sarısı tellürit emülsiyonu	MERCK	1.03785.0001
Baird Parker Agar (BPA)	NEOGEN	NCM0200A
Rappaport-Vassiliadis Soya (RVS) Broth	NEOGEN	NCM0136A
Xylose Lysine Deoxycholate (XLD) Agar	NEOGEN	NCM0021A
Salmonella Shigella (SS) Agar	BIOLIFE ITALIANA	4020752
RPMI 1640 w/ Stable Glutamine	BIOWEST	L0498
Fetal sığır serumu	SERANA	S-FBSP-EU-011
Penisilin-streptomisin solüsyonu	SARTORIUS	03-031-1C
Tripsin-EDTA	MULTICELL	325-043-EL
Dimetil sülfoksit	MERCK	1.16743.1000
Tripan mavisi boyası	SIGMA-ALDRICH	T8154
XTT hücre proliferasyon kiti	CAYMAN	10010200

3.1.1. Bitki Materyali

Çalışmada kullanılan *Alchemilla persica* örnekleri, 2021 yılı Haziran ayında, bitkinin çiçeklenme döneminde Bingöl ili, Solhan ilçesi, Yenibaşak bucağı, Tavz yolu'nun 4. kilometresinde dere kenarından, toprak üstü kısımları toplanarak elde edilmiştir. Toplanan bitki örneğinin tür teşhisi, Öğr. Gör. Ali SİNAN tarafından morfolojik karakterlere dayalı olarak yapılmıştır. Türe ait herbaryum örneği, Bingöl Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Herbaryum'unda (BIN) A.SİNAN 2936 numarası ile kayıtlıdır.

Bitki materyali, oda sıcaklığında ve doğrudan güneş ışığına maruz bırakılmadan, laboratuvar koşullarında 4-5 gün süreyle kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonrasında kök ve yaprak kısımları birbirinden ayrılmış; yapraklar öğütülerek hava almayacak şekilde ambalajlanmış ve ileriki çalışmalarda kullanılmak üzere -20 °C'de muhafaza edilmiştir.

3.1.2. Propolis Materyali

Çalışmada kullanılan propolis örnekleri, 2022 yılı Haziran ayında, bitkilerin çiçeklenme döneminde Bingöl ili, Karlıova ilçesinden toplanmış ve Bingöl Arıcılar Birliği aracılığıyla temin edilmiştir. Propolis materyali, 28.000 devir/dakika hızında çalışan bir öğütücüde ince toz haline getirilmiştir. Öğütme işleminden sonra, ekstraksiyon aşamasına kadar -20 °C’de uygun koşullarda muhafaza edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1.Bitki Ekstraksiyonu

Bitki ekstraksiyonu, Solanki ve Nagori (2012) çalışmasından modifiye edilerek, maserasyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, toz haldeki 20 g bitki örneklerinin üzerine 200 mL saf su eklenerek, ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda (Velp Scientifica/Arex Digital PRO Heating Magnetic Stirrer) 150 rpm hızında 48 saat oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Ardından, ekstraktlar filtre kağıdından süzölmüş ve elde edilen sıvı, 40 °C’yi geçmeyecek bir sıcaklıkta rotary evaporatörde (BUCHI/R300) buharlaştırılmıştır. Ekstraktlar, 48 saat oda sıcaklığında petri kabında kurumaya bırakılmıştır. Kuruma işlemi tamamlanan ekstraktlar, analizler için -20 °C’de cam tüplerde stoklanmıştır. Bitki materyalinin ekstraksiyon aşamaları Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. *Alchemilla persica* ekstraksiyon sürecinin şematik gösterimi

3.2.2. Propolis Ekstraksiyonu

Propolis ekstraksiyonu, De Zordi vd., (2014) tarafından belirtilen yöntem doğrultusunda, Probin Mühendislik İnşaat Gıda Tarım Hayvancılık Makine Turizm Temizlik Tic. ve San. Ltd. Şti. bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Kullanılan Süper Kritik Akışkan ünitesi (Superex F-500), yüksek basınç pompasına ve CO₂ tüpüne bağlı olarak çalışmakta olup, kontrollü koşullarda propolis örneklerinden biyoaktif bileşenlerin etkin bir şekilde elde edilmesini sağlamaktadır. Bu amaçla, 200 g propolis örneği bez bir torba içerisinde paslanmaz çelik ekstraktöre yerleştirilmiş ve aşağıda belirtilen çalışma parametreleri doğrultusunda süperkritik karbondioksit akışkan ekstraksiyon ünitesi kullanılarak propolisin SC-CO₂ ekstraktı elde edilmiştir.

- Ekstraktör Sıcaklık Set Değeri: 40 °C
- Restriktör Sıcaklık Set Değeri: 50 °C
- Seperatör Sıcaklık Set Değeri: 40 °C
- Çalışma Süresi Set Değeri: 300-390 dk
- Basınç Set Değeri: 295-320 bar

İşlem beş kez tekrarlanmış ve elde edilen ekstraktlar homojen bir şekilde karıştırılarak, analizler için -20 °C’de muhafaza edilmiştir. Propolisin süperkritik akışkan ekstraksiyon ünitesiyle elde edilme aşamaları Şekil 3.2’de şematik olarak sunulmuştur.



Şekil 3.2. Propolis ekstraksiyon sürecinin şematik gösterimi

3.2.3. Propolis ve *Alchemilla persica* İlaveli Mayonez Üretimi

Mayonez ürünlerinin fiziksel ve fonksiyonel özelliklerini korumak ve insan sağlığını olumsuz etkileyebilecek potansiyel patojen mikroorganizmaların riskini azaltmak amacıyla üretimde kullanılacak yumurtalar pastörize edilmiştir. Geleneksel pastörizasyon yöntemi için 60 °C sabit sıcaklıktaki su banyosu ve ardından buzlu su kullanılmıştır. Sıvı bütün yumurtalar, merkez sıcaklıkları 60 °C'ye ulaşana kadar sıcak su banyosunda bekletilmiş, ardından bu sıcaklıkta 3,5 dakika tutulup pastörize edilmiştir. Pastörizasyonun hemen ardından yumurtalar buzlu suya alınarak oda sıcaklığına gelene kadar soğutulmuştur.

Mayonez üretiminde, Özdemir (2019) tarafından kullanılan yöntem izlenmiş ve emülsiyonun oluşturulmasında laboratuvar tipi bir homojenizatör (Labtron LT.HZ.01015 HZ-SetB HZ1) kullanılmıştır. Mayonez üretimi için kullanılan formülasyonlar ve bileşenlerin oranları (%) Tablo 3.2'de sunulmaktadır.

Tablo 3.2. Mayonez üretimi için kullanılan formülasyonlar

	Kontrol	Koruyucu	Ticari	MP-1	MP-3	MA-1	MA-3	MAP-1	MAP-3
Bitkisel yağ	80	80	+	80	80	80	80	80	80
Yumurta sarısı	9	9	+	9	9	9	9	9	9
Şeker	2	2	+	2	2	2	2	2	2
Tuz	0,5	0,5	+	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Sirke	7	7	+	7	7	7	7	7	7
Su	1,5	1,5	+	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Kalsiyum disodyum EDTA	-	0,075	+	-	-	-	-	-	-
Potasyum sorbat	-	0,1	+	-	-	-	-	-	-
Propolis	-	-	-	0,1	0,3	-	-	0,1	0,3
<i>Alchemilla persica</i>	-	-	-	-	-	0,1	0,3	0,1	0,3

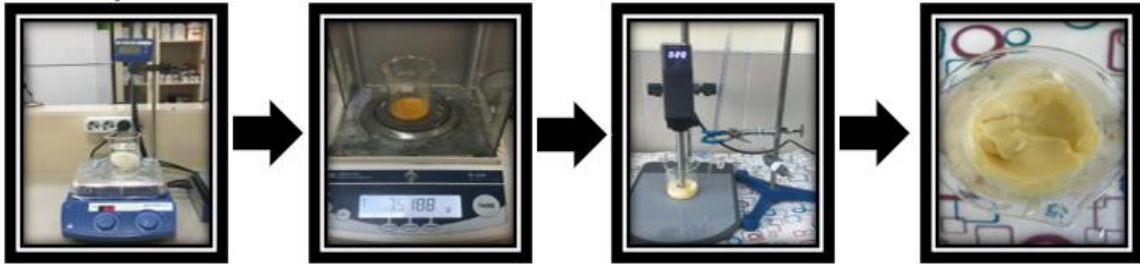
Mayonez üretiminde en önemli nokta, emülsiyon stabilitesinin sağlanmasıdır. Gıda endüstrisinde uygulanan emülsiyon teknolojisinde iki temel emülsiyon tipi bulunmaktadır: su içinde yağ (Y/S) ve yağ içinde su (S/Y) emülsiyonları. Mayonez, yağ damlacıklarının su ile çevrili olduğu Y/S tipi emülsiyonlar arasında yer almaktadır. Mayonez üretiminde emülsiyon kararlılığını sağlayan madde, yumurta sarısındaki bir fosfolipit olan lesitindir. Bu nedenle, kararlı bir emülsiyon oluşturmak için, bitkisel yağ ilave edilmeden önce yumurta sarısının sulu fazda iyi bir şekilde çözünmesi gerekmektedir (MEGEP, 2017). Bu nedenle öncelikle 9 g pastörize yumurta sarısı, 2 g şeker, 0,5 g tuz, 7 mL sirke ve 1,5 mL su tartılarak sulu faz hazırlanmıştır. Hazırlanan sulu faz, düşük devirde 5 dakika boyunca homojenize edilmiştir. Homojenize edilen bu sulu faza, bitkisel yağ bir pipet aracılığıyla önce damla damla eklenmiştir. Kıvam istenilen seviyeye ulaştığında, sıvı yağ ince bir ip şeklinde eklenmeye devam edilmiştir. Bu şekilde, kontrol grubu mayonez üretimi tamamlanmıştır.

Koruyucu grubu mayonez üretimi için, Türk Gıda Kodeksi Katkı Maddeleri Yönetmeliği'ne uygun olarak mayonezde kullanımı izin verilen gıda katkı maddeleri (Kalsiyum disodyum EDTA ve potasyum sorbat) ilave edilerek üretim yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan ticari mayonez, koruyucu olarak Kalsiyum disodyum EDTA ve potasyum sorbat içeren mayonez olup, yerel bir marketten satın alınmıştır.

Propolis ilaveli mayonez üretimi için, kontrol mayonez üretiminde izlenen yöntem aynen takip edilmiştir. Ancak bu süreçte, propolis ekstraktı 1,5 mL sıvı yağda homojenizatörle çözündürülmüştür. Ardından, homojenize edilen propolis-yag karışımı %0,1 ve %0,3 oranlarında olacak şekilde mayonez karışımına eklenerek üretim tamamlanmıştır.

Alchemilla persica ilaveli mayonez üretimi için, kontrol mayonez üretiminde izlenen yöntem aynen takip edilmiştir. Ancak bu süreçte, bitki ekstraktı 1,5 mL saf suda homojenizatörle çözündürülmüştür. Ardından, homojenize edilen bitki-su karışımı %0,1 ve %0,3 oranlarında olacak şekilde mayonez karışımına eklenerek üretim tamamlanmıştır. Üretimi gerçekleştirilen mayonez örnekleri, raf ömrü analizleri için oda sıcaklığında cam şişe içinde 90 gün süreyle depolanmıştır. Şekil 3.3'te, üretimi gerçekleştirilen mayonez örneklerinin şematik gösterimi sunulmuştur.



Şekil 3.3. Mayonez üretim sürecinin şematik gösterimi

3.2.4. Mikroskop ile Görüntü Analizi

Mayonez örneklerinin emülsiyon yapısı ve damlacık dağılımı, Leica DM2500 LED (Şekil 3.4) ışık mikroskobu kullanılarak incelenmiştir. Bu amaçla, her bir örnek 5 μ g olarak lam üzerine yayılmış ve 45 °'lik bir açıyla lamel ile kapatılmıştır. Oda sıcaklığında yapılan gözlemler sırasında, mikroskopa bağlı dijital kamera ile görüntüler kaydedilmiştir.



Şekil 3.4. Işık mikroskobu

3.2.5. Renk Tayini

Mayonez örneklerinin renk ölçümleri, Konica Minolta Chroma METER CR-5 cihazı (Şekil 3.5) ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.5. Renk ölçüm cihazı

Renk skalası, L^* (koyuluk-açıklık), a^* (yeşillik-kırmızılık) ve b^* (mavilik-sarılık) parametrelerine göre belirlenmiş olup, her örnekten üç ayrı ölçüm alınmıştır. Ayrıca, örneklerin beyazlık indeksi (WI) değerleri aşağıda verilen denklem (3.1) kullanılarak hesaplanmıştır (Kumar vd., 2021).

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad (3.1)$$

3.2.6. Emülsiyon Stabilitesi

Mayonez örneklerinin emülsiyon stabiliteleri, (Park vd., 2020) tarafından önerilen yöntemle belirlenmiştir. Bu doğrultuda, 50 mL'lik santrifüj tüplerine 15 g mayonez örneği tartılmış ve 60 °C'deki su banyosunda 30 dakika süreyle ısıtılmıştır. Sonrasında, mayonez örnekleri 4000 rpm hızında 20 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Ayrılan yağ miktarları ölçülerek, emülsiyon stabiliteleri aşağıda verilen denklem (3.2) ile hesaplanmıştır.

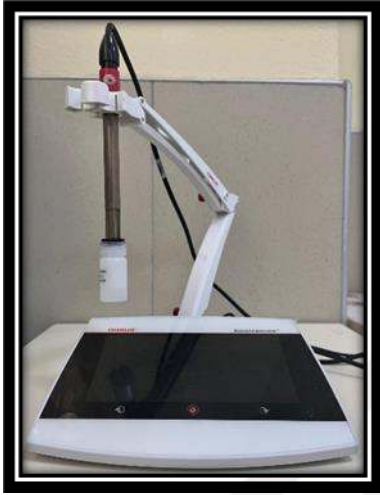
$$\text{Emülsiyon stabilitesi (\%)} = ((F_0 - F_1)/F_0) \times 100 \quad (3.2)$$

F_0 : Örnek miktarı (g)

F_1 : Ayrılan yağ miktarı (g)

3.2.7. pH Tayini

Mayonez örneklerinin pH değerleri, OHAUS AB23PH-F masa tipi pH metre (Şekil 3.6) probunun doğrudan örnek içerisine daldırılmasıyla oda sıcaklığında belirlenmiştir. Her pH ölçümü için örneklerden üç farklı ölçüm alınmıştır (Kishk ve Elsheshetawy, 2013).



Şekil 3.6. pH metre

3.2.8. Toplam Asitlik Tayini

Toplam asitlik ölçümünün amacı, mayonezdeki asit değerini belirlemektir ve toplam asitliği tespit etmek için çeşitli standart yöntemler bulunmaktadır (Nielsen, 2020). Mayonez örneklerinin toplam asitliğini belirlemek için titre edilebilir asitlik yöntemi uygulanmıştır. Bu işlem için, her bir örnek 2 g olarak tartılmış ve üzerine 20 mL distile su eklenerek homojen bir karışım elde edilmiştir. Ardından, örnekler 0,1 N sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ile fenolftalein indikatörü kullanılarak titre edilmiştir. Örneklerin toplam asitliği (TA), aşağıda verilen denklem (3.3) kullanılarak % asetik asit cinsinden hesaplanmıştır (Abu-Salem ve Abou-Arab, 2008).

$$TA (\% \text{ asetik asit}) = (0,006 a/b) \times 100 \quad (3.3)$$

a: Kullanılan sodyum hidroksit çözeltisinin hacmi (mL)

b: Örnek miktarı (g)

3.2.9. Serbest Yağ Asitleri Tayini

Mayonezlerin serbest yağ asitliği tayinini gerçekleştirebilmek için örneklerden yağ ekstrakte edilmiştir. Bu işlemde, Komaç (2018) ve Güngör (2021) tarafından önerilen yöntemler birleştirilmiştir. İlk olarak, mayonez örnekleri -80 °C’de 24 saat bekletilmiş ve ardından su banyosunda 80 °C’de 2 saat çözünmeye bırakılmıştır. Sonrasında, örnekler 4500 rpm hızında 30 dakika santrifüj edilerek yağ fazı ayrılmıştır. Ayrılan yağ, peroksit sayısı ve *p*-anisidin değeri analizlerinde kullanılmıştır.

Mayonezdeki serbest yağ asitliği, oleik asidin ağırlıkça yüzdesi olarak ifade edilmektedir. Serbest yağ asitliğini belirlemek amacıyla, öncelikle mayonez örneklerinin yağı ekstrakte edilmiştir. Ardından, 3 g yağ örneği bir erlene tartılmış ve üzerine 50 mL etanol:dietil eter (1:1) karışımı eklenerek karıştırılmıştır. Çalkalama işlemi sonrasında örnekler, 0,1 N sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ve fenolftalein indikatörü kullanılarak titre edilmiştir. Örneklerin serbest yağ asitliği (SYA), aşağıda verilen denklem (3.4) kullanılarak % oleik asit cinsinden hesaplanmıştır (Altunkaya vd., 2013).

$$SYA (\% \text{ oleik asit}) = (V/m) \times 2,82 \quad (3.4)$$

V: Kullanılan sodyum hidroksit çözeltisinin hacmi (mL)

m: Tartılan yağ miktarı (g)

3.2.10. Oksidasyon Testleri

Mayonez örneklerinde, depolama süresince oksidasyona bağlı olarak oluşabilecek ürünler peroksit sayısı (PS) ve *p*-anisidin değeri (*p*-AD) ile belirlenmektedir. Toplam oksidasyon (TO) değeri ise hem peroksit sayısı hem de *p*-anisidin değerleri kullanılarak hesaplanmakta ve örneklerdeki oksidasyon seviyesini göstermektedir (Nielsen, 2020). Depolamanın 0., 30., 60. ve 90. günlerinde mayonez örneklerinin PS ve *p*-AD değerleri ölçülerek, TO değerleri aşağıda verilen denkleme (3.5) göre hesaplanmıştır (Li vd., 2014a).

$$TO = p - AD + (2 \times PS) \quad (3.5)$$

3.2.10.1. Peroksit Sayısı

Peroksit sayısı, literatürde örneğin kilogramı başına peroksitin milieşdeğerleri (mEq) olarak tanımlanmaktadır. Mayonez örneklerinden ekstrakte edilen 0,3 g yağ örneği bir erlene tartılmış ve üzerine 10 mL asetik asit:izooktan (3:2) karışımı eklenmiştir. Karışıma 0,5 mL doymuş potasyum iyodür (KI) eklenerek 1 dakika bekletilmiştir. Ardından, 10 mL distile su ilave edilen karışım, 0,002 N sodyum tiyosülfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) çözeltisi ile %0,5'lik nişasta indikatörü kullanılarak titre edilmiştir. Örneklerin peroksit sayısı (PS), kilogram yağ başına milieşdeğer cinsinden aşağıda verilen denklem (3.6) ile hesaplanmıştır (Tontul, 2011; Nielsen, 2020).

$$PS (mEq O_2/kg \text{ yağ}) = (S - B) \times N \times 1000 / W \quad (3.6)$$

S: Örnek için kullanılan sodyum tiyosülfat çözeltisinin hacmi (mL)

B: Kör örnek için kullanılan sodyum tiyosülfat çözeltisinin hacmi (mL)

N: Sodyum tiyosülfat çözeltisinin normalitesi (mEq/mL)

W: Tartılan yağ miktarı (g)

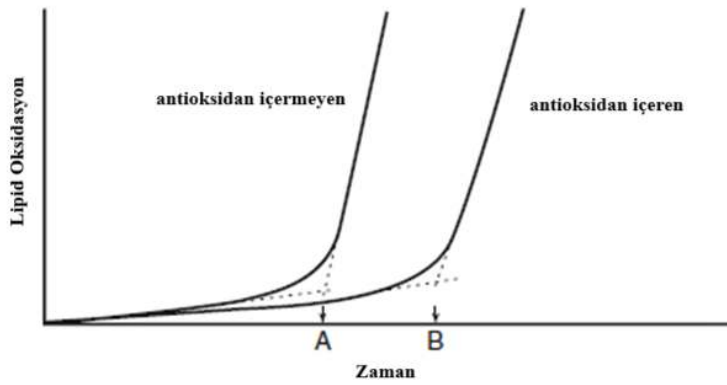
3.2.10.2. *p*-Anisidin Değeri

p-anisidin değeri, katı ve sıvı yağlardaki ikincil oksidasyon ürünleri olan α - ve β -doymamış aldehitlerin miktarını belirlemek için kullanılmaktadır. Aldehitler, *p*-anisidin ile reaksiyona girerek spektrofotometrik olarak ölçülebilen kromojen bileşikleri oluşturmaktadır (Nielsen, 2020). Mayonez örneklerinden ekstrakte edilen yağdan 0,3 g (m) tartılarak n-hekzan ile 25 mL'ye seyreltilmiştir. Hazırlanan bu çözeltinin absorbansı (A_1), n-hekzan'a karşı 350 nm dalga boyunda UV-VIS spektrofotometrede ölçülmüştür. Daha sonra, n-hekzan içinde hazırlanan yağ çözeltisinden 2,5 mL alınarak 0,5 mL *p*-anisidin çözeltisi ile karıştırılmıştır. Karanlık ortamda 10 dakika bekletilen bu çözeltinin absorbansı (A_2), *p*-anisidin çözeltisi eklenmiş n-hekzan'a karşı 350 nm dalga boyunda tekrar ölçülmüştür. Mayonez örneklerinin *p*-anisidin değeri (*p*-AD), aşağıda verilen denklem (3.7) ile hesaplanmıştır (Gölükcü, 2006).

$$p - AD = 25 \times (1,2 \times (A_2 - A_1)) / m \quad (3.7)$$

3.2.11. Yağ Stabilite İndeksi

Yağ stabilite indeksi, belirli bir sıcaklıkta (genellikle 110 °C veya 130 °C) tutulan sıvı veya katı yağ örneğinden, saflaştırılmış hava akışıyla asidik uçucu bileşiklerin (özellikle formik asit) deiyonize suya aktarılması prensibine dayanarak indüksiyon süresini belirler. Sürekli olarak suyun iletkenliği ölçülerek Şekil 3.7’deki gibi veriler elde edilir. Sonuçlar, uygulanan sıcaklık ve belirlenen indüksiyon periyodu (IP) ile raporlanmalıdır. Bu yöntemin otomatik olarak uygulanmasını sağlayan cihazlardan biri Rancimat®’tır (Nielsen, 2020).



Şekil 3.7. Zaman içinde lipid oksidasyonunun grafiği

Şekil 3.7’de gösterilen zaman A, antioksidan içermeyen örneğin indüksiyon periyodunu, zaman B ise antioksidan içeren örneğin indüksiyon periyodunu ifade etmektedir. Mayonez örneklerinin yağ stabilite indeksi, oksidatif stabilite cihazı (892 Rancimat, Metrohm) ve AOCS CD 12b-92 resmi yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Analiz için her örnek tüpüne 3 g mayonez tartılmış, sıcaklık 110 °C’ye ayarlanmış ve hava akışı 20 L/saat olarak belirlenmiştir. Her örnek için en az iki tekrar yapılmış olup, koruma faktörü (PF) aşağıdaki denklem (3.8) kullanılarak hesaplanmıştır (Bilenler vd., 2015).

$$PF = \frac{\text{Örnek indüksiyon süresi}}{\text{Kontrol indüksiyon süresi}} \quad (3.8)$$

3.2.12. Biyoaktif Bileşikler ve Antioksidan Aktivite Analizleri

Örneklerin biyolojik aktivitelerini belirlemek amacıyla antioksidan analizler için ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, mayonez örnekleri 10000 ppm, propolis ve bitki ekstraktları ise 1000 ppm konsantrasyonda dimetil sülfoksit (DMSO) içerisinde hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltiler, ultrasonik banyoda 30 dakika boyunca homojenize edilerek tam karışım sağlanmıştır. Ardından, mayonez örnekleri 0,45 µm gözenek çapına sahip HPLC filtresi kullanılarak filtrelenmiş ve analizlerde kullanılmıştır. Mayonez örneklerinin toplam fenolik madde miktarı belirlenmiş; toplam antioksidan kapasitesi ve DPPH yöntemiyle antioksidan aktivitesi analiz edilmiştir. Propolis ve bitki ekstraktlarının ise toplam fenolik ve flavonoid madde miktarı belirlenmiş; toplam antioksidan kapasitesi, DPPH ve ABTS yöntemleriyle antioksidan aktivitesi değerlendirilmiştir.

3.2.12.1. Toplam Fenolik Madde Analizi

Mayonez örnekleri ile propolis ve bitki ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarı, Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Slinkard ve Singleton, 1977). Bu amaçla, seyreltilmiş örnek çözeltilerinden 500 µL alınarak deney tüplerine alınmış ve üzerine aynı hacimde Folin-Ciocalteu reaktifi eklenmiştir. Çözelti, 5 dakika çalkalandıktan sonra 500 µL sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi ilave edilerek 1 dakika daha çalkalanmıştır. Ardından, çözeltiye 3500 µL saf su eklenmiş ve 25 °C’de karanlık ortamda 90 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda, örneklerin absorbans değerleri UV-VIS spektrofotometrede 760 nm dalga boyunda, şahit örneğe kıyasla ölçülmüştür. Şahit örnek, analiz edilen örnek hariç tüm reaktifleri içeren bir karışımdan oluşmakta olup, deneyler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçların hesaplanabilmesi için öncelikle farklı konsantrasyonlardaki gallik asit çözeltilerinin absorbans değerleri ölçülerek bir standart eğri oluşturulmuştur. Örneklerin toplam fenolik içeriği, bu standart eğrinin denklemi kullanılarak hesaplanmış ve mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g ekstrakt cinsinden ifade edilmiştir (Hajji vd., 2010).

3.2.12.2. Toplam Flavonoid Madde Analizi

Propolis ve bitki ekstraktlarının toplam flavonoid madde içerikleri, Dursun vd., (2024) tarafından açıklanan yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, seyreltilmiş örnek çözeltilerinden 900 µL deney tüplerine alınmış, ardından üzerine 600 µL metil alkol ve 1500 µL alüminyum klorür ($AlCl_3$) çözeltisi eklenmiştir. Hazırlanan örnekler, karanlık bir ortamda 15 dakika bekletildikten sonra, UV-VIS spektrofotometre cihazında 430 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür. Şahit örneği, analiz edilen örnek haricinde tüm reaktifleri içeren bir karışımdan oluşup, deneyler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçların hesaplanabilmesi için öncelikle farklı konsantrasyonlardaki quersetin çözeltisinin absorbans değerleri ölçülerek bir standart eğri oluşturulmuştur. Örneklerin toplam flavonoid içeriği, bu standart eğri denklemi kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar mg quersetin eşdeğeri (QE)/g ekstrakt olarak ifade edilmiştir (Xuan vd., 2018).

3.2.12.3. Toplam Antioksidan Kapasite Tayini

Propolis, bitki ekstraktları ve mayonez örneklerinin toplam antioksidan kapasitesi, fosfomolibden testi kullanılarak değerlendirilmiştir (Prieto vd., 1999). Bu amaçla, 0,6 M sülfürik asit (H_2SO_4), 28 mM sodyum fosfat (Na_2HPO_4), 4 mM amonyum molibdat ($(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$) çözeltileri hazırlanmıştır. Bu çözeltilerin karıştırılmasıyla reaktif çözeltisi elde edilmiştir. Seyreltilmiş örnek çözeltilerinden 400 µL alınarak deney tüplerine aktarılmış ve üzerine 4000 µL reaktif çözeltisi eklenmiştir. Örneklerde, Mo (VI)'nın Mo (V)'e indirgenmesiyle asidik ortamda yeşil fosfat Mo (V) bileşiği oluşması amacıyla, reaksiyon karışımını içeren tüpler 95 °C'de 90 dakika inkübe edilmiştir. İnkübasyon işleminden sonra, örnekler hızlıca buz içinde soğutulmuş ve ardından oluşan kompleksin absorbans değerleri, UV-VIS spektrofotometrede 695 nm dalga boyunda, şahit örneğe kıyasla ölçülmüştür. Şahit örnek, analiz edilen örnek hariç tüm reaktifleri içeren bir karışımdır ve deneyler üç kez tekrarlanmıştır. Sonuçların hesaplanabilmesi için öncelikle farklı konsantrasyonlardaki askorbik asit çözeltilerinin absorbans değerleri ölçülerek bir standart eğri oluşturulmuştur. Örneklerin fosfomolibden yöntemiyle belirlenen toplam antioksidan kapasiteleri, bu standart eğri denklemi kullanılarak hesaplanmış ve mg askorbik asit eşdeğeri (AAE)/g ekstrakt olarak ifade edilmiştir.

3.2.12.4. ABTS Yöntemiyle Antioksidan Aktivite Tayini

Propolis ve bitki ekstraktlarının antioksidan aktivite tayini, ABTS yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Re vd., 1999). Bu amaçla, 7 mM ABTS (2,2'-Azino-bis(3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit)) ve 2.54 mM potasyum persülfat ($K_2S_2O_8$) içeren iki bileşenli bir karışım hazırlanarak ABTS stok çözeltisi oluşturulmuştur. Çözelti, oda sıcaklığında 12-16 saat bekletildikten sonra, UV-VIS spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda 0,750-0,800 absorbans aralığına ulaşana kadar seyreltilmiştir. Seyreltilmiş örnek çözeltilerinden 100 μ L deney tüplerine alınmış ve üzerine 900 μ L ABTS reaktifi eklenmiştir. Çözelti 1 dakika çalkalandıktan sonra, 25 °C'de karanlık bir ortamda 30 dakika bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda, örneklerin absorbans değerleri, şahit örneğe kıyasla UV-VIS spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Şahit örneği, analiz edilen örnek haricinde tüm reaktifleri içeren bir karışımdır ve deneyler üç kez tekrarlanmıştır. Sonuçların hesaplanabilmesi için öncelikle Troloks çözeltisinin farklı konsantrasyonlardaki absorbans değerleri ölçülerek bir standart eğri oluşturulmuştur. Örneklerin ABTS yöntemiyle belirlenen antioksidan aktiviteleri, bu standart eğri denklemi kullanılarak hesaplanmış ve mg Troloks eşdeğeri (TE)/g ekstrakt olarak ifade edilmiştir.

3.2.12.5. DPPH Yöntemiyle Antioksidan Aktivite Tayini

Propolis, bitki ekstraktları ve mayonez örneklerinin antioksidan aktivite tayini, DPPH yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Brand-Williams vd., 1995). Bu amaçla, 0,1 mM DPPH (2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil) çözeltisi hazırlanarak 5-10 dakika boyunca karıştırılmıştır. Seyreltilmiş örnek çözeltilerinden 600 μ L alınarak deney tüplerine aktarılmış ve üzerine 5400 μ L DPPH çözeltisi eklenmiştir. Karışım, 1 dakika çalkalandıktan sonra 25 °C'de karanlık ortamda 60 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda, örneklerin absorbans değerleri UV-VIS spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda, şahit örneğe kıyasla ölçülmüştür. Şahit örnek, analiz edilen madde hariç tüm reaktifleri içeren bir karışımdır ve deneyler üç kez tekrarlanmıştır. Sonuçların hesaplanabilmesi için öncelikle Troloks çözeltisinin farklı konsantrasyonlardaki absorbans değerleri ölçülerek bir standart eğri oluşturulmuştur. Örneklerin DPPH yöntemiyle belirlenen antioksidan

aktiviteleri, bu standart eğri denklemi kullanılarak hesaplanmış ve mg Troloks eşdeğeri (TE)/g ekstrakt olarak ifade edilmiştir.

3.2.13. Mikrobiyolojik Analizler

TS 9777 Mayonez Standardı'na göre, mayonezin mikrobiyolojik özellikleri incelenirken örneklerde koagülaz pozitif stafilocokların sayımı ve *Salmonella* aranması gerekmektedir. Bu doğrultuda, *Staphylococcus aureus* sayımı ISO 6888-1 standardına uygun olarak katı besiyerinde standart kültürel yöntemle belirlenmiş, *Salmonella* spp. varlığı ise ISO 6579'ye göre selektif katı besiyerine sürme yöntemiyle analiz edilerek sonuçların TS 9777'ye uygunluğu değerlendirilmiştir.

3.2.13.1. Koagülaz Pozitif Stafilocokların Sayımı

Gıdalardaki koagülaz pozitif stafilocokların sayımında selektif bir besiyeri olan Baird Parker Agar (BPA) kullanılmaktadır. Koagülaz pozitif ve negatif stafilocokların ayrımı ise besiyerine eklenen yumurta sarısı ve tellürit bileşenleri sayesinde sağlanmaktadır (Gundogan vd., 2005). Bu amaçla hazırlanan ve otoklavda sterilize edilen BPA besiyerine, yumurta sarısı tellürit emülsiyonu ilave edilmiştir. Taze üretilen mayonez örneklerinden 25 g tartılarak üzerine 225 mL tamponlanmış peptonlu su eklenmiş, ardından homojenize edilmiştir. Elde edilen süspansiyondan 0,1 mL alınarak BPA besiyerine yayma plak yöntemiyle ekim yapılmıştır. Petri kutuları 37 °C'de 24-48 saat inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon sonunda BPA besiyerinde koagülaz pozitif stafilocok kolonilerinin varlığı incelenmiştir.

3.2.13.2. *Salmonella* Aranması

Taze üretilen mayonez örneklerinden 25 g tartılarak üzerine 225 mL tamponlanmış peptonlu su eklenmiş ve homojenize edilmiştir. Örnekler, 37 °C'de 18 ± 2 saat inkübasyona bırakılarak selektif olmayan besiyerinde ön zenginleştirme yapılmıştır. Ardından, her bir ön zenginleştirme sıvısından 0,1 mL alınarak 10 mL Rappaport-Vassiliadis Soya (RVS) Broth içeren tüplere inoküle edilmiştir. Tüpler, 42 °C'de 24 saat inkübasyona bırakılarak selektif besiyerinde zenginleştirme sağlanmıştır. İnkübasyonun

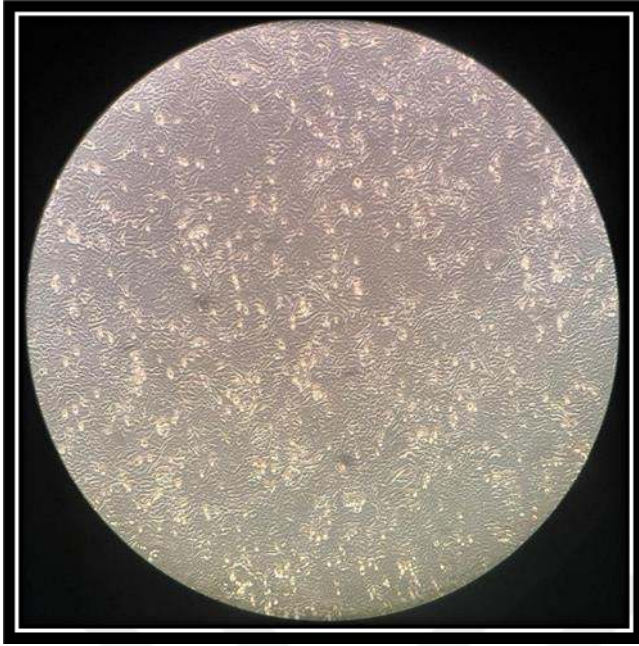
ardından, her tüpten bir öze yardımıyla Xylose Lysine Deoxycholate (XLD) Agar ve Salmonella Shigella (SS) Agar'a inokulasyon yapılmıştır. Selektif katı besiyerine ekimleri yapılan petri kutuları, 37 °C'de 24 saat inkübasyona bırakılmış ve süre sonunda besiyerlerinde *Salmonella* spp. varlığı incelenmiştir.

3.2.14. Hücre Canlılığı Analizleri

Propolis ve *Alchemilla persica* ekstraktlarının mayoneze eklenerek DU-145 insan prostat kanseri hücreleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve bu bileşenlerin antikanser potansiyeli araştırılmıştır. Çalışma kapsamında hücre kültürü deneyleri yapılmış ve her aşama detaylı olarak açıklanmıştır.

Hücre Hattı : DU-145 insan prostat kanseri hücre hattı, hormon tedavisi ve kemoterapiye dirençli olması nedeniyle ileri prostat kanseri araştırmalarında sıkça kullanılan bir in vitro model olarak değerlendirilmektedir. Hücresel iskelet yapıları ışık, elektron ve immünfloresan mikroskopisi altında incelenmiş ve prostat kanseri üzerine yapılacak çalışmalar için uygun bir model sunduğu belirtilmiştir (Chou ve Hayball, 1996). Bu hücre hattı, 69 yaşında Kafkas bir erkek hastanın beyin metastazından izole edilmiştir ve ilk olarak Stone vd., (1978) tarafından tanımlanmıştır. Çalışmada kullanılan DU-145 hücre hattı, Bingöl Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü'nden temin edilmiştir. Hücrelerin mikroskopik görünümü Şekil 3.8'de sunulmuştur.

Besi Ortamının Hazırlanması: DU-145 hücre hattının kültüre edilmesi için RPMI 1640 (Roswell Park Memorial Institute 1640) besiyeri hazırlanmıştır. Bu besiyerine, %10 fetal sığır serumu (FBS) ve %1 antibiyotik (penisilin-streptomisin) eklenmiştir. Hazırlanan besi ortamı, +4 °C'de muhafaza edilerek hücre kültürü işlemleri için hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.8. DU-145 prostat kanseri hücre hattının mikroskopik görünümü

Dondurulmuş Hücre Hatlarının Çözünmesi: Kriyo tüp içerisinde -80°C 'de muhafaza edilen hücre hatları 37°C 'de çözünmeye bırakılmıştır. Çözünme tamamlandıktan sonra, kriyo tüp içindeki hücreler 15 mL'lik falkon tüpe aktarılmış ve üzerine 1-2 mL besiyeri eklenmiştir. DMSO'nun hücrelere zarar verme riskini azaltmak amacıyla, hücreler 4500 rpm'de 4 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrasında, falkon tüpündeki üst sıvı dikkatlice alınmış ve hücre peleti üzerine 3-4 mL besiyeri eklenerek, 25 cm^2 'lik flaska ekim yapılmıştır. Hücreler, 37°C 'de ve %5 CO_2 içeren inkübatörde (ESCO) kültüre edilmiştir. Hücrelerin çoğalma durumu ve besi yeri değişiklikleri, günlük olarak ters ışık mikroskobu (Olympus CKX41) kullanılarak izlenmiştir.

Hücre Hatlarının Pasajlanması: 25 cm^2 'lik flask tabanına tutunmuş olan hücreler, besiyeri dökülerek uzaklaştırılmıştır. Hücrelere 3 mL tripsin-EDTA uygulanarak, inkübatörde 2-3 dakika bekletilmiş ve hücrelerin tabandan ayrılması sağlanmıştır. Tabandan ayrılan hücreler, mikroskop altında incelendikten sonra, hücreler hacminin iki katı kadar besiyeri içeren 15 mL'lik falcon tüpe alınmış ve 4500 rpm'de 4 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen falkon tüpünün üst sıvısı dikkatlice alınarak, kalan hücre peleti üzerine 10 mL besiyeri eklenmiş ve 75 cm^2 'lik flaska ekim yapılmıştır. Flaskadaki hücreler, 37°C 'de ve %5 CO_2 içeren inkübatörde kültüre edilmiştir. Hücrelerin yoğunluğu ve morfolojisi

gözlenerek, besi yeri değişiklikleri yapılmış ve hücreler uygun flasklara alınarak çoğalmaları sağlanmıştır. DU-145 hücre hatları 5. pasaja kadar çoğaltılmış ve sonraki çalışmalar için stoklar hazırlanmıştır.

Hücre Hatlarının Dondurulması: Flasklarda kültüre edilen ve stoklanacak yoğunluğa ulaşan hücrelerin dondurulma işlemi, flask tabanına tutunmuş hücrelerin besiyeri dökülerek uzaklaştırılması ile başlamıştır. Daha sonra, hücreler tripsin-EDTA ile muamele edilerek tabandan ayrılması sağlanmıştır. Hücreler, hacminin iki katı kadar besiyeri içeren 15 mL'lik falcon tüpe alınmış ve 4500 rpm'de 4 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen falcon tüpünün üst sıvısı dikkatlice alınarak, kalan hücre peleti üzerine %10 DMSO içeren besiyeri eklenmiştir. Hazırlanan hücre süspansiyonu, steril pipet yardımıyla 2 mL'lik kriyo tüplere aktarılmış ve kısa süreli saklama için -80 °C'lik dondurucuya yerleştirilmiştir.

Uygulama Solüsyonlarının Hazırlanması: Mayonez örnekleri DMSO'da çözülerek, 20000 ppm'lik stok solüsyonları hazırlanmıştır. Hazırlanan stok solüsyonlarından, RPMI 1640 besiyeri ile seyreltilerek 2000, 1000 ve 500 ppm'lik üç farklı konsantrasyon oluşturulmuştur. Bu solüsyonlar, hücre kültürü uygulamalarında kullanılmıştır.

Hücre Canlılığının Belirlenmesi: Kültür hücrelerinin yoğunluğu %80-90'a ulaştığında uygulamaya başlanmıştır. Kültüre edilen hücreler, tripsin-EDTA muamelesi ile ayrılmıştır. Ayrılan hücrelere, hacminin iki katı kadar besiyeri eklenerek 4500 rpm'de 4 dakika santrifüj edilmiştir. Üst sıvı dikkatlice uzaklaştırılmış ve hücre peleti 3 mL besiyeri ile çözülmüştür. Hücre sayısını belirlemek için hücre süspansiyonu, eşit oranda Tripan mavisi boyası (20 µL:20 µL) ile karıştırılmıştır. Thoma lamı kullanılarak 10× büyütme ile ters ışık mikroskobu altında sayım yapılmıştır. Sayım sonuçlarına göre, her kuyuda 100 µL hacminde 1×10^4 hücre olacak şekilde 96 kuyucuklu plakalara ekilmiştir. Hücrelerin tabana tutunması için 37 °C ve %5 CO₂ içeren bir inkübatörde 24 saat inkübasyona bırakılmıştır.

Sitotoksikite Testi: DU-145 prostat kanseri hücre hattında uygulama solüsyonlarının sitotoksik etkisini ve etkili konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla XTT hücre proliferasyon kiti kullanılmıştır. Test prosedürü şu şekilde gerçekleştirilmiştir: Hücreler

bir gün önce ekildiği 96 kuyucuklu plakalardan besiyeri ile uzaklaştırılmıştır. Uygulama solüsyonları, her kuyuya 100 µL olmak üzere, 5 farklı konsantrasyonda uygulanmıştır. Kontrol grubu için yalnızca 100 µL besiyeri eklenmiş ve inkübasyona bırakılmıştır. Tüm plaka, 37 °C ve %5 CO₂ içeren bir inkübatörde 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında her kuyucuğa 10 µL XTT reaktifi eklenmiş ve aynı koşullarda inkübe edilmiştir. Süre sonunda, hücre canlılığını belirlemek amacıyla mikroplaka okuyucu (SPECTRA MAX) kullanılarak 450-630 nm dalga boylarında absorbans ölçümü alınmıştır. Canlı hücre yüzdesi aşağıdaki denklem (3.9) ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Hücre Canlılığı} = 100 \times (\text{Örnek absorbansı} / \text{Kontrol absorbansı}) \quad (3.9)$$

3.2.15. Reolojik Analizler

Mayonezin reolojik özellikleri üzerine yapılan araştırmalarda, akma gerilimi endüstriyel üretimde önemli bir kalite kontrol parametresi olarak değerlendirilmektedir. Bu parametre, farklı üretim hatlarından elde edilen ürünlerin karakteristik özelliklerinin karşılaştırılmasına olanak tanır (Ahmed, 2004). Endüstriyel uygulamalarda kullanılmak üzere mayonez örneklerinin reolojik özellikleri, sabit kayma akış davranışı temel alınarak modellenmiştir. Bu testler, sıcaklık kontrollü bir reometre (DHR-2, Discovery Hybrid Rheometer-2, TA Instruments) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlgili cihaza ait görsel Şekil 3.9'da sunulmuştur.



Şekil 3.9. Reometre cihazı

Mayonez örneklerinin reolojik özelliklerini değerlendirmek amacıyla sabit kayma akış özellikleri değerlendirilmiş ve paralel plaka sistemi (40 mm çap) kullanılarak, plaka ile reometre probu arasında 0,5 mm boşluk bırakılmıştır. Reolojik analiz, 0,1-100 s⁻¹ kayma hızı aralığında ve 25 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir (Chang vd., 2017). Kayma hızına karşılık gelen kayma gerilimi değerleri ölçülmüş ve elde edilen veriler için Power-Law modeli (3.10) kullanılmıştır.

$$\tau = K\dot{\gamma}^n \quad (3.10)$$

τ : Kayma gerilimi (Pa)

K : Kıvam indeksi (Pa.sⁿ)

$\dot{\gamma}$: Kayma hızı (s⁻¹)

n : Akış davranış indeksi (boyutsuz)

3.2.16. Duyusal Analiz

Mayonez örneklerinin duyusal özellikleri, Bingöl Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü öğrencilerinden oluşan 21 yarı eğitimli panelist tarafından değerlendirilmiştir. Değerlendirme, 5 noktalı hedonik test yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Panelistlerden, görünüş, tat-lezzet, koku-aroma, kıvamlılık, sürülebilirlik ve toplam beğeni kriterlerine göre 1 (hiç beğenmedim) ile 5 (çok beğendim) arasında puan vermeleri istenmiştir (Meilgaard vd., 1999; Huang vd., 2016). Mayonez örneklerinin duyusal değerlendirmesinde kullanılan form Şekil 3.10'da sunulmuştur.

Panelistin Adı Soyadı:									
Duyusal Özellikler	Örnek Kodu								
	568	579	828	671	376	621	326	271	372
Görünüş									
Tat-Lezzet									
Koku-Aroma									
Kıvamlılık									
Sürülebilirlik									
Toplam Beğeni									
Puanlama	5: Çok beğendim, 4: Beğendim, 3: Ne beğendim ne beğenmedim, 2: Az beğendim, 1: Hiç beğenmedim								

Şekil 3.10. Duyusal analiz formu örneği

Tüm mayonez örnekleri, rastgele belirlenen üç basamaklı sayılarla kodlanarak ağzı kapalı plastik kaplarda panelistlere sunulmuştur. Farklı mayonez örneklerinin birbirlerini etkilemesini önlemek amacıyla panelistlere kraker ve su servis edilmiştir (Huang vd., 2016). Mayonez örneklerinin duyu analizinde kullanılan örnekler Şekil 3.11’de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Duyusal analiz örnekleri

3.2.17. Veri Analizi

Tüm deneysel veriler en az üç tekrar ile elde edilmiştir. Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri, SPSS® paket programı (sürüm 22.0, IBM Corp., Armonk, NY, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırılabilir veri grupları, tek/iki yönlü varyans analizi (ANOVA) sonrası uygulanan Post-Hoc testleri ile değerlendirilmiş; $p < 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma (SS) olarak verilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Propolis ve *Alchemilla persica* İlavesinin Mayonezin Özellikleri Üzerine Etkisi

Son yıllarda, bitkisel ekstraktlar, tohumlar, uçucu yağlar, endüstriyel yan ürünler ile kırmızı biber, domates ve avokado gibi farklı tatlar içeren mayonez çeşitlerine yönelik araştırmalar büyük bir ivme kazanmıştır. Gıda sektöründe, düşük kolesterolü ve daha az yağ içeren mayonez üretimine ek olarak, kullanılan sıvı yağların türü de çeşitlendirilmiştir. Ayrıca, nohut haşlama suyu ve çeşitli kaynaklardan elde edilen gamların kullanımıyla emülsiyon stabilitesini artıran fonksiyonel ürünler geliştirilmiştir (Tablo 4.1). Bunun yanı sıra, tüketici taleplerine uygun yeni formülasyonlar oluşturuldukça, mayonezin kimyasal yapısında değişiklikler meydana gelmekte ve bu durum ürünün fiziksel, oksidatif ve lezzet stabilitesini doğrudan etkilemektedir (Depree ve Savage, 2001). Diğer yandan, sentetik antioksidanlara yönelik olumsuz algılar ve potansiyel zararları nedeniyle, doğal antioksidanlar açısından zengin bileşenlerin kullanımı ve bu sayede ürünlerin oksidatif stabilitesinin artırılması giderek daha fazla ilgi görmektedir (Ghorbani Gorji vd., 2016).

Tablo 4.1. Fonksiyonel mayonez üretim çalışmaları

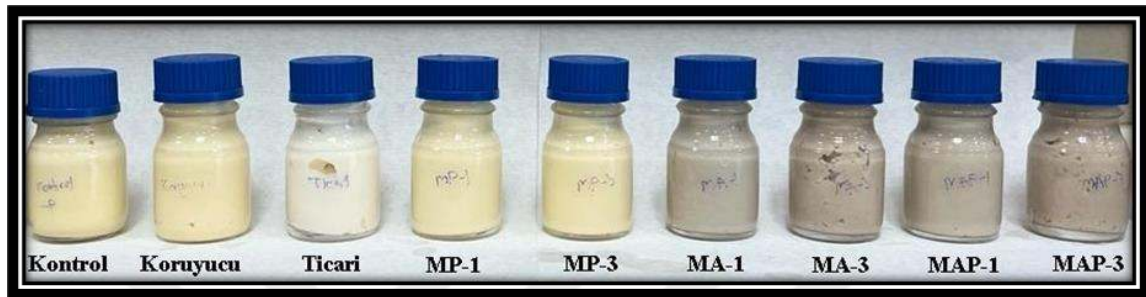
Ürün	İlave Edilen Bileşen	Referans
Az yağlı mayonez (%40 Ayçiçek yağı)	Narenciye lifi ve bazı hidrokolloid gamlar (Arabik gam, guar gam ve ksantan gam)	(Akalm, 2024)
Yağı azaltılmış mayonez (%50 Ayçiçek yağı)	Bazı ağaç sızıntı gamları (Erik, kiraz ve şeftali)	(İşler, 2023)
Mayonez (%50 ve %100 Ayçiçek yağı)	Farklı kaynaklardan elde edilen postbiyotikler (ekzopolisakkaritler) ile peynir altı suyu protein izolatu kompleksi	(Yalmancı, 2023)
Mayonez (%75 Ayçiçek yağı)	Üç farklı kaplama materyali (bezelye proteini, maltodekstrin ve arap zıkkı) ile kapsüllenmiş fındık zarı ekstraktı mikrokapsülleri	(Özdemir, 2022)
Mayonez (%50 yağ)	Ayçiçek mumu ve balina mumunun keten tohumu yağı ile oluşturduğu oleojeller	(Keskin Uslu, 2022)

Tablo 4.1. (Devam) Fonksiyonel mayonez üretim çalışmaları

Ürün	İlave Edilen Bileşen	Referans
Mayonez (%75 Ayçiçek yağı)	Ultrason uygulanmış nohut haşlama suyu	(Özcan, 2022)
Light mayonez (%30 likopence zengin Ayçiçek yağı)	Endüstriyel domates atıkları (Posa, kabuk ve çekirdek)	(Erol, 2022)
Vegan mayonez (%75 Ayçiçek yağı)	Pirina ekstraktı yüklü roka tohumu ve chia tohumu gam nanopartikülleri	(Akçiçek, 2022)
Mayonez (%75 yağ)	Balkabağı kabuğundan elde edilen, β -karotene zengin Ayçiçek yağı	(Güngör, 2021)
Mayonez (%65 Ayçiçek yağı)	Kitosan-ısırgan tohumu gamı-ovalbumin kullanılarak üretilebilen buğday ruçeym yağı nanokapsülleri	(Kutlu, 2021)
Mayonez (%71 mısır yağı)	Pirinç kepeği ve üzüm posası kullanılarak üretilen gellan gamlar	(Altan Kamer, 2020)
Mayonez (%80 Ayçiçek yağı)	Akasya gamı, maltodekstrin ve peynir altı suyu proteini izolatı kullanılarak üretilen fesleğen uçucu yağı mikrokapsülleri	(Özdemir, 2019)
Mayonez	Yakıcılık hissi baskılanmış kapsaisin mikrokapsülleri	(Günel, 2019)
Mayonez (Kolesterolü ve yağı azaltılmış)	Avokado püresi	(Komaç, 2018)
Mayonez (%81 Ayçiçek yağı)	Fındık ve susam posalarından üretilen protein konsantreleri	(Çiftçi, 2018)
Mayonez (%80 Rafine zeytinyağı)	Kısmi gliseritler (Mono ve digliseritler)	(Kantekin Erdoğan, 2014)
Düşük yağlı mayonez (%40 ve %60)	Bitkisel artıklardan (Buğday kepeği ve portakal) farklı boyutlarda üretilen lif	(Erinç, 2011)
Mayonez (%71 Mısır yağı)	<i>Xanthomonas campestris</i> kullanılarak pirinç kepeğinden üretilen ksantan gam	(Demirci, 2010)
Mayonez (%71 Mısır yağı)	Kırmızı biber tohumunu ve proteini	(Fıratlıgil- Durmuş, 2008)
Düşük kolesterolü mayonez	Kolesterolü azaltılmış yumurta sarısı	(Yüceer, 2007)

Mevcut çalışmanın temel amacı, propolis ve *Alchemilla persica* ile hazırlanan doğal katkı maddesinin, gerçek gıda emülsiyonlarında doğal bir koruyucu sistem tasarlamaktır. Bu doğrultuda, model gıda ürünü olarak mayonez tercih edilmiştir.

Formülasyonları ve üretim süreçleri yöntem bölümünde açıklanan mayonezlere ait görseller Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Gıda modeli olarak mayonezin seçilmesinin ardından gerçekleştirilecek analizler belirlenmiştir. Bu amaçla mikroskop ile görüntü analizi, emülsiyon stabilitesi, renk tayini, biyoaktif bileşikler ve antioksidan analizler, mikrobiyolojik analizler, antikanser analizler, reolojik analizler ve duyu analizlerinin yalnızca taze üretilmiş mayonez örneklerine uygulanması planlanmıştır.



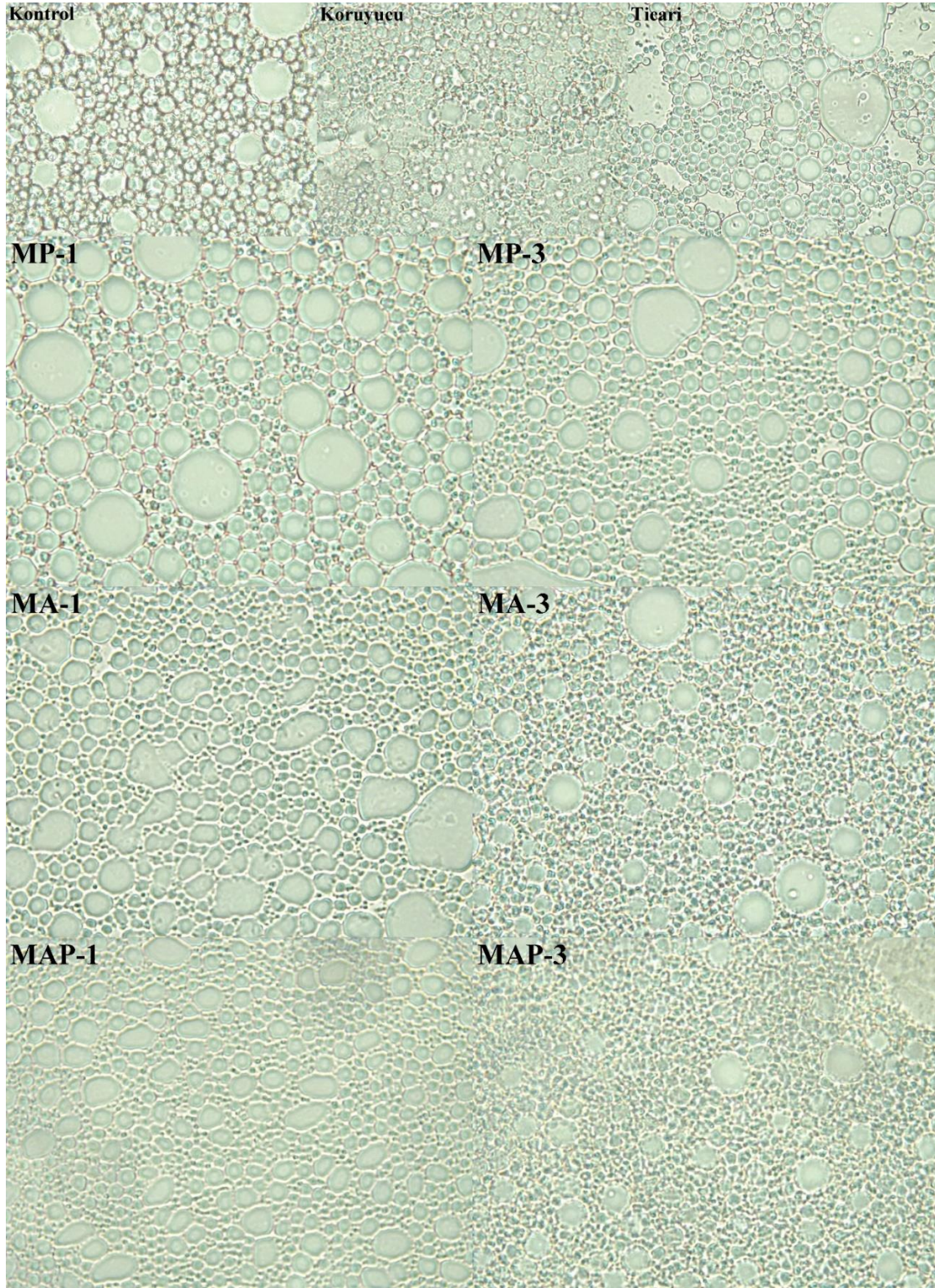
Şekil 4.1. Çalışma kapsamında üretilen mayonez örnekleri

Lipit oksidasyonu, renk, doku ve aroma değişikliklerine yol açarak istenmeyen tatların oluşmasına neden olmakta ve bu durum gıdaların raf ömrünü kısaltarak besin kalitesini ve güvenliğini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, belirli oksidasyon ürünlerinin oluşumu, biyoaktif gıda bileşenlerini olumsuz yönde etkileyerek fonksiyonel özelliklerini zayıflatabilir, su tutma kapasitelerini azaltabilir ve proteinlerin emülsifiye etme yeteneğini bozabilir (Martillanes vd., 2020). Bu amaçla, üretilen ürünlerin pH, toplam asitlik, serbest yağ asitliği tayinleri ve oksidasyon testleri (peroksit sayısı ve *p*-anisidin değeri) 90 gün boyunca, her 30 günde bir ölçülmüştür. Test edilen her bir parametreye ait sonuçlar aşağıda ayrı başlıklar altında sunulmuştur. Analiz sonuçları ticari olarak satın alınan mayonez ve sentetik koruyucu (Kalsiyum disodyum EDTA ve potasyum sorbat) içeren örnekler ile değerlendirilmiştir.

4.2. Mayonez Örneklerinin Mikroskopik Görüntüleri

Mayonez, su içinde dağılmış yağ zerreciklerinden oluşan bir emülsiyon türüdür. Bu emülsiyonun istenen mikroyapısını elde etmek için emülsifiye edici ve stabilize edici maddelerin türü ile konsantrasyonu, kullanılan yağ miktarı ve sürekli fazın viskozitesi önemli faktörler olarak değerlendirilmektedir (Nikzade vd., 2012). Bu bağlamda,

mayonez örneklerinin emülsiyon yapısı ve damlacık dağılımı, 60× büyütme sağlayan objektifler kullanılarak ışık mikroskobu ile incelenmiştir. Farklı içeriklerle hazırlanan mayonez örneklerine ait mikroskopik görüntüler, Şekil 4.2’de sunulmuştur.



Şekil 4.2. Mayonez örneklerine ait ışık mikroskobu görüntüleri

Genel olarak, mayonez örnekleri yüksek oranda paketlenmiş yağ damlacıklarının varlığıyla karakterize edilir ve homojen bir dağılım gösterir (Giacintucci vd., 2016). Görüntü analizleri, tüm sistemlerde yağ fazının sürekli su fazı içinde homojen bir şekilde dağıldığını açıkça göstermektedir. Örneklerdeki yağ damlacıkları küresel formda olup sıkı bir yerleşim sergilemektedir. Sıkıca paketlenmiş yağ damlacıklarının, mayonez stabilitesine önemli ölçüde katkıda bulunmuş olabileceği düşünülmektedir (Depree ve Savage, 2001). Bu bulgu, Flamminii vd., (2020) tarafından rapor edilen sonuçlarla da uyumludur. Görüntülerden elde edilen bulgular, tüm örneklerin karakteristik mayonez yapısına sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

4.3. Mayonez Örneklerinin Renk Değerleri

Mayonezin duyuusal kabul edilebilirliğini etkileyen en önemli parametrelerden biri renk özelliğidir. Geleneksel tam yağlı mayonez, parlak sarı rengiyle bilinmektedir (Chang vd., 2017). Mayonez örneklerinin renk değerleri L^* (açıklık), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) ile ifade edilmiş ve sonuçlar Tablo 4.2’de sunulmuştur. Hesaplanan beyazlık indeksi (WI) değeri, tüketici tercihini belirleyen önemli bir unsurdur (Sukkwai vd., 2017; Kumar vd., 2021).

Tablo 4.2. Mayonez örneklerinin renk değerleri (Ortalama $\pm$ SS)

Örnekler	L^*	a^*	b^*	WI
Kontrol	$89,54 \pm 0,07^b$	$2,82 \pm 0,01^f$	$20,80 \pm 0,04^b$	$78,52 \pm 0,04^g$
Koruyucu	$87,75 \pm 0,03^c$	$1,18 \pm 0,05^i$	$19,16 \pm 0,11^d$	$80,18 \pm 0,10^e$
Ticari	$94,48 \pm 0,09^a$	$2,43 \pm 0,01^g$	$11,70 \pm 0,03^g$	$87,60 \pm 0,04^a$
MP-1	$89,66 \pm 0,06^b$	$2,08 \pm 0,01^h$	$19,98 \pm 0,04^c$	$79,41 \pm 0,04^f$
MP-3	$89,94 \pm 0,02^b$	$3,19 \pm 0,01^e$	$22,53 \pm 0,03^a$	$76,81 \pm 0,03^h$
MA-1	$75,39 \pm 0,10^d$	$3,32 \pm 0,03^d$	$10,53 \pm 0,02^h$	$86,92 \pm 0,02^b$
MA-3	$73,21 \pm 0,28^f$	$4,04 \pm 0,08^b$	$14,23 \pm 0,22^f$	$83,49 \pm 0,22^c$
MAP-1	$73,90 \pm 0,20^e$	$3,48 \pm 0,03^c$	$10,39 \pm 0,08^h$	$86,88 \pm 0,08^b$
MAP-3	$70,93 \pm 0,01^g$	$4,64 \pm 0,02^a$	$16,32 \pm 0,01^c$	$81,40 \pm 0,00^d$

Tablo 4.2’deki sonuçlara göre, L^* değerlerinin $70,93 \pm 0,01$ ile $94,48 \pm 0,09$ arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek L^* değeri Ticari mayoneze aitken, en düşük L^* değeri ise MAP-3 örneğine ait olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, propolis ve bitki

ekstraktlarının mayonezin renk özellikleri üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Kontrol ve sadece propolis ekstraktı ilave edilen mayonez örneklerinin L* değerleri istatistiksel olarak ($p < 0,05$) aynı olup, Koruyucu örneğinin L* değeri bu örneklerden sonra gelmektedir.

Genel olarak mayonezin tipik soluk sarı renginin, ürün formülasyonunda kullanılan yağ ve yumurta sarısı miktarına bağlı olarak değişim gösterdiği bildirilmektedir (Yüceer, 2007). Ayrıca hardal, katkı maddeleri veya renklendirici etkisi olan çeşitli baharatların eklenmesiyle de bu renk değişebilir (Flamminii vd., 2020). Bu doğrultuda, *Alchemilla persica* ilave edilen mayonez örneklerinin L* değerinde istatistiki anlamda önemli bir düşüş gözlemlenmiş olup, bitki ekstraktındaki renk pigmentlerinin mayonezin rengini etkilediği belirlenmiştir.

Mayonezde kırmızılığı ifade eden a* değerlerinin $1,18 \pm 0,05$ ile $4,64 \pm 0,02$ arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük kırmızılık değeri Koruyucu örneğinde gözlemlenirken, %0,3 oranında propolis ve bitki ekstraktı kullanılan örneklerde (MAP-3) kırmızılık değeri önemli ölçüde artmıştır. Bu renk farklılaşmasının sebebi, formülasyonda kullanılan bitki ekstraktının renk değişiklikleri olabilir.

Mayonezdeki sarılığını ifade eden b* değerlerinin $10,39 \pm 0,08$ ile $22,53 \pm 0,03$ arasında geniş bir aralık gösterdiği belirlenmiştir. En düşük sarılık değeri MAP-1 örneğinde, en yüksek sarılık değeri ise MP-3 örneğinde tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında üretilen mayonezlerin formülasyonunda %9 yumurta sarısı kullanılmıştır. Bu durum, sarılık değerini ifade eden b* değerini ticari olarak satın alınan örneğe göre yükseltmiştir. Yumurta sarısının rengi, yağda çözünen karotenoidlerden lutein, zeaksantin, β -cryptoxanthin ve az miktarda β -karotenden kaynaklandığı bildirilmektedir (Mustapha, 2016).

Mayonez örneklerinin beyazlık indeksi (WI) değerleri hesaplandığında; en yüksek değer $87,60 \pm 0,04$ ile Ticari örneğine, en düşük değeri ise $76,81 \pm 0,03$ ile MP-3 örneğine ait olduğu tespit edilmiştir. Literatürde propolis ve *Alchemilla persica* kullanılarak üretilen mayonezlerle ilgili bir çalışmaya rastlanmadığı için, elde edilen sonuçlar doğrudan konu ile ilgili bilimsel çalışma sonuçlarıyla karşılaştırılamamıştır.

Ancak, Ataie vd., (2019) tarafından yapılan çalışmada, kontrol mayonez örneğinin beyazlık indeksi değeri ($79,58 \pm 0,002$) çalışmamızda elde edilen kontrol örneği değeri ile benzerlik göstermektedir. Yağ ikamesi olarak hidrokolloidlerin kullanıldığı az yağlı mayonez örneklerinin incelendiği bir çalışmada beyazlık indeksi değerlerinin $74,12 \pm 0,52$ ile $80,87 \pm 4,83$ arasında değiştiği belirtilmiştir (Rojas-Martin vd., 2023). Başka bir çalışmada ksantan ve guar zamlarıyla formüle edilen mayonezin beyazlık indeksi değerleri $73,062 \pm 0,893$ ile $78,142 \pm 0,674$ arasında değişmiştir (Kumar vd., 2021). Çalışmamızda hesaplanan beyazlık indeksi (WI) değerlerinin, literatürdeki çalışmalara yakın ancak genellikle daha yüksek seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, diğer çalışmalarda kullanılan yağ miktarı ve eklenen gam türü ile ilişkilendirilmiştir. Mayonezde yağ oranının azalması ve gam kullanımı, emülsiyonun ışık yansıtma özelliğini değiştirerek renk bileşenlerinde farklılıklara neden olabilir (Golchoobi vd., 2016). Bunun sonucunda, mayonezin daha açık veya mat bir renkte görünmesi, renk değerleri üzerinde etkili olmakta ve dolayısıyla beyazlık indeksini de etkilemektedir.

4.4. Mayonez Örneklerinin Emülsiyon Stabilite Değerleri

Mayonezin kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden biri emülsiyon stabilitesidir (Drozdowska-Sobieraj vd., 2020). Emülsiyonun stabilitesini ise kullanılan emülgatörün türü ve miktarı, yağ globüllerinin büyüklüğü, karışımın viskozitesi, uygulanan karıştırma yöntemi, pH değeri ve sıcaklık gibi etkenler doğrudan etkiler (Cornelia vd., 2015).

Tablo 4.3. Mayonez örneklerinin emülsiyon stabilite değerleri (Ortalama $\pm$ SS)

Örnekler	Emülsiyon Stabilitesi (%)
Kontrol	$92,44 \pm 1,19^b$
Koruyucu	$87,82 \pm 2,82^{cd}$
Ticari	$99,15 \pm 0,17^a$
MP-1	$89,54 \pm 0,48^c$
MP-3	$90,66 \pm 1,10^{bc}$
MA-1	$86,25 \pm 2,72^d$
MA-3	$86,05 \pm 0,51^d$
MAP-1	$83,87 \pm 2,61^d$
MAP-3	$86,19 \pm 0,86^d$

Çalışma kapsamında üretilen farklı formülasyonlara sahip mayonez örneklerinin emülsiyon stabilite değerleri Tablo 4.3'te sunulmuştur. En yüksek emülsiyon stabilitesi değerinin Ticari mayonezde ($99,15 \pm 0,17$), en düşük emülsiyon stabilitesinin ise tüm bitki ekstraktı içeren mayonezlerde olduğu görülmüştür. Mayonez formülasyonuna eklenen bitki ekstraktlarının, mayonezden ayrılan yağ miktarını artırarak emülsiyon stabilitesini düşürdüğü belirlenmiştir. Bununla birlikte, mayoneze sadece propolis ilavesiyle Koruyucu örneğinden daha güçlü emülsiyonlar oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar gruplar arasında emülsiyon stabilitesi açısından ($p < 0,05$) anlamlıdır ve farklı formülasyonların emülsiyon stabilitesi üzerinde istatistiksel olarak etkili olduğunu göstermektedir.

Çalışmada elde edilen santrifüj stabilitesi değerleri, literatürde konuya ilişkin yapılan bazı çalışmalarla uyumlu bulunurken (Safitri vd., 2019; Park vd., 2020), emülgatör kullanılan bazı diğer çalışmalara göre ise (Kumar vd., 2021; Wang vd., 2022) daha düşük bulunmuştur. Mayonez örneklerinin üretiminde kullanılan yumurta sarısındaki lesitin doğal bir emülgatör olarak işlev görse de, yüksek yağ içeriğine sahip mayonezlerde düşük stabilitenin, yetersiz emülgatör nedeniyle yağ damlacıklarının birleşmesinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Mun vd., 2009). Propolis ve *Alchemilla persica* ekstraktları kullanılarak üretilen mayonez örneklerinin yapısını iyileştirmek amacıyla, ileriki çalışmalarda formülasyona yumurta sarısında bulunan lipoproteinlerin yanı sıra belirli oranlarda emülgatör eklenmesi önerilebilir.

4.5. Mayonez Örneklerinin pH Değerleri

Mayonezin bileşenleri arasında yer alan yumurta veya yumurta sarısı (pH 6-7) ile şeker (pH 6,5) düşük asitli bileşenler olarak kabul edilmektedir. Ancak bitkisel yağlar mayonezin pH seviyesini doğrudan etkilemez. Bunun yerine, pH üzerinde asetik asit gibi yapım sırasında kullanılan bileşenler belirleyici rol oynar (Smittle, 2000). Bu doğrultuda, 0, 30, 60 ve 90 gün boyunca oda sıcaklığında depolanan mayonez örneklerinin pH değerleri ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 4.4'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, mayonez örneklerinin pH değerleri $3,36 \pm 0,20$ ile $4,23 \pm 0,06$ arasında değişiklik göstermektedir. En düşük pH değeri Ticari mayonez örneğinde gözlemlenirken, en yüksek pH değeri ise Koruyucu mayonez örneğine aittir.

Aksoy (2021), mayonez için ideal pH aralığının 4,2 ile 4,5 arasında olduğu belirtilmiştir. Bu bağlamda, koruyucu eklenmiş mayonez örneğinin pH değerinin önerilen aralıkta olduğu, ticari olarak satın alınan mayonez örneğinin ise bu aralığın altında kaldığı belirlenmiştir.

Tablo 4.4. Mayonez örneklerinin zamana göre pH değişimleri (Ortalama $\pm$ SS)

Zaman (Gün)	0	30	60	90
Kontrol	3,86 $\pm$ 0,07 ^{Ab}	3,93 $\pm$ 0,04 ^{Aab}	3,90 $\pm$ 0,07 ^{Ab}	3,88 $\pm$ 0,10 ^{Ab}
Koruyucu	4,20 $\pm$ 0,02 ^{Aa}	4,23 $\pm$ 0,06 ^{Aa}	4,13 $\pm$ 0,06 ^{Aa}	4,17 $\pm$ 0,09 ^{Aa}
Ticari	3,54 $\pm$ 0,20 ^{Ac}	3,59 $\pm$ 0,28 ^{Ab}	3,36 $\pm$ 0,20 ^{Ac}	3,37 $\pm$ 0,12 ^{Ac}
MP-1	3,83 $\pm$ 0,07 ^{Abc}	3,90 $\pm$ 0,04 ^{Aab}	3,78 $\pm$ 0,07 ^{Ad}	3,88 $\pm$ 0,09 ^{Ab}
MP-3	3,86 $\pm$ 0,06 ^{Ab}	3,93 $\pm$ 0,04 ^{Aab}	3,81 $\pm$ 0,04 ^{Ac}	3,89 $\pm$ 0,03 ^{Aab}
MA-1	3,87 $\pm$ 0,06 ^{Ab}	3,91 $\pm$ 0,04 ^{Aab}	3,79 $\pm$ 0,08 ^{Ac}	3,81 $\pm$ 0,15 ^{Ab}
MA-3	3,92 $\pm$ 0,06 ^{Aa}	3,92 $\pm$ 0,02 ^{Aab}	3,77 $\pm$ 0,07 ^{Ad}	3,83 $\pm$ 0,13 ^{Ab}
MAP-1	3,88 $\pm$ 0,06 ^{ABb}	3,92 $\pm$ 0,04 ^{Aab}	3,76 $\pm$ 0,06 ^{Bd}	3,85 $\pm$ 0,08 ^{ABb}
MAP-3	3,90 $\pm$ 0,07 ^{Aa}	3,92 $\pm$ 0,04 ^{Aab}	3,80 $\pm$ 0,07 ^{Ac}	3,83 $\pm$ 0,09 ^{Ab}

Satırlarda yer alan farklı büyük harfler, depolama süresince meydana gelen istatistiksel farkları; sütunlarda yer alan farklı küçük harfler ise mayonez çeşidindeki istatistiksel farkları ifade etmektedir. Bu farklar, $p < 0,05$ önem seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

Propolis ve *Alchemilla persica* ilaveli mayonez örneklerinin pH değerleri genel olarak değerlendirildiğinde, $3,76 \pm 0,06$ ile $3,93 \pm 0,04$ arasında değiştiği görülmektedir. TS 9777 Mayonez Standardı'na göre, mayonezin pH değerinin en fazla 4 olması gerektiği belirtilmiştir. Literatürde ise mayonezin zararlı mikroorganizmalardan (örneğin *Salmonella*) korunması için pH seviyesinin 4,1 veya daha düşük olması gerektiği ifade edilmiştir (Smittle, 2000). Bu çalışma kapsamında üretilen tüm mayonez örneklerinin pH değerlerinin ilgili standartlara uygun olduğu ve propolis ile *Alchemilla persica* ilavesinin mayonezin pH seviyesi üzerinde olumsuz bir etkisinin bulunmadığı söylenebilir.

Mayonez örneklerinin depolama süresi boyunca pH değerlerinde meydana gelen değişim incelenmiş olup, depolama süresine bağlı olarak pH değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p < 0,05$). Ancak, MAP-1 örneğinde depolama süreci boyunca dalgalanmalar gözlemlenmiş olup, 90. gün sonunda pH değeri başlangıç seviyesine dönmüştür. Bu durum, olasılıkla ölçüm tekrarı veya analiz sırasında oluşan sistematik bir hatadan kaynaklanmış olabilir.

Kishk ve Elsheshetawy (2013), çalışmalarında zencefil tozunun farklı konsantrasyonlarının (%0-1,25) mayonez üzerindeki etkisini 20 haftalık depolama süresi boyunca incelemiştir. Başlangıçta tüm örneklerin pH değeri 4,3 olup, zencefil tozu eklenmesi pH değerini etkilememiştir. Ancak depolama sürecinde pH önemli ölçüde azalarak zencefil konsantrasyonuna bağlı olarak 3,4 ile 3,9 arasında değişmiştir. Başka bir çalışmada, mayoneze farklı konsantrasyonlarda (100, 250 ve 500 ppm) kolza tohumu ekstraktı eklenerek oksidatif stabilite artırılmaya çalışılmış ve pH değişimi incelenmiştir. İlk hafta pH artmış, ardından sabit kalmış, ancak 7. ve 8. haftalarda 500 ppm ekstrakt içeren ve kontrol örneklerinde pH düşüşü gözlemlenmiştir (Kim ve Lee, 2017). Elma kabuğu ekstraktının (%0-1,25) mayonezin kalite ve oksidatif stabilitesi üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, 60 günlük depolama süresince tüm örneklerin pH değeri azalmış ve 3,5 ile 3,7 arasında değişmiştir. Ancak, ekstrakt konsantrasyonu arttıkça pH düşüşü azalmış, bu da elma kabuğunun pH üzerinde belirgin bir etkisi olmadığını ortaya koymuştur (Khalid vd., 2021).

4.6. Mayonez Örneklerinin Toplam Asitlik Değerleri

Toplam asitlik değeri, titrasyon yöntemi kullanılarak ve titre sıvısındaki renk değişimini gösteren bir gösterge ile tespit edilmiştir (Safitri vd., 2019). Oda sıcaklığında 0, 30, 60 ve 90 gün boyunca depolanan mayonez örneklerinin toplam asitlik değerleri (% asetik asit cinsinden) Tablo 4.5'te sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, toplam asitlik değerleri $0,33 \pm 0,03$ ile $0,46 \pm 0,03$ arasında değişim göstermiştir. Çalışmanın bulguları, 90 günlük depolama sürecinin mayonez örneklerinin toplam asitlik değerlerinde anlamlı bir değişikliğe yol açmadığını ortaya koymaktadır ($p < 0,05$). Yalnızca Kontrol örneğinin 60. gününde toplam asitlik değerlerinde anlamlı bir değişiklik gözlemlenmiş olup, bunun analiz hatasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Her iki değerdeki (pH ve toplam asitlik) değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olmaması, ürünün asitlik dengesi açısından stabil kaldığını ve beklenen bir durum olduğunu göstermektedir.

TS 9777 Mayonez Standardı'na göre toplam asitlik değerinin en fazla %2,5 (m/m) olması gerektiği belirtilmiştir. Bu doğrultuda elde edilen sonuçlar, üretilen tüm mayonez örneklerinin söz konusu standarda uygun olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.5. Mayonez örneklerinin zamana göre toplam asitlik değişimleri (Ortalama $\pm$ SS)

Zaman (Gün)	0	30	60	90
Kontrol	0,37 $\pm$ 0,02 ^{Aa}	0,36 $\pm$ 0,03 ^{Aa}	0,46 $\pm$ 0,03 ^{Ba}	0,33 $\pm$ 0,03 ^{Ac}
Koruyucu	0,34 $\pm$ 0,04 ^{Aa}	0,38 $\pm$ 0,05 ^{Aa}	0,36 $\pm$ 0,05 ^{Ac}	0,41 $\pm$ 0,05 ^{Aa}
Ticari	0,36 $\pm$ 0,05 ^{Aa}	0,34 $\pm$ 0,01 ^{Aa}	0,33 $\pm$ 0,03 ^{Ac}	0,36 $\pm$ 0,02 ^{Ab}
MP-1	0,35 $\pm$ 0,01 ^{Aa}	0,41 $\pm$ 0,12 ^{Aa}	0,39 $\pm$ 0,06 ^{Abc}	0,33 $\pm$ 0,09 ^{Ac}
MP-3	0,38 $\pm$ 0,01 ^{Aa}	0,37 $\pm$ 0,04 ^{Aa}	0,37 $\pm$ 0,03 ^{Ac}	0,34 $\pm$ 0,03 ^{Abc}
MA-1	0,36 $\pm$ 0,00 ^{Aa}	0,35 $\pm$ 0,04 ^{Aa}	0,35 $\pm$ 0,02 ^{Acce}	0,33 $\pm$ 0,03 ^{Ac}
MA-3	0,39 $\pm$ 0,02 ^{Aa}	0,42 $\pm$ 0,19 ^{Aa}	0,35 $\pm$ 0,11 ^{Acce}	0,36 $\pm$ 0,15 ^{Ab}
MAP-1	0,36 $\pm$ 0,03 ^{Aa}	0,42 $\pm$ 0,11 ^{Aa}	0,40 $\pm$ 0,07 ^{Ab}	0,36 $\pm$ 0,09 ^{Ab}
MAP-3	0,39 $\pm$ 0,02 ^{Aa}	0,45 $\pm$ 0,09 ^{Aa}	0,44 $\pm$ 0,06 ^{Aa}	0,36 $\pm$ 0,07 ^{Ab}

Satırlarda yer alan farklı büyük harfler, depolama süresince meydana gelen istatistiksel farkları; sütunlarda yer alan farklı küçük harfler ise mayonez çeşidindeki istatistiksel farkları ifade etmektedir. Bu farklar, $p < 0,05$ önem seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

Titre edilebilir asitlik, mayonez örneklerinin pH değeri ile ilişkilidir (Zhu vd., 2012). Ancak farklı katkı maddelerinin eklenmesi, doğaları ve tamponlama özelliklerine bağlı olarak pH ve titre edilebilir asitliği çeşitli şekillerde etkileyebilir (Droźłowska-Sobieraj vd., 2020). Limon suyu ve sirke kullanılarak hazırlanan ev yapımı mayonezin asitlik türünün incelendiği bir çalışmada, mayonezdeki asitlendirici miktarına bağlı olarak titrasyon asitliğinin %0,18 ile %0,30 arasında değiştiği ve bu faktörün mayonezin özellikleri üzerinde belirleyici bir rol oynadığı belirlenmiştir (Zhu vd., 2012). Bir başka çalışmada pastörize ve pastörize edilmemiş devekuşu ve tavuk yumurtalarından üretilen mayonezin 4 °C’de depolanması sırasında titrasyon asitliği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, pastörize tavuk yumurtalarından yapılan mayonezin titrasyon asitliği, 20 haftalık depolama süresi boyunca %0,238 ile %0,242 arasında değişim göstermiştir (Abu-Salem ve Abou-Arab, 2006). Ancak, bu değerler çalışmamızla karşılaştırıldığında daha düşük bulunmuştur. Bu farklılık, kullanılan hammaddeler, üretim koşulları veya depolama sürecindeki değişkenlerden kaynaklanıyor olabilir. Diğer yandan, keten tohumu unu ekstraktı ilaveli düşük yağlı mayonezlerin fiziko-kimyasal özelliklerinin incelendiği çalışmada, titrasyon asitliğinin %0,48 ile %0,72 arasında değiştiği belirlenmiştir (Droźłowska-Sobieraj vd., 2020). Zencefil ekstraktının tam yağlı mayonez üzerindeki etkisinin incelendiği bir başka çalışmada, çalışma koşullarımıza benzer şekilde işlenmemiş mayonez ve ticari mayonez kullanılmış olup, asitlik sonuçlarının %0,833 ile %0,947 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ayrıca, zencefil çeşidinin işlenmesinin,

mayonezin toplam asitliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Safitri vd., 2019). Ketan tohumu unu ve zencefil ekstraktının mayoneze ilave edildiği asitlik değerleri, çalışmamızda elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur. Mayonezin toplam asitlik değeri ne kadar yüksek olursa pH değeri de o kadar düşük olduğu ifade edilmiştir (Safitri vd., 2019).

4.7. Mayonez Örneklerinin Serbest Yağ Asitliği Değerleri

Trigliserit formundaki yağ globülleri, hidroliz sonucunda serbest yağ asitlerine dönüşmektedir. Serbest yağ asitleri, yağ açısından zengin ürünlerde önemli bir kalite kriteri olup, mayonez gibi ürünlerde ekşime göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Kaur vd., 2011). Bu doğrultuda, mayonez örneklerinin 90 günlük depolama süresi boyunca serbest yağ asitliği (% oleik asit cinsinden) değerlerindeki değişim izlenmiş ve sonuçlar Tablo 4.6'da sunulmuştur. Ticari örnekte yağ fazının ayrışmaması nedeniyle analiz sonuçları elde edilememiş ve bu nedenle veriler tabloya yansıtılamamıştır.

Tablo 4.6. Mayonez örneklerinin zamana göre serbest yağ asitliği değişimleri (Ortalama $\pm$ SS)

Zaman (Gün)	0	30	60	90
Kontrol	0,47 $\pm$ 0,07 ^{Cab}	0,46 $\pm$ 0,00 ^{Cc}	1,91 $\pm$ 0,00 ^{Bbcd}	2,34 $\pm$ 0,00 ^{Aa}
Koruyucu	0,60 $\pm$ 0,00 ^{Ba}	0,69 $\pm$ 0,09 ^{Ba}	2,37 $\pm$ 0,06 ^{Aab}	2,39 $\pm$ 0,24 ^{Aa}
Ticari	-	-	-	-
MP-1	0,44 $\pm$ 0,02 ^{Cb}	0,49 $\pm$ 0,02 ^{Cbc}	1,65 $\pm$ 0,00 ^{Bcd}	1,77 $\pm$ 0,03 ^{Ab}
MP-3	0,49 $\pm$ 0,04 ^{Dab}	0,59 $\pm$ 0,01 ^{Cab}	1,44 $\pm$ 0,00 ^{Bd}	1,57 $\pm$ 0,00 ^{Ab}
MA-1	0,37 $\pm$ 0,05 ^{Bb}	0,50 $\pm$ 0,04 ^{Bbc}	2,36 $\pm$ 0,06 ^{Aab}	2,53 $\pm$ 0,20 ^{Aa}
MA-3	0,44 $\pm$ 0,07 ^{Cb}	0,48 $\pm$ 0,02 ^{Cc}	2,15 $\pm$ 0,41 ^{Bbc}	2,66 $\pm$ 0,23 ^{Aa}
MAP-1	0,39 $\pm$ 0,04 ^{Bb}	0,51 $\pm$ 0,02 ^{Bbc}	2,82 $\pm$ 0,60 ^{Aa}	2,54 $\pm$ 0,51 ^{Aa}
MAP-3	0,45 $\pm$ 0,05 ^{Bb}	0,58 $\pm$ 0,03 ^{Bb}	2,32 $\pm$ 0,26 ^{Aab}	2,40 $\pm$ 0,33 ^{Aa}

Satırlarda yer alan farklı büyük harfler, depolama süresince meydana gelen istatistiksel farkları; sütunlarda yer alan farklı küçük harfler ise mayonez çeşidindeki istatistiksel farkları ifade etmektedir. Bu farklar, $p < 0,05$ önem seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

Tablo 4.6'da sunulan veriler, mayonezden ekstrakte edilen serbest yağ asitliği değerlerinin $0,37 \pm 0,05$ ile $2,82 \pm 0,60$ arasında değiştiğini göstermektedir. Bu sonuçlara göre, tüm mayonez örneklerinde serbest yağ asitliği değerinin depolama süresi boyunca arttığı söylenebilir. Koruyucu, MA-1, MAP-1 ve MAP-3 örneklerinin 0. ve 30.

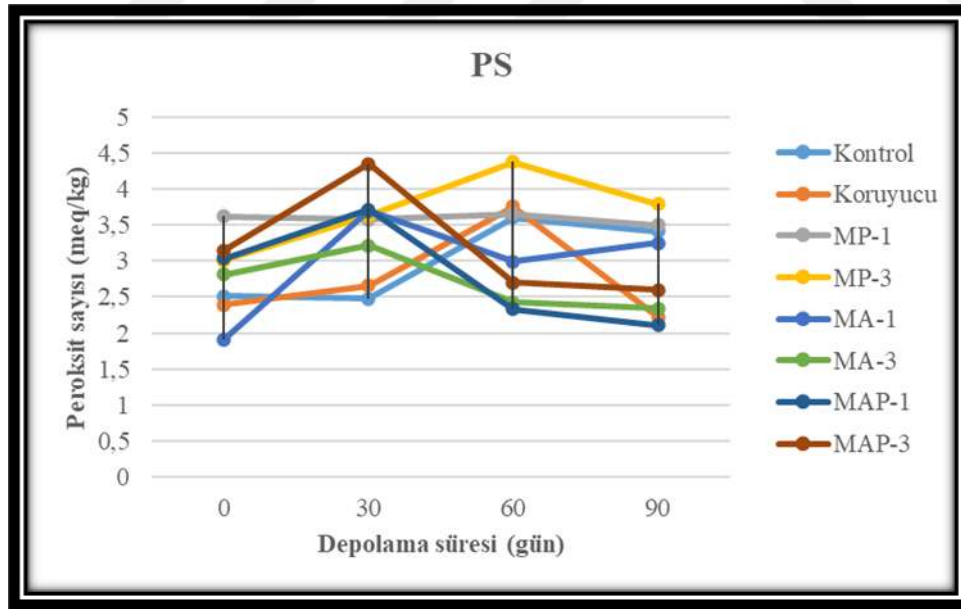
günlerdeki serbest yağ asitliği değerleri istatistiksel olarak benzer düzeydedir. 60. ve 90. günlerde ise serbest yağ asitliği değerleri anlamlı şekilde artmış; ancak bu iki zaman noktasında da gruplar kendi içinde istatistiksel olarak benzer kalmıştır.

Benzer şekilde Kontrol, MP-1 ve MA-3 örneklerinin 0. ve 30. günlerde serbest yağ asitliği değerleri istatistiksel olarak benzer olup, anlamlı bir değişim göstermemektedir. 60. günden itibaren tüm gruplarda değerlerde anlamlı artış görülmüş ve bu artış 90. günde en yüksek düzeye ulaşarak sabitlenmiştir. MP-3 örneğinde serbest yağ asitliği değerleri zamanla artış eğilimi göstermiştir ve her ölçüm noktasında elde edilen değerler istatistiksel olarak anlamlı şekilde birbirinden farklıdır. Bununla birlikte, propolis ilaveli mayonez örneklerinde serbest yağ asitliği artışı, diğer örneklerle kıyasla daha düşük seviyede gerçekleşmiştir ($p<0,05$).

Yağlardaki serbest yağ asidi miktarı, lipaz enziminin varlığı ve aktivitesi ya da diğer hidrolitik etkilerin bir göstergesidir. Dolayısıyla, depolama süresine bağlı olarak serbest yağ asitliği artışı, yağlarda ransidite (acılaşma) seviyesinin yükseldiğini de göstermektedir (Depree ve Savage, 2001). Sonuç olarak, propolis ilavesinin mayonezde ransiditeyi önleyerek yağların acılaşmasını engellediği söylenebilir. Likopen eklenerek mayonezin raf ömrünün artırılmasının amaçlandığı bir çalışmada, mayonezin başlangıçtaki serbest yağ asit içeriği %0,23 olarak belirlenmiştir. Dört aylık depolama süresi sonunda, serbest yağ asit içeriği kontrol örneklerinde %0,52'ye, test örneklerinde ise %0,36'ya yükselmiştir (Kaur vd., 2011). Bu değerler, üç aylık depolama sonucunda çalışmamızda elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında daha düşük bulunmuştur. Başka bir çalışmada, yer fıstığı yağı ve soya yağı bazlı mayonezin depolama stabilitesi incelenmiştir. Sonuçlara göre, %78 yer fıstığı yağı içeren mayonezde serbest yağ asitliği başlangıçta 1,13 iken, 6. hafta sonunda en yüksek değer olan 2,91'e ulaşmıştır. Serbest yağ asidi değerlerinin depolama süresi boyunca arttığı gözlemlenmiş olup, bu artış lipaz enziminin varlığını göstermektedir (Chukwu ve Sadiq, 2008). Bu bulgular, 12 haftalık depolama sonunda çalışmamızda elde edilen verilerle karşılaştırıldığında eş değer bulunmuştur. Ayrıca, mayonez üretiminde kullanılan yağın, ürün stabilitesinin korunmasında etkili olabileceği tespit edilmiştir.

4.8. Mayonez Örneklerinin Oksidasyon Testleri

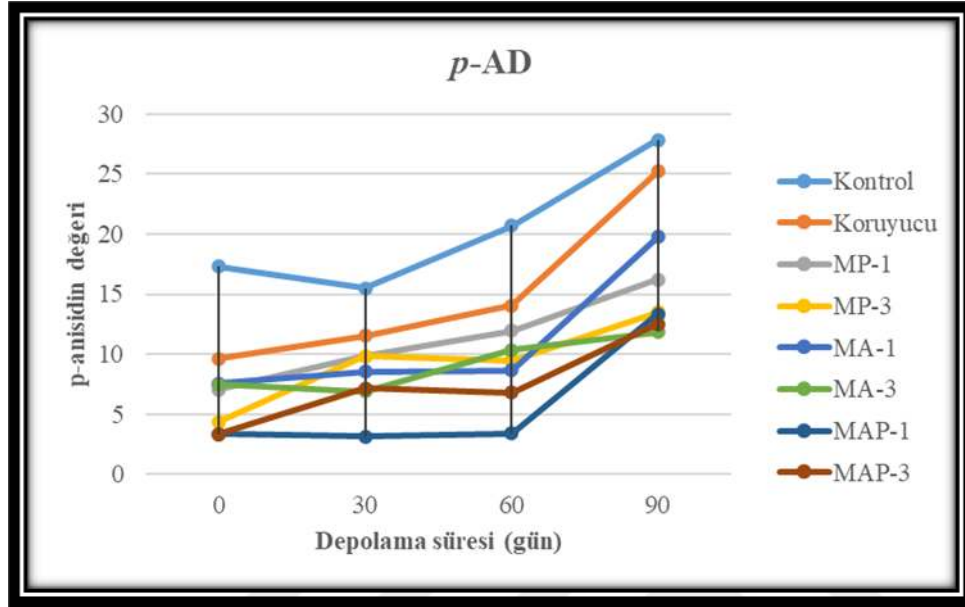
Oksidasyon derecesi, yağlarda meydana gelen birincil oksidasyon ürünlerinin konsantrasyonunun (peroksit sayısı, PS) ve ikincil oksidasyon ürünlerinin konsantrasyonunun (*p*-anisidin değeri, *p*-AD) belirlenmesiyle değerlendirilmektedir. PS değerinin iki ile çarpılıp *p*-AD ile toplanmasıyla toplam oksidasyon (TO) değeri hesaplanmaktadır. *p*-anisidin değeri, aldehytleri (sürekli artan hidroperoksitlerin bozunma ürünleri) ölçerken, peroksit sayısı hidroperoksitleri (önce artıp sonra azalan) ölçmektedir. Bu nedenle, lipid oksidasyonu sürecinde toplam oksidasyon değeri genellikle sürekli olarak yükselmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yaygın olmasa da *p*-anisidin ve toplam oksidasyon değerleri Avrupa'da yaygın olarak kullanılmaktadır (Stauffer, 1996; Nielsen, 2020). Çalışma kapsamında üretilen mayonez örneklerinin 90 günlük depolama süresince PS ve *p*-AD değerleri ölçülerek TO değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen PS ve *p*-AD değerleri Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te görselleştirilmiş, hesaplanan TO verileri ise Tablo 4.7'de sunulmuştur. Ticari örnekte yağ fazının ayrışmaması nedeniyle analiz sonuçları elde edilememiş ve bu nedenle veriler tabloya yansıtılamamıştır.



Şekil 4.3. Mayonez örneklerinin zamana göre peroksit sayısı değişimleri

Şekil 4.3'ten görüldüğü gibi, lipid oksidasyonu sırasında, peroksit değerinin başlangıçta arttığı, ancak hidroperoksitlerin ayrışmasıyla birlikte daha sonra azaldığı sıklıkla

gözlemlenmiştir (Kishk ve Elsheshetawy, 2013). Hidroperoksitlerin aksine, aldehitler hızla ayrışmaz; bu nedenle, bir yağın geçmişi *p*-anisidin değeri ile belirlenebilir (Shahidi ve Wanasundara, 2002).



Şekil 4.4. Mayonez örneklerinin zamana göre *p*-anisidin değeri değişimleri

Mayonezdeki lipidlerin oksidasyonu sonucu oluşan reaksiyon ürünleri, sağlık açısından büyük önem taşımaktadır (Coupland ve McClements, 1996). Ayrıca, bu oksidasyonun neden olduğu istenmeyen tatlar tüketicinin kabulünü azaltarak mayonezin raf ömrünü kısaltmaktadır (Alemán vd., 2015). Ancak, mayonez örneklerinin toplam oksidasyonunu ifade eden totoks değeriyle ilgili herhangi bir yasal sınıra literatürde rastlanmamıştır. Yalnızca, Alman Gıda Kodeksi'ne göre soğuk preslenmiş yağların tüketilebilir olması için totoks değerlerinin <20 olması gerektiği belirtilmiştir (Matthäus ve Brühl, 2015).

Tablo 4.7. Mayonez örneklerinin zamana göre toplam oksidasyon değişimleri (Ortalama $\pm$ SS)

Zaman (Gün)	0	30	60	90
Kontrol	22,32 $\pm$ 3,42 ^{Ca}	20,45 $\pm$ 0,77 ^{Ca}	27,89 $\pm$ 1,26 ^{Ba}	34,65 $\pm$ 3,59 ^{Aa}
Koruyucu	14,41 $\pm$ 0,01 ^{Cb}	16,84 $\pm$ 0,01 ^{Cb}	21,59 $\pm$ 8,33 ^{Bb}	29,64 $\pm$ 1,34 ^{Ab}
Ticari	-	-	-	-
MP-1	14,28 $\pm$ 0,02 ^{Cb}	16,99 $\pm$ 4,15 ^{Bb}	19,24 $\pm$ 9,89 ^{Bbc}	23,22 $\pm$ 4,76 ^{Ad}
MP-3	10,39 $\pm$ 0,03 ^{Cbc}	17,07 $\pm$ 0,02 ^{Bb}	18,21 $\pm$ 7,11 ^{Bc}	21,09 $\pm$ 1,17 ^{Ad}
MA-1	11,39 $\pm$ 1,48 ^{Cbc}	15,95 $\pm$ 1,87 ^{Bbc}	14,65 $\pm$ 5,38 ^{Bd}	26,28 $\pm$ 1,45 ^{Ac}
MA-3	13,10 $\pm$ 0,04 ^{Bbc}	13,33 $\pm$ 0,03 ^{Bcd}	15,22 $\pm$ 0,01 ^{ABd}	16,54 $\pm$ 6,57 ^{Ae}
MAP-1	9,43 $\pm$ 2,12 ^{Bc}	10,57 $\pm$ 0,04 ^{Bd}	8,04 $\pm$ 0,02 ^{Bc}	17,56 $\pm$ 2,23 ^{Ae}
MAP-3	9,65 $\pm$ 0,05 ^{Bbc}	15,88 $\pm$ 0,64 ^{Abc}	12,20 $\pm$ 3,94 ^{Bd}	17,70 $\pm$ 2,28 ^{Ae}

Satırlarda yer alan farklı büyük harfler, depolama süresince meydana gelen istatistiksel farkları; sütunlarda yer alan farklı küçük harfler ise mayonez çeşidindeki istatistiksel farkları ifade etmektedir. Bu farklar, $p < 0,05$ önem seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

Uzun depolama süresi boyunca tüm örneklerde toplam oksidasyon değeri artmıştır. Başlangıçta propolis ve bitki ekstraktı içeren mayonezlerde toplam oksidasyon değerlerinin kontrol örneğine kıyasla daha düşük olması, ekstraktların kısa vadede etkili bir doğal antioksidan işlevi gördüğünü göstermektedir. Ancak uzun süreli depolama sonunda bu farkların ortadan kalkması, ekstraktların oksidatif bozulmayı yalnızca sınırlı bir süreyle geciktirebildiğini ve zamanla antioksidan etkilerinin azaldığını düşündürmektedir. Eğer örnekler buzdolabı koşullarında depolansaydı, düşük sıcaklığın oksidatif reaksiyonları yavaşlatıcı etkisi sayesinde toplam oksidasyon değerleri genel olarak daha düşük olurdu. Bu durumda, propolis ve bitki ekstraktlarının antioksidan etkisi daha uzun süre korunabilir ve kontrol örneği ile olan farklar depolamanın ilerleyen dönemlerinde de istatistiksel olarak anlamlı kalabilirdi. Ayrıca, mayonez örneklerinin propolis ve *Alchemilla persica* ekstreleri ile işlenmesi, birincil oksidasyon ürünleri olan peroksitlerin oluşumunu inhibe etmiş ve ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşumunu ise nispeten önlemiştir.

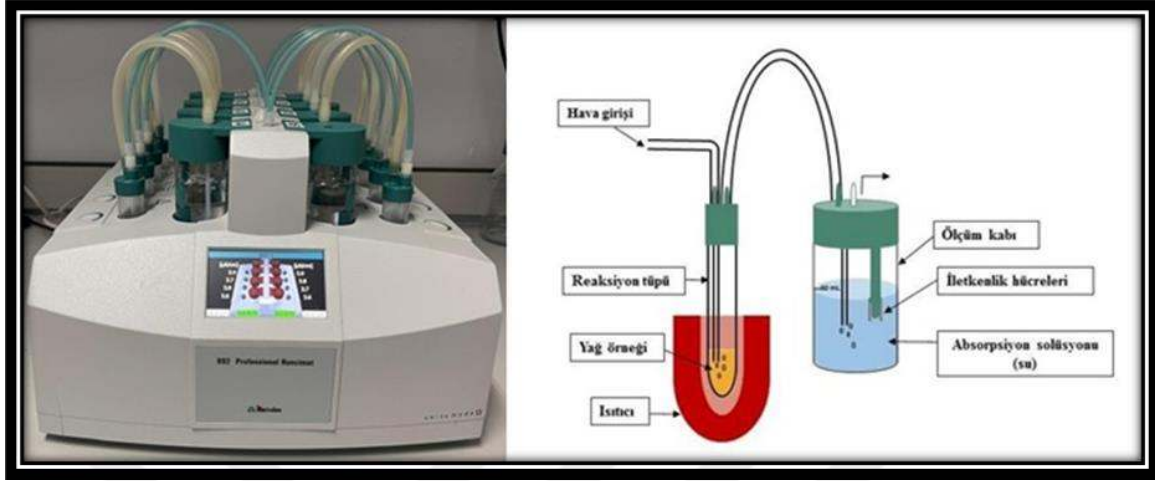
Chia yağı bazlı mayonezde, fıstık kabuğundan elde edilen fenolik ekstraktın doğal bir antioksidan olarak kullanımını inceleyen bir çalışmada, 6 aylık depolama süresinde (25 °C), antioksidan içermeyen mayonez (kontrol) örneğinde totoks değerleri $2,72 \pm 0,70$ ile $153,08 \pm 14,32$ arasında değişim göstermiştir. Diğer yandan, fıstık kabuğu ekstraktı içeren örnekte, totoks değerleri $2,72 \pm 0,70$ ile $27,70 \pm 1,19$ arasında değişim

göstermiştir. Bu sonuçlar, fıstık kabuğu ekstraktının mayonezdeki oksidasyonu önemli ölçüde azalttığını ve dolayısıyla ürünün raf ömrünü uzattığını göstermektedir (Bodoira vd., 2023). Başka bir çalışmada, soya yağı bazlı mayoneze fıstık kabuğu ekstraktı dahil edilmiş ve 6 aylık depolama süresinin (25 °C) ardından totoks değerlerinde değişiklikler gözlemlenmiştir. Herhangi bir antioksidan eklenmemiş mayonez ile iki yaygın sentetik katkı maddesinin (BHT ve EDTA) bulunduğu mayonez örneklerinin totoks değerleri sırasıyla $153,9 \pm 6,42$ ve $115,0 \pm 2,95$ olarak belirlenmiştir. İki farklı konsantrasyonda (1 ve 2 mg/g mayonez) fıstık kabuğu ekstraktı içeren mayonez örneklerinin totoks değerleri ise sırasıyla $52,4 \pm 6,48$ ve $38,3 \pm 3,09$ olarak hesaplanmıştır (Bodoira vd., 2024). Bu değerler, çalışmamıza göre yüksek olmakla birlikte, depolama süresinin de uzun olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlara ek olarak, Tablo 4.7'deki veriler incelendiğinde, literatürdeki çalışmalara benzer olarak, 25 °C'de saklanan mayonez örneklerinde, 4 °C'de saklanana kıyasla daha yüksek toplam oksidasyon ölçülmüştür (Li vd., 2014b). Düşük kolesterol ve yağ içerikli mayonez üretiminde avokado püresinin kullanım olanaklarını araştıran bir çalışmada, depolama sıcaklığı (4, 25 ve 35 °C) ve süresine (0, 5, 15, 3 ve 45 gün) bağlı olarak mayonezlerin peroksit, *p*-anisidin ve totoks değerlerinin değişimi incelenmiştir. Geleneksel mayonezlerin 4 °C depolama sıcaklığındaki totoks değerlerinin $3,40 \pm 0,61$ ile $14,40 \pm 0,72$ arasında, avokado püresi kullanılarak üretilen mayonezlerin ise $8,71 \pm 0,07$ ile $14,77 \pm 0,08$ arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Çalışmamıza benzer şekilde 25 °C'de depolanan geleneksel mayonezlerin totoks değerlerinin $3,40 \pm 0,61$ ile $20,62 \pm 0,07$ arasında, avokado püresi içeren mayonezlerin ise $8,71 \pm 0,07$ ile $19,52 \pm 0,46$ arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Depolama sıcaklığının 35 °C'ye yükselmesiyle, 45. gün sonunda geleneksel ve avokadolulu mayonezlerin totoks değerleri sırasıyla $24,15 \pm 0,55$ ve $27,32 \pm 0,93$ olarak ölçülmüştür (Komaç, 2018). Ortam sıcaklığında depolamanın totoks değerini önemli ölçüde artırdığı fark edilebilir. Çalışmamızda üretilen mayonez örneklerinin buzdolabı sıcaklığında (4 °C) depolanmasının, peroksit sayısı ve *p*-anisidin değerini dolayısıyla toplam oksidasyonu yavaşlatacağı öngörülmektedir.

4.9. Oksidatif Stabilité (Ransimat) Testi

Mayonez örneklerinin oksidatif stabilitesi, İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilen hızlandırılmış oksidasyon testi ile

değerlendirilmiştir. Bu test, Ransimat cihazı (Metrohm, 892) kullanılarak yapılmıştır. Cihaza ait görsel ve şematik gösterim Şekil 4.5'te sunulmuştur.



Şekil 4.5. Ransimat cihazı ve şematik gösterimi (Şahin, 2019)

Ransimat testi, Şekil 4.5'te gösterildiği gibi, iletkenlik hücreleri kullanılarak oksidasyon ürünlerinin tespitini sağlayan hızlandırılmış bir oksidasyon yöntemidir. Bu yöntemde, reaksiyon tüpündeki örnekten sabit ve yüksek sıcaklıkta hava geçirilerek yağ asitlerinin oksidasyonu sağlanır. Oksidasyon sonucunda ilk olarak birincil ürünler (hidroperoksitler) oluşur; bu ürünler sıcaklık etkisiyle parçalanarak uçucu ikincil ürünlere dönüşür. Ransimat cihazı, bu ikincil ürünlerin sulu ortamda iletkenliği artırmasına kadar geçen süreyi indüksiyon periyodu (IP) olarak ölçer. IP değeri, yağların oksidasyona karşı gösterdiği kararlılığı belirleyen önemli bir parametredir (Shahidi ve Wanasundara, 2002). Mayonez örneklerinin kararlılığını belirtmek için indüksiyon periyodu (IP) değeri kullanılmış ve Tablo 4.8'de sunulmuştur.

Mayonez örneklerinde, IP değerleri en düşük Koruyucu örneğinde ($0,64 \pm 0,00$) bulunurken, en yüksek değer MP-3 örneğinde ($14,71 \pm 2,11$) gözlemlenmiştir. MP-1 ve MAP-3 örneklerine ait IP değerleri, Kontrol ve Koruyucu örneklerine benzer sonuçlar gösterirken, MA-1, MA-3 ve MAP-1 örneklerinin IP değerleri Ticari örneğe benzer bulunmuştur. Bu benzerlikler istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturacak düzeydedir ($p < 0,05$). Çalışmada en dikkat çeken ve istatistiksel olarak anlamlı bulunan bulgu, %0,3 oranında propolis içeren MP-3 örneğinin indüksiyon periyodunda gözlemlenen belirgin

değişimdir; bu da propolisin belirli bir konsantrasyonda biyolojik aktiviteyi anlamlı şekilde etkileyebileceğini göstermektedir.

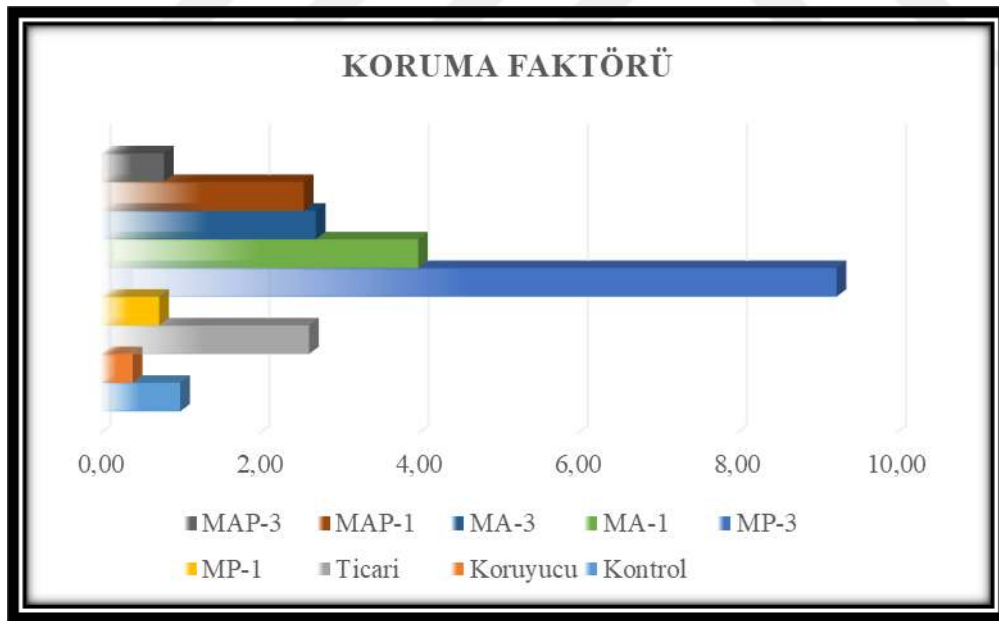
Tablo 4.8. Mayonez örneklerinin indüksiyon periyodu değerleri (Ortalama $\pm$ SS)

Örnekler	IP
Kontrol	1,59 $\pm$ 0,11 ^c
Koruyucu	0,64 $\pm$ 0,00 ^c
Ticari	4,17 $\pm$ 0,57 ^{bc}
MP-1	1,17 $\pm$ 0,01 ^c
MP-3	14,71 $\pm$ 2,11 ^a
MA-1	6,35 $\pm$ 1,31 ^b
MA-3	4,30 $\pm$ 2,10 ^b
MAP-1	4,06 $\pm$ 1,88 ^{bc}
MAP-3	1,27 $\pm$ 0,03 ^c

Baharatlı (biberiye, kekik, zencefil ve karabiber) mayonezin oksidatif stabilitesini değerlendiren bir çalışmada, indüksiyon periyodu (IP) değerindeki azalma, mayonezin oksidasyon hızının düştüğünü göstermiştir. Zencefil içeren mayonezde, yüksek fenolik bileşikler nedeniyle IP değeri hızla düşerken, BHT eklenen örneklerde IP daha stabil kalmıştır (Kwon vd., 2015). Genel olarak, antioksidanlar serbest radikallerle etkileşime girerek oksidasyonu yavaşlatmış ve reaksiyon yayılımını engellemiştir. Bu etkiler özellikle fenolik bileşiklerde belirgin şekilde gözlemlenmiştir (Hassan ve Swet Fan, 2005). Mayonezde doğal bir antioksidan olarak işlenmiş pancarın kullanıldığı bir çalışmada, pancar mikrodalgada, fırında ve kaynatma yöntemleriyle pişirilip %5 oranında mayoneze eklenmiştir. Mikrodalgada pişirilmiş pancar ilave edilen örnek, ticari kontrol dahil tüm diğer örneklerle karşılaştırıldığında daha uzun bir indüksiyon periyoduna (15,88 $\pm$ 0,25 saat) sahip olduğu tespit edilmiştir (Raikos vd., 2016). Bu sonuç, çalışmamızda %0,3 propolis ilave edilen mayonez örneğiyle benzerlik göstermektedir. Mayonez gibi emülsifiye edilmiş gıdaların oksidatif stabilitesini iyileştirmek amacıyla esansiyel yağların katkı maddesi olarak uygulanmasını inceleyen birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bunlardan biri, Ahmadi-Dastgerdi vd., (2017) tarafından yapılan *Achillea millefolium* esansiyel yağının mayonez stabilitesi üzerindeki antioksidan etkilerini belirlemeye yönelik yapılan çalışmadır. Farklı oranlarda uçucu yağ içeren mayonezlerde, uçucu yağ konsantrasyonu ile indüksiyon periyodu arasında doğrudan bir

ilişki bulunmuştur. Uçucu yağ miktarındaki artış, indüksiyon süresinin uzamasına ve oksidasyona karşı direncin artmasına yol açmıştır. En yüksek indüksiyon periyodu, 7,2 mg/mL uçucu yağ içeren mayonez örneğinde (5,67 saat) gözlenirken, en düşük periyot ise antioksidan eklenmemiş kontrol örneğinde (4,2 saat) tespit edilmiştir. Bu değer, çalışmamız kapsamında üretilen kontrol örneğinin IP değeri ($1,59 \pm 0,11$ saat) ile karşılaştırıldığında yüksektir. Ancak, MA-3 ($4,30 \pm 2,10$ saat) ve MAP-1 ($4,06 \pm 1,88$ saat) örneklerinin IP değerleri, uçucu yağ eklenmiş örneğe daha yakın bulunmaktadır.

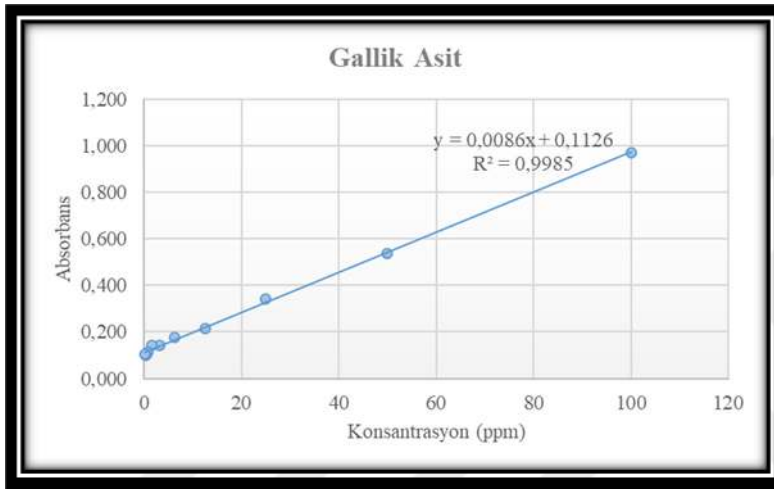
İndüksiyon periyodunun yanı sıra, katkı maddelerinin oksidatif stabilite üzerindeki göreceli etkilerini değerlendirmek amacıyla koruma faktörü (PF) hesaplanmıştır. PF değeri, katkı maddesi içeren mayonez örneğinin indüksiyon periyodunun, katkı maddesi içermeyen kontrol örneğine oranlanmasıyla elde edilmiştir (Şekil 4.6). Bu bağlamda, MP-3 örneği en yüksek PF değerine sahip olarak, oksidasyona karşı en güçlü koruyucu etkiyi göstermiştir. Bu durum, MP-3 formülasyonunda kullanılan bileşenin yağ fazının oksidatif bozulmasına karşı etkili bir stabilizatör görevi gördüğünü ortaya koymaktadır.



Şekil 4.6. Mayonez örneklerinin ransimat testi ile belirlenen koruma faktörleri

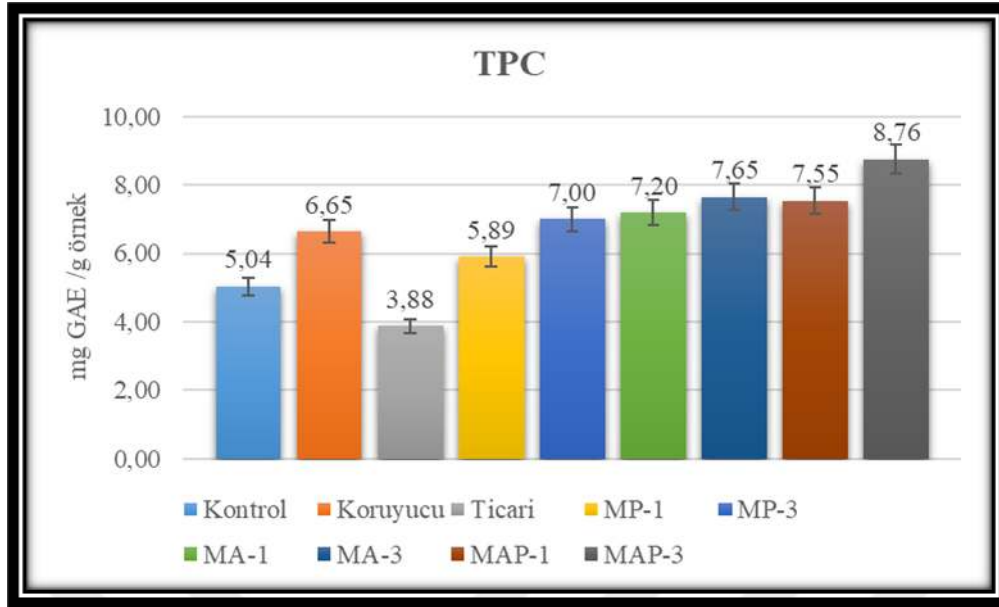
4.10. Mayonez Örnekleri ve Ekstraktların Biyoaktif ve Antioksidan Özellikleri

Örneklerdeki toplam fenolik madde miktarının (TPC) belirlenmesi amacıyla, farklı konsantrasyonlardaki gallik asit çözeltileri kullanılarak bir kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Elde edilen veriler doğrusal bir denklem ile ifade edilmiş olup, kalibrasyon denkleminde ait doğrusal ilişki $y = 0,0086x + 0,1126$ şeklinde tanımlanmış ve korelasyon katsayısı $R^2 = 0,9985$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Gallik asit cinsinden standart kalibrasyon eğrisi

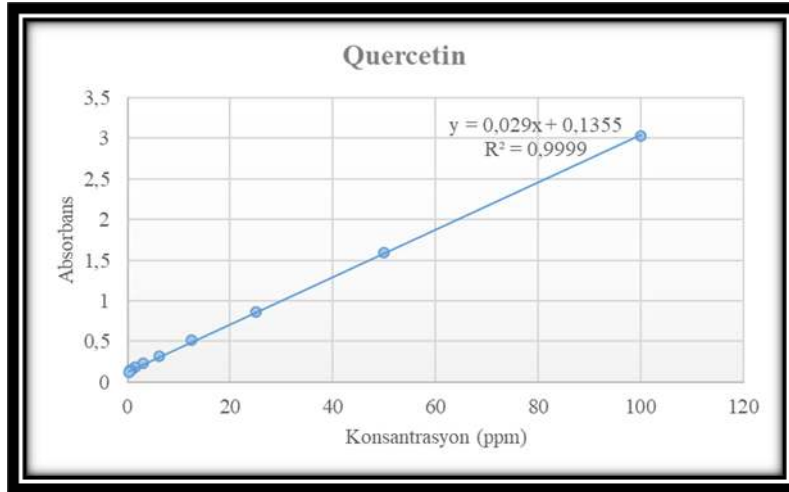
Her bir mayonez örneğinin toplam fenolik madde içeriği, Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 4.8’de sunulmuştur. Elde edilen bulgulara göre, örneklerin toplam fenolik madde içerikleri $3,88 \pm 0,23$ ile $8,76 \pm 0,02$ mg GAE/g örnek arasında değişmektedir. Fenolik içerik açısından değerlendirildiğinde, ticari örneğin en düşük değere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma kapsamında üretilen örnekler arasında ise beklendiği üzere, kontrol grubunun toplam fenolik madde içeriği en düşük düzeyde bulunmuştur. Koruyucu madde içeren örnekte, kontrol örneğine kıyasla toplam fenolik madde içeriğinde $p < 0,05$ düzeyinde anlamlı bir artış tespit edilmiştir. MP-3 ile MA-1 örneklerinin fenolik içerikleri arasında, ayrıca MA-3 ile MAP-1 örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamış; bu örneklerin toplam fenolik içeriklerinin birbirine benzer olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, propolis ve *Alchemilla persica* ilavesinin, mayonez örneklerinin toplam fenolik içeriğini kullanılan konsantrasyona bağlı olarak artırdığı saptanmıştır.



Şekil 4.8. Mayonez örneklerinin toplam fenolik madde miktarları

Mayonez örneklerinde antioksidan özelliklerin incelenmesine yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Ruşeym yağının nanoenkapsülasyonu ve gıdalardaki kullanım olanaklarının artırılması üzerine yapılan bir çalışmada, mayonez model gıda ürünü olarak seçilmiş ve örneklerin toplam fenolik içeriği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre örneklerin toplam fenolik değerleri 0,06-0,11 mg GAE/g arasında değişmiştir. Bu değerlerin çalışmamıza kıyasla düşük olması, mayonez üretiminde kullanılan propolisin, ruşeym yağına göre daha yüksek fenolik madde içeriğine sahip olmasından kaynaklanıyor olabilir. Aynı çalışmada örneklerin fenolik değerleri incelendiğinde, ağız ortamında sindirimin tamamlanmasıyla birlikte başlangıçta ekstrakte edilebilen fenolik miktarda artış meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu artış, mide ortamında sindirimin tamamlanmasıyla daha da belirgin hale gelmiştir (Kutlu, 2021). Çalışmamızda üretilen örneklerin fenolik içeriğinin sindirim süreciyle artacağı öngörülmektedir. Bu durum, gelecekte yapılacak araştırmalara ışık tutarak gıda bileşenlerinin biyoyararlanımı açısından önemli bir bakış açısı sunmaktadır.

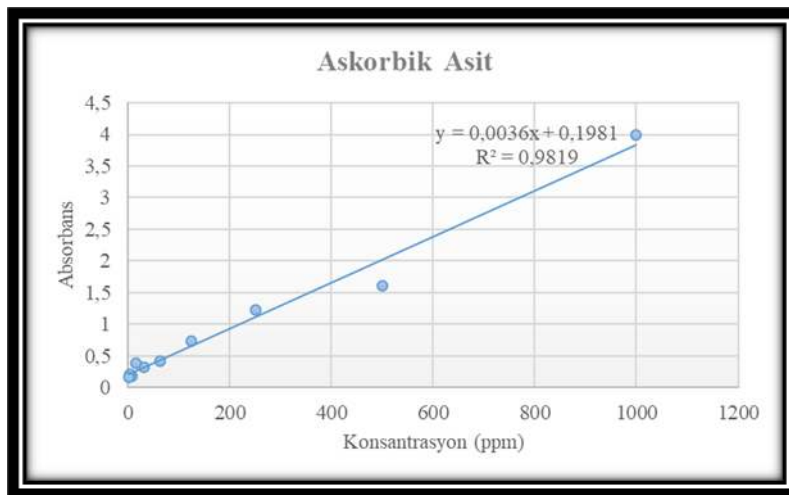
Örneklerdeki toplam flavonoid madde miktarının (TFC) belirlenmesi amacıyla, farklı konsantrasyonlardaki quercetin çözeltileri kullanılarak bir kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Elde edilen veriler doğrusal bir denklem ile ifade edilmiş olup, kalibrasyon denkleminde ait doğrusal ilişki $y = 0,029x + 0,1355$ şeklinde tanımlanmış ve korelasyon katsayısı $R^2 = 0,9999$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Quercetin cinsinden standart kalibrasyon eğrisi

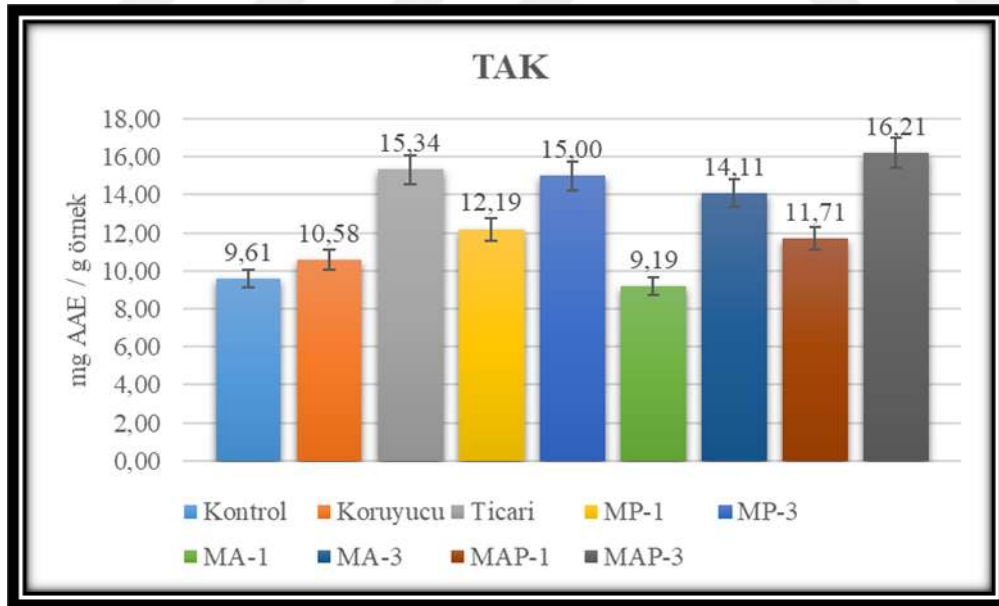
Bu çalışmada üretilen mayonez örneklerinde flavonoid tespit edilememesi, örneklerdeki flavonoid konsantrasyonunun yetersiz olmasından veya kullanılan analiz yönteminin tespit sınırının altında kalmasından kaynaklanmış olabilir.

Örneklerin toplam antioksidan kapasitesinin (TAK) belirlenmesi amacıyla, farklı konsantrasyonlardaki askorbik asit çözeltileri kullanılarak bir kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Elde edilen veriler doğrusal bir denklem ile ifade edilmiş olup, kalibrasyon denkleminde ait doğrusal ilişki $y = 0,0036x + 0,1981$ şeklinde tanımlanmış ve korelasyon katsayısı $R^2 = 0,9819$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Askorbik asit cinsinden standart kalibrasyon eğrisi

Her bir mayonez örneğinin toplam antioksidan kapasitesi belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 4.11’de sunulmuştur. Elde edilen bulgulara göre, örneklerin toplam antioksidan kapasiteleri $9,19 \pm 0,09$ ile $16,21 \pm 0,12$ mg AAE/g örnek arasında değişmektedir. Toplam antioksidan kapasitesi açısından değerlendirildiğinde, Kontrol, Koruyucu ve MA-1 örneklerinin en düşük değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). Bu durum, bu örneklerin antioksidan kapasite açısından birbirine benzer düzeyde ve istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük olduğunu göstermektedir. MP-1 ve MAP-1 örneklerinde ise $p < 0,05$ düzeyinde anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Bu artış, her iki örnekte kullanılan bileşenlerin antioksidan kapasiteyi olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Benzer şekilde, MP-3 ve MA-3 örneklerinin toplam antioksidan kapasiteleri birbirine benzer bulunmuş; bu değerlerin diğer pek çok örnekten istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. En yüksek toplam antioksidan kapasitesi ise MAP-3 ve Ticari mayonez örneklerinde gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, özellikle propolis ve *Alchemilla persica* ekstraktlarının %0,3 oranında birlikte kullanılmasıyla fenolik madde içeriğinin en yüksek seviyeye ulaştığını ve bunun da toplam antioksidan kapasiteyi belirgin şekilde artırdığını göstermektedir.

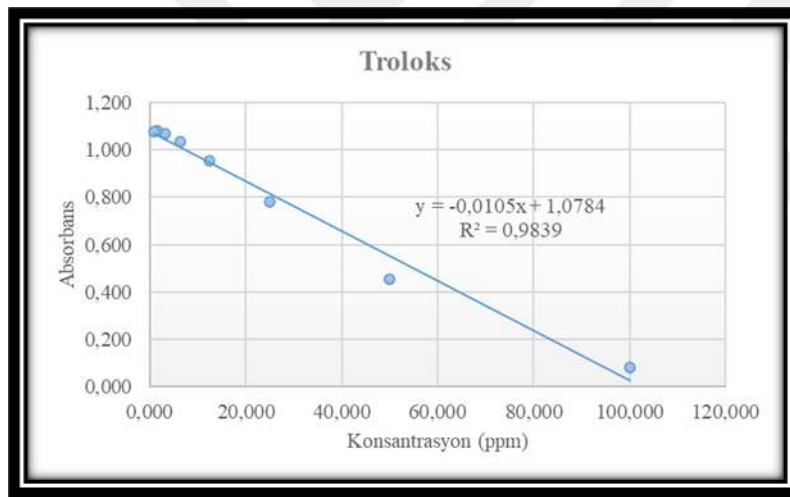


Şekil 4.11. Mayonez örneklerinin toplam antioksidan kapasiteleri

Ticari mayonezlerde toplam fenolik içeriğin düşük olmasına rağmen antioksidan kapasitenin yüksek çıkması, formülasyonda yer alan fenolik olmayan sentetik veya doğal

antioksidan bileşenlerden kaynaklanabilir. Bu bileşenler, fenolik analizlerde tespit edilmemekle birlikte, oksidatif reaksiyonları engelleyerek toplam antioksidan kapasitenin artmasına katkı sağlar. Ayrıca ticari ürünlerde kullanılan yağ türü, pH düzeyi, endüstriyel işleme koşulları ve doğal/yarı doğal katkı maddeleri de bu kapasiteyi etkileyebilir. Dolayısıyla, toplam fenolik içerik ile toplam antioksidan kapasite arasında doğrudan ve birebir bir ilişki her zaman beklenmemelidir.

Örneklerin ABTS yöntemiyle antioksidan aktivitesinin belirlenmesi amacıyla, farklı konsantrasyonlardaki troloks çözeltileri kullanılarak bir kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Elde edilen veriler doğrusal bir denklem ile ifade edilmiş olup, kalibrasyon denkleminde ait doğrusal ilişki $y = -0,0105x + 1,0784$ şeklinde tanımlanmış ve korelasyon katsayısı $R^2 = 0,9839$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.12).



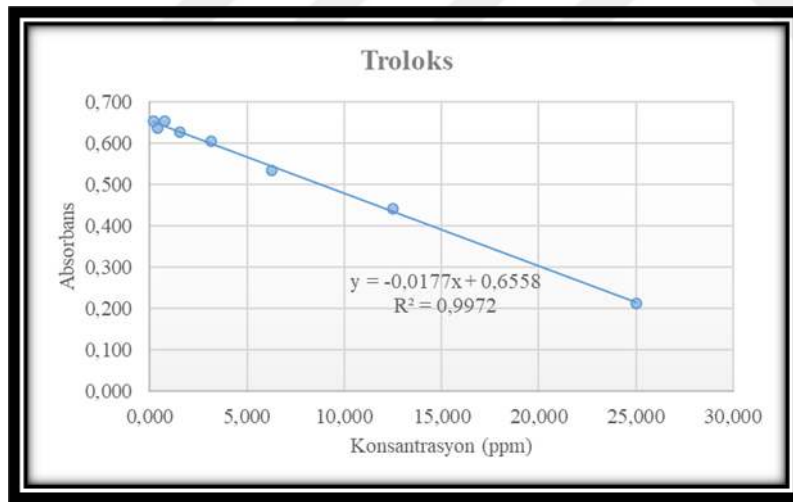
Şekil 4.12. Troloks cinsinden standart kalibrasyon eğrisi

ABTS yöntemiyle mayonez örneklerinin antioksidan kapasitesi belirlenmeye çalışılmış ancak güvenilir sonuçlar elde edilememiştir. Bu durumun başlıca nedeni, mayonezin yağ bazlı yapısı nedeniyle içerdiği lipofilik antioksidan bileşiklerin, sulu ortamda hazırlanan ABTS radikali ile yeterli etkileşim kuramamasıdır. Ayrıca ekstraksiyon koşullarının yetersizliği, radikalın matris tarafından maskelenmesi veya çözeltinin kararsız olması da ölçümü olumsuz etkilemiş olabilir. Bu nedenlerle, örneklerdeki antioksidan aktivitenin daha doğru bir şekilde belirlenebilmesi amacıyla, DPPH, FRAP ve hatta ORAC gibi

farklı antioksidan kapasite yöntemleriyle karşılaştırmalı analizlerin yapılması önerilmektedir.

DPPH radikali, fenolik yapıların antioksidan aktiviteleri üzerindeki etkileri incelemek amacıyla substrat içermeyen testlerde kullanılan en eski sentetik radikallerden biridir. Ticari olarak temin edilebilen DPPH, hem antioksidanlar tarafından indirgenebilen bir oksitleyici radikal olarak hem de reaksiyonun izlenmesini sağlayan renkli bir gösterge olarak işlev görmektedir (Frankel, 2007). Toplam antioksidan kapasitenin daha hassas ve güvenilir bir şekilde değerlendirilmesi amacıyla DPPH yöntemi kullanılmıştır.

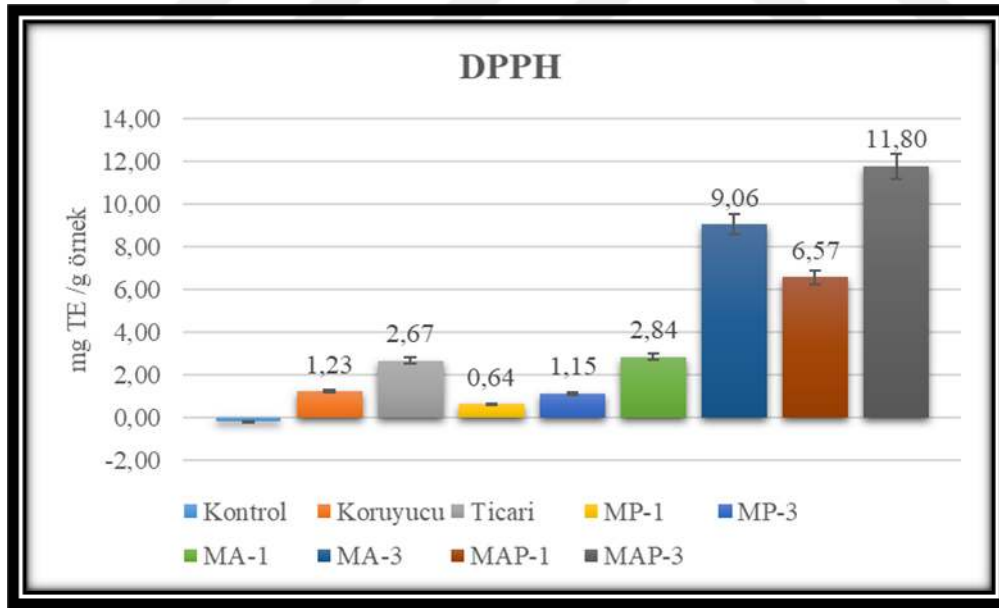
Örneklerin DPPH yöntemiyle antioksidan aktivitesinin belirlenmesi amacıyla, farklı konsantrasyonlardaki troloks çözeltileri kullanılarak bir kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Elde edilen veriler doğrusal bir denklem ile ifade edilmiş olup, kalibrasyon denkleminde ait doğrusal ilişki $y = -0,0177x + 0,6558$ şeklinde tanımlanmış ve korelasyon katsayısı $R^2 = 0,9972$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Troloks cinsinden standart kalibrasyon eğrisi

Her bir mayonez örneğinin DPPH yöntemiyle antioksidan aktivitesi belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 4.14'te sunulmuştur. Elde edilen bulgulara göre, örneklerin toplam antioksidan kapasiteleri $0,64 \pm 0,35$ ile $11,80 \pm 0,46$ mg TE/g örnek arasında değişmektedir. DPPH analiz sonuçlarına göre, mayonez örneklerinin antioksidan kapasiteleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

MP-1, MP-3 ve Koruyucu örneklerinde düşük DPPH değerleri tespit edilmiş olup, bu grupların görece düşük antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle Kontrol örneği, istatistiksel olarak en düşük antioksidan kapasiteyi göstermiştir. Bu sonuç, formülasyona herhangi bir antioksidan katkısı yapılmadığında DPPH radikal giderme kapasitesinin ihmal edilebilir düzeyde kaldığını ortaya koymaktadır. Ticari ve MA-1 örnekleri orta düzeyde antioksidan kapasite göstermiş olup, aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Bu bulgular, her iki formülasyonun belirli bir antioksidan içeriğe sahip olduğunu, ancak MAP-1 ve MA-3 örnekleri kadar etkili olmadığını göstermektedir. En yüksek DPPH değeri MAP-3 örneğinde gözlemlenmiş olup, bu formülasyonun en güçlü serbest radikal giderme kapasitesine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu örnekteki yüksek antioksidan kapasite, formülasyona eklenen propolis ve *Alchemilla* bitkisinin sinerjik etkisini yansıtmaktadır. Bu bulgular, özellikle propolis ve *Alchemilla* bitkisinin birlikte kullanıldığı formülasyonların serbest radikal giderme kapasitesini anlamlı düzeyde artırdığını göstermekte ve bu bileşenlerin fonksiyonel gıdalarda doğal antioksidan kaynağı olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır.



Şekil 4.14. Mayonez örneklerinin DPPH antioksidan aktiviteleri

Ruşeym yağının nanoenkapsülasyonu ve mayonezde kullanım potansiyelinin artırılmasına yönelik olarak (Kutlu, 2021) tarafından yürütülen bir çalışmada, DPPH yöntemiyle gerçekleştirilen analizler sonucunda ekstrakte edilen örneklerin toplam

antioksidan kapasitesinin 11,21-16,46 mg TE/g aralığında olduğu bildirilmiştir. Söz konusu çalışmada fenolik içerik, mevcut çalışmamıza kıyasla daha düşük bulunmuş olmasına rağmen, DPPH değerleri bizim çalışmamızdan da yüksek sonuçlar vermiştir. Bu durum, antioksidan kapasitenin yalnızca fenolik bileşiklerle sınırlı olmadığını; diğer biyoaktif bileşenlerin, sinerjistik etkilerin veya kullanılan taşıyıcı sistemlerin de antioksidan aktivite üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir.

Mayonez örneklerinin yanı sıra, formülasyonda kullanılan propolis ve *Alchemilla* bitkisinin biyoaktif ve antioksidan özellikleri de incelenmiştir. Biyoaktif özelliklerin belirlenmesinde toplam fenolik madde (TPC) ve toplam flavonoid içerikleri (TFC) analiz edilmiş; antioksidan özelliklerin değerlendirilmesinde ise toplam antioksidan kapasite (TAK) ile DPPH ve ABTS yöntemleri kullanılarak antioksidan analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.9’da sunulmuştur.

Tablo 4.9. Ekstraktların biyoaktif bileşen içeriği ve antioksidan aktiviteleri

	TPC		TFC		TAK		ABTS		DPPH	
	mg	GAE/g	mg	QE/g	mg	AAE/g	mg	TE/g	mg	TE/g
	ekstrakt		ekstrakt		ekstrakt		ekstrakt		ekstrakt	
Propolis	59,97 ± 1,12		0,22 ± 0,02		114, 83 ± 0,34		51,47 ± 0,61		6,44 ± 0,91	
A. persica	118,81 ± 2,84		50,09 ± 0,48		309,97 ± 2,04		96,55 ± 0,04		29,59 ± 0,12	

Tablo 4.9 incelendiğinde toplam fenolik içerik bakımından *A. persica* ekstraktı, (118,81 ± 2,84 mg GAE/g ekstrakt) propolise (59,97 ± 1,12 mg GAE/g ekstrakt) kıyasla yaklaşık iki kat daha yüksek fenolik madde içermektedir. Bu durum, *A. persica*’nın polifenolce zengin bir bitki materyali olduğunu göstermektedir. Toplam flavonoid içerik açısından da benzer bir eğilim gözlemlenmiş, *A. persica* (50,09 ± 0,48 mg QE/g ekstrakt) propolisten (0,22 ± 0,02 mg QE/g ekstrakt) oldukça yüksek flavonoid içeriğine sahip bulunmuştur. Bu fark, *A. persica*’nın güçlü flavonoid kaynaklarından biri olabileceğini göstermektedir. Propolis ekstraktında belirlenen düşük toplam flavonoid içeriği, ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak değerlendirildiğinde anlam kazanmaktadır. Söz konusu propolis örneği, süperkritik CO₂ ekstraksiyonu yöntemiyle elde edilmiş olup, bu yöntem özellikle non-polar veya düşük polariteli bileşenlerin ekstraksiyonunda yüksek verim sunarken, polifenoller gibi daha polar bileşiklerin ekstraksiyonunda sınırlı etkinliğe sahiptir.

Ayrıca, ekstraksiyon sürecinde yardımcı çözücü (co-solvent) olarak etil alkol kullanılmamış olması, flavonoidlerin çözücü faza geçişini daha da zorlaştırmıştır. Flavonoid bileşenler genellikle orta ila yüksek polariteye sahip olduklarından, ekstraksiyon ortamında etanol gibi polar çözücülerin bulunması, bu tür bileşiklerin verimli şekilde çekilebilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Etil alkolün yokluğu, flavonoidlerin CO₂ fazında çözünürlüğünü azaltarak ekstraktın flavonoid içeriğini düşürmüştür.

Toplam antioksidan kapasite ölçümleri de bu farklılıkları desteklemektedir. *A. persica*, (309,97 ± 2,04 mg AAE/g ekstrakt) propolisin (114,83 ± 0,34 mg AAE/g ekstrakt) yaklaşık üç katı kadar toplam antioksidan kapasiteye sahiptir.

ABTS ve DPPH radikal süpürme aktiviteleri açısından da *A. persica* ekstraktı daha yüksek değerler sergilemiştir. ABTS radikal süpürme kapasitesi *A. persica* için 96,55 ± 0,04 mg TE/g ekstrakt, propolis için ise 51,47 ± 0,61 mg TE/g ekstrakt olarak ölçülmüştür. DPPH radikal süpürme kapasitesi bakımından da *A. persica* (29,59 ± 0,12 mg TE/g ekstrakt) propolisten (6,44 ± 0,91 mg TE/g ekstrakt) belirgin şekilde üstün performans göstermiştir.

Yapılan bir çalışmada, *A. persica* özütlerinin DPPH serbest radikal süpürücü aktivitesine sahip olduğu belirlenmiş; toprak üstü kısımlar ve kökler için sırasıyla 0,055 M ve 0,151 M IC₅₀ değerleri tespit edilmiştir. DPPH radikal süpürücü aktivitenin, antioksidan bileşiklerin hidrojen atomu bağışlama kapasitelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Ergene vd., 2010).

Kaya (2020) tarafından yürütülen bir çalışmada, *Alchemilla persica*'ya ait özütler hekzan, diklorometan, etil asetat, metanol ve su gibi artan polariteye sahip çözücüler kullanılarak elde edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı su ekstraktında 448,37 ± 10,89 µg GAE/mL olarak gözlemlenmiştir. Bu değer çalışmamızda elde edilen sonuçlardan yüksek olmakla birlikte, farklılığın ekstraksiyon aşamasındaki yöntemsel değişikliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı çalışmada *A. persica* ekstrelerinde belirlenen toplam antioksidan içeriğin, su özütü için 205,62 µg AAE/g ekstrakt olduğu bildirilmiştir.

Bu değer, çalışmamızda elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında daha düşük olup, çalışmamızdaki toplam antioksidan içeriğin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Alchemilla türlerinin aktif bileşenlerine ilişkin biyoaktivitelerin incelendiği bir çalışmada, *Alchemilla persica*'nın toplam fenolik içeriği $331,69 \pm 117,27$ mg GAE/g bitki materyali olarak raporlanmıştır. Bu değer, çalışmamızda elde edilen sonuçlara kıyasla daha yüksek olup, bu farklılığın ekstraksiyon aşamasında kullanılan metanol:su karışımının etkinliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Kurtul vd., 2022).

Ayrıca, ekstraksiyon işlemlerinde kullanılan çözücü tipi ve ekstraksiyon tekniğinin yanı sıra, bitkinin yetiştiği coğrafi bölge, rakım, iklim koşulları ve toprak yapısı gibi çevresel faktörlerin de biyoaktif bileşiklerin miktar ve çeşitliliği üzerinde önemli etkilerinin olabileceği değerlendirilmektedir.

4.11. Mayonez Örneklerinin Mikrobiyolojik Özellikleri

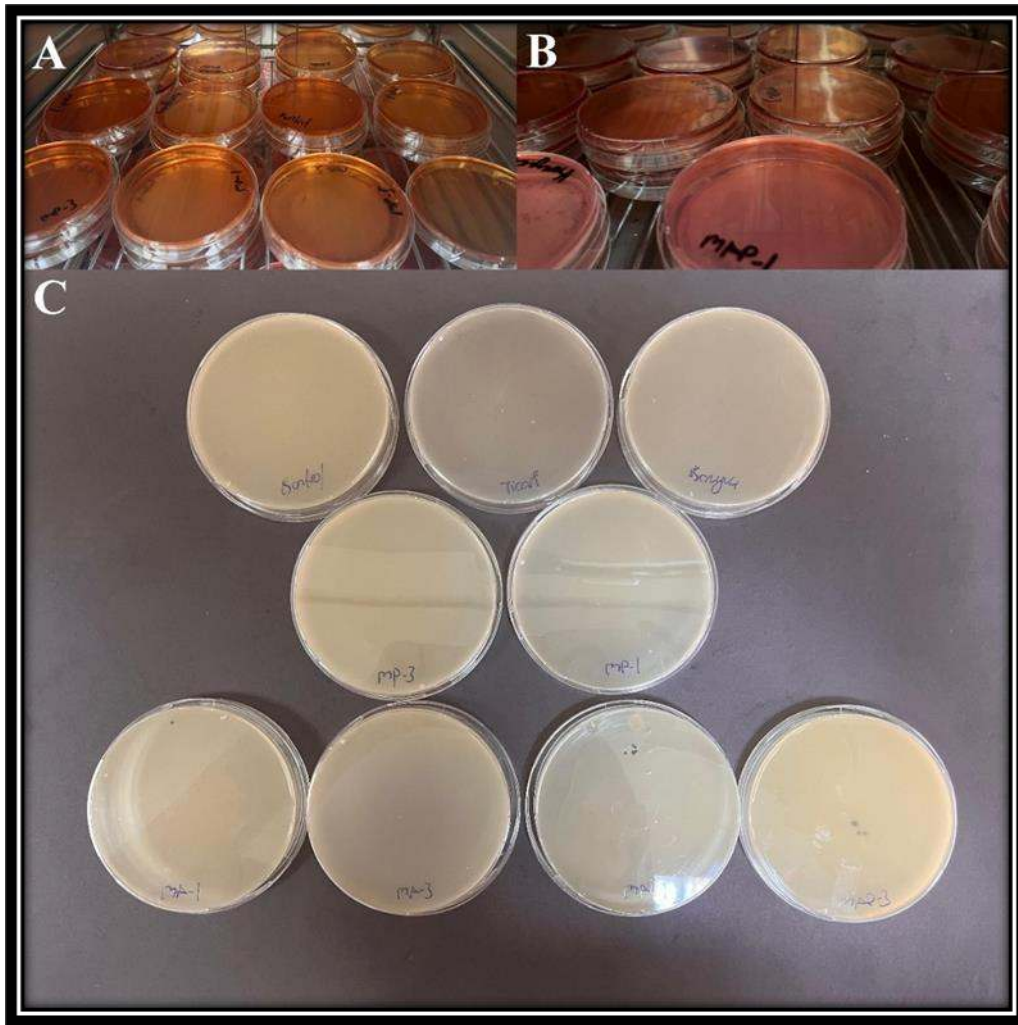
Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği'ne göre, mayonez ve mayonez içeren salata soslarında en sık rastlanan mikroorganizmalar koagulaz pozitif stafilokoklar ve *Salmonella* spp. türleridir. Bu yönetmelikte, mayonez ve ilgili salata soslarında koagulaz pozitif stafilokoklar belirli bir limite kadar kabul edilebilirken, *Salmonella* spp. türlerinin varlığı kesinlikle yasaktır. İlgili mikrobiyolojik kriterler Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Mayonez örneklerine ait gıda güvenilirliği kriterleri

Gıda	Mikroorganizmalar	Numune alma planı		Limitler		Referans metot
		N	C	m	M	
Mayonez ve mayonez içeren salata sosları	Koagulaz pozitif stafilokoklar	5	2	10^2	10^3	EN/ISO 6888-1 veya 2
	<i>Salmonella</i>	5	0	25 g-mL'de bulunmamalı		EN/ISO 6579

n: Numune sayısı; c: m ile M limiti arasında değere sahip olmasına izin verilen numune sayısı

Mayonez üretiminde hammadde olarak kullanılan pastörize edilmemiş yumurta sarısı veya tüm yumurta, *Salmonella* riskini artırmaktadır. Ancak, mayonezin düşük pH değeri ve içerdiği organik asitler (asetik asit vb.), bu patojen mikroorganizmaların vejetatif hücrelerini ve aside duyarlı bakterileri yok ederek, mikroorganizmaların gelişimini engellemektedir (Smittle, 2000). Bu bilgiler doğrultusunda, çalışma kapsamında üretilen mayonez örnekleri mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuş; koagülaz pozitif stafilokokların sayımı ve *Salmonella* varlığı araştırılmıştır. Mayonez örneklerinin mikrobiyal analizi ile ilgili görseller Şekil 4.15'te sunulmuştur.



Şekil 4.15. Mayonez örneklerinin bakteriyel büyümesi (A: XLD agar, B: SS agar, C: BPA)

Mayonez örneklerinde koagülaz pozitif stafilokok sayımı yapıldığında, tüm örneklerin TS 9777 Mayonez Standardı'na uygun olduğu belirlenmiştir. Mayonez örneklerinde *Salmonella* aranması amacıyla XLD agar ve SS agar üzerine inokulasyon yapılmıştır.

Mikrobiyolojik kalite analizleri sonucunda, hiçbir örnekte *Salmonella* türlerine rastlanmamıştır.

Mayonez ve benzeri ürünler, yüksek yağ içeriği (%70-80) ve asitleştirici maddeler içermesi nedeniyle mikrobiyolojik olarak stabil kabul edilebilir. Sirke ve limon suyu gibi asitleştirici maddeler, yalnızca istenen aromaya katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda nihai ürünün pH değerini düşürerek mikrobiyal stabiliteyi sağlayabilir (Depree ve Savage, 2001; Fialová vd., 2008). Çoğu durumda, mayonezin mikrobiyal bozulması, özellikle *Zygosaccharomyces bailii* ve laktik asit bakterileri gibi asit toleranslı maya gruplarından kaynaklanmaktadır. Ancak, bu mikroorganizmalar ciddi bir tehdit oluşturmaz; ancak ürün kalitesini düşürebilir ve ekonomik kayıplara neden olabilir. Düşük su aktivitesi ve pH seviyesinin yanı sıra, iyi hijyen uygulamaları da ticari olarak üretilen mayonezin bozulmasını en aza indirebilir (Smittle ve Flowers, 1982).

Mihov vd., (2012) doğal baharatlar (öğütülmüş karabiber, acı kırmızı biber) ve otlar (maydanoz, fesleğen) kullanılarak hazırlanan mayonez benzeri gıda emülsiyonlarını inceleyen bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada, mayonez ve salata sosu, sırasıyla %50 ve %25 yağ fazı içerecek şekilde sızma zeytinyağı ile hazırlanmış ve bu gıda emülsiyonlarının mikrobiyolojik kalitesi analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, baharat ekstraktlarının mikrobiyolojik kontaminasyon seviyesinin, doğal baharatlara kıyasla önemli ölçüde daha düşük olduğunu göstermektedir. Ayrıca, baharat ve bitki ekstraktı içeren gıda emülsiyonlarının mikrobiyal kontaminasyona uğramadığı belirlenmiştir.

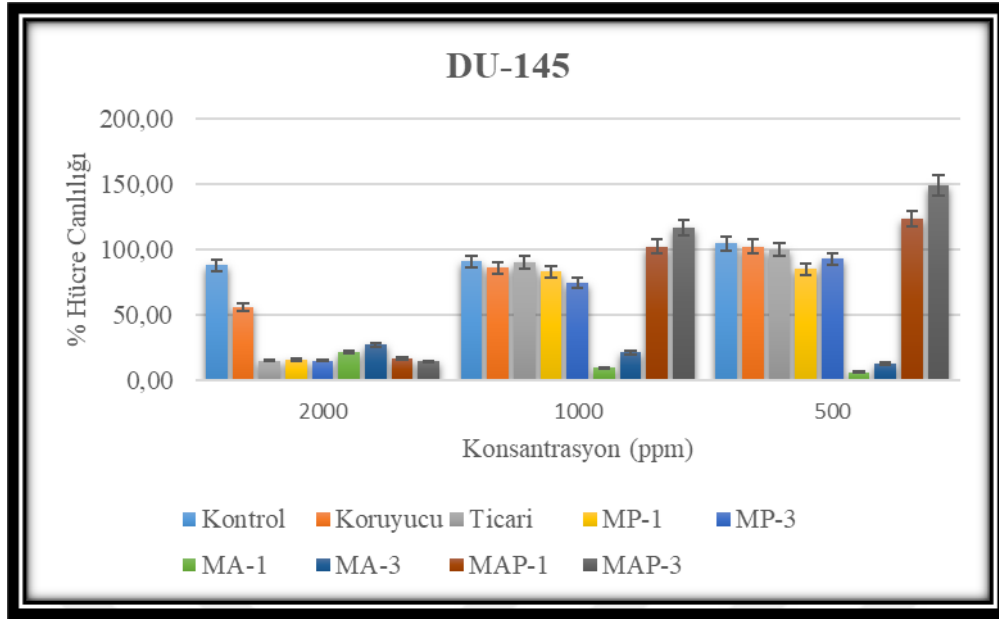
Başka bir çalışmada, Brezilya'nın Tocantins eyaletindeki Araguaína bölgesinde, satılan ev yapımı baharatlı mayonez örnekleri, mikrobiyolojik kontaminasyon açısından analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında, 20 farklı büfeden birer örnek alınarak mayonez örnekleri toplanmıştır. Bu örnekler, MacConkey ve Salmonella-Shigella agar plakalarına ekilmiş ve mikrobiyal büyüme açısından incelenmiştir. Analizler sonucunda, bazı mayonez örneklerinde *Salmonella* spp. tespit edilmiştir. Ayrıca, toplanan örnekler, 10^3 CFU/g'lık belirlenen sınırın üzerinde küf ve maya kontaminasyonuna sahip olduğu için tüketime uygun bulunmamıştır (Paiva vd., 2023).

Nessabian vd., (2024) sumak ekstraktının doğal bir antimikrobiyal madde olarak düşük yağlı mayonezin 63 günlük depolama süresince kalite özelliklerine etkisini değerlendirmiştir. Çalışmamıza benzer şekilde iki kontrol grubu oluşturulmuştur: bunlardan biri kimyasal koruyucu maddeler içeren, diğeri ise koruyucu maddeler içermeyen mayonez örnekleridir. Sumak ekstraktının mikrobiyal büyümeyi inhibe edici etkisi, özellikle 63. günde belirgin hale gelmiştir. Toplam canlı bakteri sayısı, koruyucu içermeyen mayonezde 36,5 log CFU/g olarak belirlenirken, %5 sumak ekstraktı eklenen mayonezde 12 log CFU/g'a düşmüştür. %1 sumak ekstraktı kullanılan mayonezdeki maya ve küf sayıları (4,5 log CFU/g), kimyasal koruyuculu (20,5 log CFU/g) ve koruyucusuz (23,5 log CFU/g) mayonezlerden düşük bulunmuştur. Ayrıca, sumak ekstraktı eklenen mayonezlerde laktik asit bakterilerinde önemli azalmalar gözlenmiştir.

Yapılan çalışmalar bitki ekstraktlarının doğal bir koruyucu olarak mayonezde kullanılma potansiyelini ortaya koyarken, aynı zamanda gıda işleme süreçlerinde hijyen ve sanitasyon önlemlerinin önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, kullanılan doğal koruyucunun etkinliğinin tam olarak değerlendirilebilmesi için mayonez örneklerinin en az 3 ay boyunca depolanması ve depolama sıcaklık koşullarının belirlenmesi gerektiği düşünülmektedir.

4.12. Mayonez Örneklerinin Hücre Canlılığı Üzerine Etkileri

Bu çalışmada, mayonez örneklerinin prostat kanseri hücre hatları üzerindeki potansiyel antikanser etkilerini değerlendirmek amacıyla hücre canlılığı analizleri gerçekleştirilmiştir. Örnekler ilk olarak dimetil sülfoksit (DMSO) içerisinde 20000 ppm'lik stok çözelti halinde hazırlanmış, ardından RPMI 1640 besiyeri kullanılarak 2000 ppm'ye kadar seyreltilmiştir. Hücreler, bu başlangıç konsantrasyonundan itibaren 1000 ve 500 ppm olmak üzere seri seyreltmelerle hazırlanmış örneklerle 24 saat inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon süresinin sonunda, hücre canlılığını değerlendirmek amacıyla XTT bazlı sitotoksikite testi uygulanmıştır. Test sürecinde, hücreler XTT reaktifi ile muamele edildikten sonra 3-4 saat inkübatörde bekletilmiş ve ardından absorbans değerleri mikropłaka okuyucu kullanılarak ölçülmüştür. Elde edilen veriler, mayonez örneklerinin prostat kanseri hücre hatları üzerindeki sitotoksik etkilerini değerlendirmek amacıyla analiz edilmiştir. Elde edilen veriler Şekil 4.16'da sunulmuştur.



Şekil 4.16. Mayonez örneklerinin DU-145 prostat kanseri hücre canlılığına etkisi

Mayonez örneklerinin prostat kanseri hücre hattı üzerindeki sitotoksik etkileri, XTT hücre proliferasyon kiti ile değerlendirilmiştir. Hücreler, 2000, 1000 ve 500 ppm konsantrasyonlarında örneklerle 24 saat inkübe edildikten sonra canlılık düzeyleri kontrol grubuna kıyasla yüzdesel olarak hesaplanmıştır. Kontrol grubu, herhangi bir uygulama yapılmayan hücreleri temsil eder ve en yüksek hücre canlılığına sahiptir. Kontrol grubunda hücre canlılığı, konsantrasyonla ilişkili belirgin bir değişim göstermemiştir (%88,07-104,51). Bu durum, uygulanan prosedürün hücre sağkalımı üzerinde doğrudan olumsuz bir etkisi olmadığını göstermektedir. Koruyucu madde içeren örnek, özellikle 2000 ppm'de hücre canlılığını %55,77'ye düşürerek orta düzeyde sitotoksik etki göstermiştir. Ancak 1000 ppm'de (%85,97) ve 500 ppm'de (%102,37) bu etki azalmış, neredeyse kontrol düzeyine yaklaşmıştır. Ticari mayonez örneği, 2000 ppm'de %14,92 canlılık oranı ile belirgin bir sitotoksikite göstermiştir. Ancak daha düşük konsantrasyonlarda etkisi önemli ölçüde azalmış ve hücre canlılığı kontrol düzeylerine yaklaşmıştır.

MP-1 ve MP-3 örnekleri, 2000 ppm'de sırasıyla %15,42 ve %14,92 canlılık düzeyleri ile yüksek sitotoksik potansiyel göstermiştir. Ancak MP-3, 1000 ve 500 ppm'de hücre canlılığını görece daha yüksek düzeylerde korumuştur. MA-1 ve MA-3 örnekleri, tüm konsantrasyonlarda belirgin düzeyde sitotoksik etki göstermiştir. MA-1 için hücre

canlılığı 2000 ppm’de %21,74 iken, 500 ppm’de yalnızca %5,92’ye kadar düşmüştür. Benzer şekilde MA-3 için bu oran 2000 ppm’de %27,05, 500 ppm’de ise %12,49 olarak saptanmıştır. Bu veriler, MA örneklerinin tüm test edilen konsantrasyonlarda yüksek toksisiteye sahip olduğunu göstermektedir. MAP-1 ve MAP-3 örnekleri, düşük konsantrasyonlarda hücre canlılığında artışa neden olmuştur. Özellikle MAP-3, 500 ppm’de %149,07 canlılık oranı ile proliferatif (çoğalmayı teşvik edici) bir etki yaratmıştır. Bu durum, bazı bileşenlerin düşük dozda hücre proliferasyonunu destekleyici etki gösterebileceğine işaret etmektedir. Ancak bu etkinin mekanizmasının daha ileri düzeyde araştırılması gerekmektedir.

4.13. Mayonez Örneklerinin Reolojik Özellikleri

Çalışmada mayonez örneklerinin akış davranışları Power-Law modeli ile karakterize edilmiş ve elde edilen kıvam indeksi (K), akış davranış indeksi (n), determinasyon katsayısı (R^2) ile hesaplanan viskozite değerleri Tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4.11. Mayonez örneklerinin Power-Law modeli parametreleri (Ortalama $\pm$ SS)

Örnekler	Vizkozite (Pa.s)	K (Pa.s ⁿ)	n	R ²
Kontrol	58,18 $\pm$ 1,31 ^d	2,84 $\pm$ 0,25 ^b	0,185 $\pm$ 0,01 ^{bc}	0,99 $\pm$ 0,00
Koruyucu	27,46 $\pm$ 0,00 ^d	2,76 $\pm$ 0,11 ^b	0,358 $\pm$ 0,00 ^{ab}	0,98 $\pm$ 0,00
Ticari	129,94 $\pm$ 3,15 ^{bc}	2,01 $\pm$ 0,01 ^c	0,214 $\pm$ 0,00 ^{bc}	0,97 $\pm$ 0,01
MP-1	64,44 $\pm$ 2,38 ^{cd}	2,72 $\pm$ 0,04 ^b	0,207 $\pm$ 0,01 ^{bc}	0,97 $\pm$ 0,00
MP-3	61,84 $\pm$ 4,25 ^d	2,93 $\pm$ 0,20 ^b	0,239 $\pm$ 0,01 ^{bc}	0,98 $\pm$ 0,00
MA-1	72,35 $\pm$ 6,05 ^{bcd}	2,79 $\pm$ 0,19 ^b	0,256 $\pm$ 0,01 ^{bc}	0,97 $\pm$ 0,02
MA-3	136,78 $\pm$ 6,91 ^b	4,13 $\pm$ 0,46 ^a	0,102 $\pm$ 0,21 ^c	0,35 $\pm$ 0,03
MAP-1	73,01 $\pm$ 5,43 ^{bcd}	2,85 $\pm$ 0,08 ^b	0,227 $\pm$ 0,00 ^{bc}	0,98 $\pm$ 0,01
MAP-3	329,67 $\pm$ 1,52 ^a	3,57 $\pm$ 0,06 ^a	-0,156 $\pm$ 0,02 ^d	0,32 $\pm$ 0,02

Power-Law modeli ile yapılan analizlerde tüm formülasyonların psödoplastik (kayma incelmesi gösteren, $n < 1$) karakterde olduğu gözlemlenmiştir. Mayonez ürünlerinin kayma incelmesi gösteren yapısı, önceki araştırmalarda da benzer şekilde rapor edilmiştir (Mun vd., 2009). Ancak bazı örneklerde anormal model uyumsuzluğu da dikkati çekmiştir.

Tablo 4.11 incelendiğinde, mayonez örneklerinin akış davranış indeksi (n) değerlerinin $0,156 \pm 0,02$ ile $0,358 \pm 0,00$ arasında değiştiği görülmektedir. Ticari mayonezler ve model sistemler üzerinde yapılan çalışmalarda ise n değerlerinin $0,23$ ile $0,82$ arasında değiştiği bildirilmiştir (Fıratlıgil-Durmuş, 2008). MAP-3 örneği hariç diğer örneklerin literatürle uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Tüm mayonez örneklerinin kıvam indeksi (K) değerleri $2,01 \pm 0,01$ ile $4,13 \pm 0,46 \text{ Pa.s}^n$ arasında değişmektedir. Önceki çalışmalarda ise ticari ve model mayonezlerin kıvam indeksi değerlerinin $1,53$ ile $321,96 \text{ Pa.s}^n$ aralığında değiştiği bildirilmiştir (İşler, 2023). Sonuçlar literatür ile benzerlik göstermektedir.

Kontrol örneği, K değeri ($2,84 \text{ Pa.s}^n$) ve n değeri ($0,185$) ile tipik bir psödoplastik davranış sergilemiştir. R^2 değeri $0,99$ olup, modelin veriye yüksek derecede uyum sağladığı anlaşılmıştır.

Koruyucu katkılı örnek daha düşük bir K ($2,76 \text{ Pa.s}^n$) ve daha yüksek n değeri ($0,358$) göstermiştir. Bu durum, yapısal viskozitenin azaldığını ve örneğin daha akışkan hale geldiğini göstermektedir. Aynı zamanda koruyucu katkı, yapının kayma altında daha az bozulduğunu göstermektedir.

Ticari örnek, $2,01 \text{ Pa.s}^n$ ile en düşük K değerlerinden birine sahip olmasına rağmen n değerinin ($0,214$) düşük olması nedeniyle akmaya karşı direncini bir miktar korumaktadır. Bu örnek, endüstriyel üretimde viskozite kontrolü açısından dengeleyici bir davranış göstermiştir.

MP-1, MP-3, MA-1, MAP-1 örnekleri incelendiğinde; K değerlerinin $2,72$ - $2,93$ aralığında, n değerlerinin ise $0,207$ - $0,256$ arasında değiştiği görülmektedir. Bu örnekler, yapısal olarak benzer psödoplastik akış özellikleri göstermekte olup, kontrollü ve stabil bir kıvam sağlayabilme potansiyeline sahiptir. Özellikle MAP-1, $2,85 \text{ K}$ ve $0,227 \text{ n}$ değeri ile hem yapı direncini hem de akış özelliklerini dengelemiş görünmektedir.

Buna karşılık, MA-3 ve MAP-3 örnekleri dikkat çekicidir. MA-3 örneği $4,13 \text{ Pa.s}^n$ gibi yüksek bir K değeri ile en yüksek yapı dayanımına sahip formülasyon olmasına rağmen,

modelin uyumu oldukça düşüktür ($R^2 = 0,35$). Bu durum, ölçümler sırasında yapısal bozulma veya homojen olmayan dağılma gibi teknik nedenlere bağlı olabilir. Aynı şekilde, MAP-3 örneğinde elde edilen negatif n değeri ($-0,156$) Power-Law modeli açısından fiziksel olarak geçerli olmayan bir sonucu işaret etmektedir. R^2 değeri de oldukça düşüktür ($0,32$). Bu bulgular, ilgili formülasyonlarda Power-Law modelinin uygun bir modelleme yaklaşımı olmadığını göstermekte olup, alternatif modellerin (Herschel-Bulkley, Casson vb.) kullanılması önerilebilir.

Genel olarak, n değerlerinin tüm örneklerde 1'in altında kalması, tüm mayonezlerin psödoplastik akış gösterdiğini ve kayma hızı arttıkça viskozitenin azaldığını ortaya koymaktadır. Özellikle MAP-1 ve MP-1 formülasyonları; uygun model uyumu, orta düzeyde K ve düşük n değerleriyle fonksiyonel ve stabil yapı özellikleri bakımından öne çıkmaktadır.

Çalışmada incelenen mayonez örneklerinin viskozite değerleri $27,46 \pm 0,00$ Pa.s ile $329,67 \pm 1,52$ Pa.s arasında değişmiştir (Tablo 4.11). En düşük viskozite değerine sahip örnek koruyucu katkılı formülasyon olurken, en yüksek viskozite değeri ise MAP-3 örneğinde tespit edilmiştir.

MAP-3 formülasyonu, $329,67 \pm 1,52$ Pa.s viskozite değeriyle diğer tüm örneklerden istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklılık göstermiştir ($p < 0,05$). Bu yüksek viskozite değeri, formülasyonda kullanılan katkı maddelerinin dispersiyon sistemi üzerindeki kıvam artırıcı etkisine bağlanabilir.

Ticari mayonez örneği $129,94 \pm 3,15$ Pa.s ile nispeten yüksek viskozite değerine sahip olup, pazarda yer alan ürünlerin yoğun yapısını temsil etmektedir. MA-3 ($136,78 \pm 6,91$ Pa.s) ve MAP-1 ($73,01 \pm 5,43$ Pa.s) gibi bazı model formülasyonlar da ticari ürünle kıyaslanabilir viskozite değerleri sergilemiştir.

Kontrol, MP-1, MP-3 ve Koruyucu katkılı örnekler ise viskozite açısından daha düşük değerlere sahiptir. Özellikle Koruyucu örnek ($27,46 \pm 0,00$ Pa.s), tüm formülasyonlar arasında en düşük viskoziteye sahip olmuş, bu da yapının daha akışkan ve daha az koyu

kıvamda olduğunu göstermektedir. Bu durum, koruyucu katkının emülsiyonun reolojik yapısını zayıflatıcı etkisinden kaynaklanmış olabilir.

Genel olarak, viskozite değerleri ile kıvam indeksi (K) arasında paralel bir eğilim gözlenmiş, viskozitesi yüksek olan örneklerin kıvam indeksinin de genellikle yüksek olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, MAP-3 örneğinde olduğu gibi bazı durumlarda aşırı yüksek viskoziteye rağmen Power-Law modeli uyumsuzluğu (düşük R^2 ve negatif n) dikkat çekici olmuştur. Bu durum, model dışı davranışlar veya faz ayrımı eğilimi gibi yapısal sorunlara işaret edebilir.

4.14. Mayonez Örneklerinin Duyusal Değerlendirilmesi

Doğal bir fenolik ekstraktın koruyucu ajan olarak kullanılması, gıdanın organoleptik özelliklerini etkileyebileceğinden, tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği dikkate alınmalıdır (Savaghebi vd., 2021). Bu doğrultuda, tez kapsamında üretilen propolis ve *Alchemilla persica* ilaveli mayonez örneklerinin tüketiciler tarafından ne ölçüde beğenildiği, yapılan duyusal analizle belirlenmiştir. Örneklerin duyusal özellikleri; görünüş, tat-lezzet, koku-aroma, kıvamlılık, sürülebilirlik ve toplam beğeni açısından değerlendirilmiştir. Duyusal analiz sonuçları Tablo 4.12’de sunulmuştur.

Tablo 4.12. Mayonez örneklerinin duyusal analiz sonuçları (Ortalama $\pm$ SS)

Örnekler	Görünüş	Tat-Lezzet	Koku-Aroma	Kıvamlılık	Sürülebilirlik	Toplam Beğeni
Kontrol	4,14 $\pm$ 1,08 ^b	3,38 $\pm$ 1,09 ^b	3,33 $\pm$ 1,25 ^b	3,71 $\pm$ 1,20 ^c	4,05 $\pm$ 1,09 ^b	3,71 $\pm$ 0,76 ^b
Koruyucu	4,05 $\pm$ 1,05 ^c	3,24 $\pm$ 1,34 ^c	3,14 $\pm$ 1,28 ^c	3,81 $\pm$ 0,91 ^b	3,95 $\pm$ 1,05 ^c	3,59 $\pm$ 1,00 ^c
Ticari	4,71 $\pm$ 0,70 ^a	4,29 $\pm$ 1,28 ^a	4,43 $\pm$ 1,00 ^a	4,67 $\pm$ 0,71 ^a	4,71 $\pm$ 0,63 ^a	4,58 $\pm$ 0,90 ^a
MP-1	3,76 $\pm$ 1,15 ^d	2,90 $\pm$ 1,15 ^e	3,10 $\pm$ 1,15 ^d	3,48 $\pm$ 0,91 ^d	3,67 $\pm$ 1,08 ^e	3,36 $\pm$ 0,94 ^d
MP-3	3,71 $\pm$ 1,16 ^e	2,76 $\pm$ 1,02 ^g	2,95 $\pm$ 1,40 ^e	3,38 $\pm$ 1,25 ^e	3,76 $\pm$ 1,34 ^d	3,13 $\pm$ 0,89 ^e
MA-1	2,19 $\pm$ 1,10 ^h	2,95 $\pm$ 1,29 ^d	2,67 $\pm$ 1,08 ^f	3,10 $\pm$ 1,27 ^g	3,33 $\pm$ 1,28 ^f	2,66 $\pm$ 1,17 ^f
MA-3	2,38 $\pm$ 1,13 ^g	2,67 $\pm$ 1,43 ^h	2,57 $\pm$ 1,29 ^h	2,52 $\pm$ 1,33 ^h	2,81 $\pm$ 1,47 ^h	2,48 $\pm$ 1,01 ^h
MAP-1	2,43 $\pm$ 1,29 ^f	2,81 $\pm$ 1,53 ^f	2,62 $\pm$ 1,36 ^g	3,19 $\pm$ 1,30 ^f	3,24 $\pm$ 1,34 ^g	2,64 $\pm$ 1,17 ^g
MAP-3	1,86 $\pm$ 1,04 ⁱ	2,52 $\pm$ 1,18 ⁱ	2,24 $\pm$ 1,11 ⁱ	2,10 $\pm$ 1,15 ⁱ	2,29 $\pm$ 1,16 ⁱ	2,25 $\pm$ 0,97 ⁱ

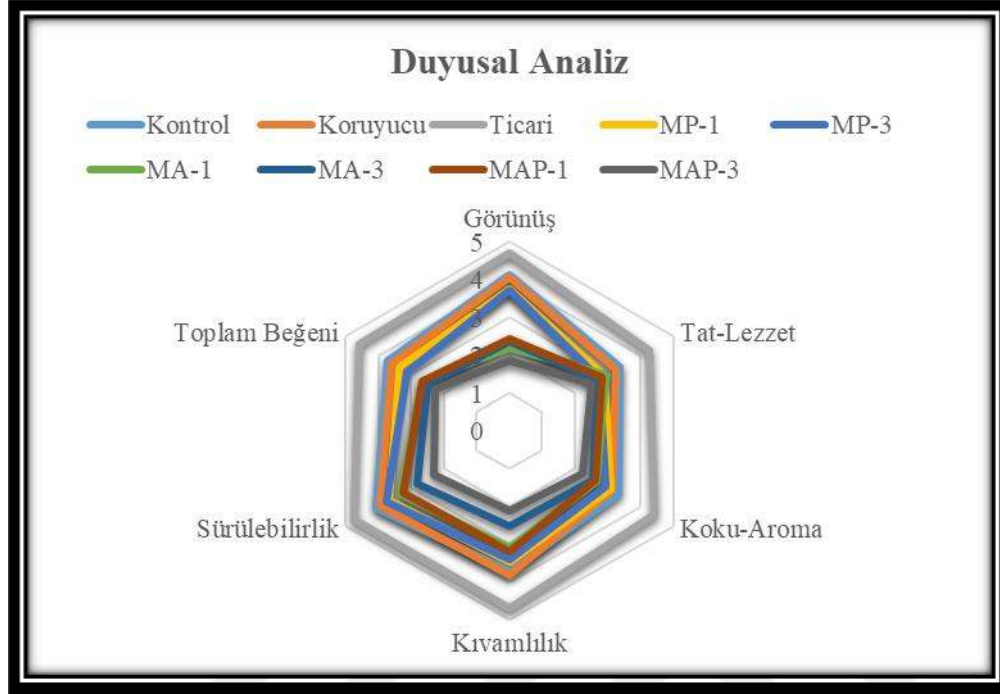
Tablo 4.12 incelendiğinde, tüketicilerin tüm parametrelerde en yüksek puanı ticari olarak piyasadan satın alınan alışlagelmiş mayonez örneğine verdiği görülmüştür. Buna karşılık, üretilen mayonezler arasında tüm parametrelerde en düşük puanı MAP-3 örneği almıştır ($p<0,05$). Propolis ve *Alchemilla persica* ekstraktlarının daha önce mayonezde kullanılmamış olması nedeniyle, panelistlerin bu tat kombinasyonlarını yabancı bulduğu düşünülmektedir. Mayonezin görünümünü ve kabul edilebilirliğini etkileyen en önemli faktörlerden biri renktir (Chang vd., 2017). Bu doğrultuda, “Görünüş” açısından değerlendirilen mayonez örnekleri beğeni sırasına göre Ticari > Kontrol > Koruyucu > MP-1 > MP-3 > MAP-1 > MA-3 > MA-1 > MAP-3 şeklinde sıralanmıştır. “Tat-Lezzet” açısından değerlendirilen mayonez örnekleri beğeni sırasına göre Ticari > Kontrol > Koruyucu > MA-1 > MP-1 > MAP-1 > MP-3 > MA-3 > MAP-3 şeklinde sıralanmıştır. Benzer şekilde, “Koku-Aroma” açısından yapılan değerlendirmede mayonez örnekleri Ticari > Kontrol > Koruyucu > MP-1 > MP-3 > MA-1 > MAP-1 > MA-3 > MAP-3 sırasına göre beğenilmiştir. Mayonez örnekleri “Kıvamlılık” bakımından incelendiğinde, Ticari > Koruyucu > Kontrol > MP-1 > MP-3 > MAP-1 > MA-1 > MA-3 > MAP-3 sıralamasına göre değerlendirilmiştir. Benzer şekilde, “Sürülebilirlik” açısından yapılan karşılaştırmada, mayonez örnekleri Ticari > Kontrol > Koruyucu > MP-3 > MP-1 > MA-1 > MAP-1 > MA-3 > MAP-3 şeklinde sıralanmıştır.

Örnekler, toplam beğeni açısından incelendiğinde, panelistlerden en yüksek puanı Ticari mayonez örneğinin, en düşük puanı ise MAP-3 mayonez örneğinin aldığı belirlenmiştir. Bitki ve propolis ekstraktlarını yüksek konsantrasyonlarda içeren bu örneklerin, genel kabul edilebilirliği olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Mayonez örneklerinin duyu analizi sonuçlarına ait polar koordinat grafikleri Şekil 4.17’de sunulmuştur.

Şekil 4.17’de görüldüğü üzere, Ticari mayonez örneği diğer örneklerle kıyasla en yüksek beğeniye sahiptir. Kontrol ve Koruyucu mayonez örnekleri de panelistler tarafından tercih edilmiş olup, görünüş, tat-lezzet, koku-aroma, kıvamlılık, sürülebilirlik ve toplam beğeni açısından Ticari mayonez örneğine yakın sonuçlar almıştır.

Propolis ekstraktı içeren örnekler, renk açısından geleneksel mayonezlere daha çok benzerlik gösterdiğinden, Kontrol ve Koruyucu örnekleri ile benzer derecede beğenilmiştir. Ancak, kullanılan bitki ekstraktının mayonezin alışılmış rengini

değiştirmesi nedeniyle, panelistler tarafından bu örneklerin daha düşük puanlarla değerlendirildiği görölmektedir.



Şekil 4.17. Mayonez örneklerinin duyusal analizine ait polar koordinat grafikleri

Doğal antioksidan içeren bileşenlerin mayoneze dahil edilmesi, mayonezin oksidatif stabilitesini artırabilmektedir. Ancak, doğal antioksidanlar ürünün organoleptik özelliklerini etkileyebileceğinden, bu sorunun üstesinden gelmek için oksidasyonu geciktirme mekanizmasının kullanılması gerekmektedir (Ghorbani Gorji vd., 2016). Bu nedenle, duyusal analiz sonuçları göz önüne alındığında, antioksidan yönünden zengin ekstraktların doğrudan kullanımı yerine enkapsüle edilerek mayonez üretiminde kullanımı, tüketici beğenisini artıracaktır.

Duyusal analizde ticari mayonez en yüksek beğeni oranına ulaşmıştır. Kontrol ve Koruyucu örnekler de benzer şekilde olumlu değerlendirilmiştir. Propolis içeren örnekler renk açısından geleneksel mayoneze daha yakın bulunmuş, bu nedenle panelistlerce kabul görmüştür. Ancak bitki ekstraktı kullanılan örneklerde renk değişimi, tüketici beğenisini olumsuz etkilemiştir. Bu durum, doğal ekstraktların duyusal kaliteye etkisinin dikkatle dengelenmesi gerektiğini göstermektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, mayonez formülasyonlarında doğal antioksidan ve antimikrobiyal özellikleriyle bilinen propolis ve *Alchemilla persica* kullanımı değerlendirilmiş ve bu bileşenlerin doğal koruyucu sistem oluşturma potansiyeli ortaya konmuştur. Ayrıca, literatürde fazla yağ tüketiminin erkeklerde prostat kanseri riskini artırdığı yönündeki bulgular dikkate alınarak, antikanser etkileriyle öne çıkan propolisin mayonezde kullanımı ilk kez araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, propolisin fonksiyonel bir katkı maddesi olarak mayonezde kullanılabileceğini ve bu sayede hem sağlık açısından avantaj sağlayabileceğini hem de ürünün raf ömrünü uzatarak ticarileşme potansiyelini artırabileceğini göstermektedir. Bu kapsamda yapılan fizikokimyasal ve reolojik analizler, ürünün ticari üretimi açısından önemli veriler sunmuştur.

Yapılan mikroskobik analizler, tüm mayonez örneklerinde yağ fazının sürekli su fazı içerisinde homojen bir şekilde dağıldığını ortaya koymuştur. Yağ damlacıklarının küresel formda ve sıkı bir yerleşim göstermesi, emülsiyon kararlılığının yüksek olduğunu ve formülasyonların başarılı bir şekilde stabilize edildiğini göstermektedir. Bu bulgular, kullanılan doğal katkı maddelerinin emülsiyon sistemine olumlu katkı sağladığını desteklemektedir.

Mayonez örneklerinin renk analizleri sonucunda beyazlık indeksi (*WI*) açısından en yüksek değerin $87,60 \pm 0,04$ ile ticari örnekte, en düşük değerin ise $76,81 \pm 0,03$ ile MP-3 örneğinde olduğu belirlenmiştir. Bu durum, formülasyonda kullanılan propolis ve *Alchemilla persica* ürünün renk özellikleri üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu göstermektedir. Literatürde bu iki doğal bileşenin birlikte kullanıldığı mayonez çalışmalarına rastlanmadığından, elde edilen veriler özgün nitelikte olup, gelecekte yapılacak benzer araştırmalara öncülük etme potansiyeline sahiptir.

Yapılan emülsiyon stabilitesi analizlerinde, en yüksek değerin ticari mayonez örneğinde ($99,15 \pm 0,17$), en düşük değerin ise bitki ekstraktı içeren formülasyonlarda olduğu belirlenmiştir. *Alchemilla persica* ekstraktının emülsiyon yapısına dahil edilmesi, yağ

fazının ayrılmasını artırarak stabiliteyi bir miktar azaltmış olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, propolis katkılı örneklerde koruyucu içeren standart formülasyona kıyasla daha güçlü emülsiyonların olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgular, doğal katkı maddelerinin emülsiyon sistemine entegre edilebileceğini ancak geleneksel yapıyı koruyabilecek alternatif formülasyonlar geliştirilebileceğini göstermektedir.

Mayonez örneklerine yönelik yapılan depolama analizleri, 90 gün süresince belirli aralıklarla (0, 30, 60 ve 90. günlerde) gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte pH, toplam asitlik, serbest yağ asitliği ve oksidatif bozulmayı değerlendiren peroksit sayısı ile *p*-anisidin değeri analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, formülasyonlarda kullanılan doğal katkı maddelerinin zamanla meydana gelen kimyasal değişimlere karşı etkili olabileceğini ortaya koymuş; ürünün raf ömrü boyunca kalite parametrelerinin izlenmesinde bu analizlerin önemini bir kez daha vurgulamıştır. Doğal içeriklerin, özellikle oksidatif stabilite açısından geleneksel koruyuculara alternatif olabileceği yönünde bulgular elde edilmiştir.

Ransimat analizine göre en düşük IP değeri koruyucu içeren örnekte ($0,64 \pm 0,00$), en yüksek değer ise %0,3 propolis ilaveli MP-3 örneğinde ($14,71 \pm 2,11$) gözlemlenmiştir. MP-3 grubundaki anlamlı IP artışı, propolisin uygun konsantrasyonda oksidatif stabiliteyi belirgin biçimde artırabildiğini göstermektedir.

Çalışmada üretilen mayonez örneklerinin fenolik bileşen ve antioksidan kapasiteleri incelendiğinde, kontrol ve ticari örneklerin bu özellikler açısından en düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle propolis ve *Alchemilla persica* ekstraktlarının ilavesiyle formüle edilen örneklerde, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitede anlamlı artışlar gözlemlenmiştir. En yüksek fenolik içerik, bu iki ekstraktın %0,3 oranında birlikte kullanıldığı MAP-3 örneğinde elde edilmiştir. Toplam antioksidan kapasite bakımından da benzer bir eğilim saptanmış; MAP-3 ve ticari örnekler en yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu durum, özellikle doğal ekstraktların uygun konsantrasyonlarda kullanılmasıyla ürünün fonksiyonel değerinin artırılabilirliğini ortaya koymaktadır. DPPH analiz sonuçları, propolis ve bitki ekstraktı katkısı yapılmayan örneklerin serbest radikal giderme kapasitesinin oldukça düşük kaldığını göstermiştir. Buna karşın MAP-3 örneği, en yüksek DPPH değeriyle en güçlü antioksidan etkiye sahip formülasyon olarak

öne çıkmıştır. Bu sonuç, propolis ve *Alchemilla persica*'nın birlikte kullanıldığında sinerjik etki göstererek mayonezin biyoaktif kapasitesini anlamlı düzeyde artırdığını kanıtlamaktadır. Genel olarak, bu çalışma; propolis ve *Alchemilla persica* mayonez gibi yağ bazlı gıdalarda doğal antioksidan ve biyoaktif bileşen kaynağı olarak etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Elde edilen bulgular, fonksiyonel gıda üretiminde bu doğal bileşenlerin değerlendirilebileceğini ve katkı maddesi kullanımına doğal alternatifler sunulabileceğini ortaya koymaktadır.

Tüm mayonez formülasyonları, Power-Law modeline göre psödoplastik akış davranışı ($n < 1$) göstermiştir. Bu kayma incelmesi özelliği, önceki çalışmalarla da uyumlu olup, mayonezin yayılabilirliği ve ağız hissi açısından olumlu bir yapısal özellik olarak değerlendirilmektedir.

Yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda, tüm mayonez örneklerinin koagülaz pozitif stafilokok bakımından TS 9777 Mayonez Standardı'na uygun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, örneklerin hiçbirinde *Salmonella* spp. tespit edilmemiştir. Bu bulgular, uygulanan formülasyonların mikrobiyolojik açıdan güvenli olduğunu ve üretim sürecinin hijyenik koşullarda yürütüldüğünü göstermektedir. Özellikle doğal ekstraktların mikrobiyal yükü artırmadığı göz önüne alındığında, bu katkıların gıda güvenliği açısından da uygun olduğu söylenebilir.

Hücre canlılığı analizleri, farklı mayonez formülasyonlarının sitotoksik ve proliferatif etkiler açısından önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. MP-1 ve MP-3 örnekleri yüksek dozda sitotoksik etki gösterirken, MP-3 düşük dozda hücre canlılığını korumuştur. MA-1 ve MA-3 tüm dozlarda yüksek toksisiteye sahiptir. MAP-1 ve özellikle MAP-3 örnekleri düşük dozda hücre canlılığını artırmış; MAP-3, 500 ppm'de %149,07 canlılıkla proliferatif etki göstermiştir. Bu durum, propolis ve *Alchemilla persica* kombinasyonunun düşük dozda hücre çoğalmasını destekleyebileceğini ortaya koymakta, ancak bu etkinin mekanizması için ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

Abbasi, A., Hosseini, H., Pourjafar, H., Moradi, S., and Shojae-Aliabadi, S. (2025). *Malva neglecta* essential oil: A promising approach for bio-preserving mayonnaise and assessing variable correlations through principal component analysis and heat map. *Heliyon*, 11(3), e41971. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e41971>

Abu-Salem, F. M., and Abou-Arab, A. A. (2006). Chemical, microbiological and sensory evaluation of mayonnaise prepared from ostrich eggs. *Journal of Food and Dairy Sciences*. <https://doi.org/10.21608/jfds.2006.236448>

Acet, T., ve Özcan, K. (2018). Aslanpençesi (*Alchemilla ellenbergiana*) ekstraktlarının antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinin belirlenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.308430>

Ahangari, H., King, J. W., Ehsani, A., and Yousefi, M. (2021). Supercritical fluid extraction of seed oils – A short review of current trends. *Trends in Food Science & Technology*, 111, 249–260. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.066>

Ahmad, T., Masoodi, F. A., Rather, S., Wani, S., and Gull, A. (2019). Supercritical fluid extraction: A review. *Journal of Biological and Chemical Chronicles*, 5, 114–122. <https://doi.org/10.33980/Jbcc.2019.V05i01.019>

Ahmadi-Dastgerdi, A., Ezzatpanah, H., Asgary, S., Dokhani, S., and Rahimi, E. (2017). Determination of antioxidative effect of *Achillea millefolium* essential oil on mayonnaise stability by Rancimat method. *Herbal Medicines Journal (Herb Med J)*, 2(2), 66–70. <https://doi.org/10.22087/hmj.v2i2.611>

Ahmed, J. (2004). Rheological behaviour and colour changes of ginger paste during storage. *International Journal of Food Science & Technology*, 39(3), 325–330. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00789.x>

Akalın, B. (2024). Narenciye Lifi ve Bazı Hidrokolloid Gamların Etkileşimiyle Az Yağlı Mayonez Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Akçiçek, A. (2022). Pirinadan Geri Kazanılan Fenolik Bileşenlerin Nanoenkapsülasyonu ve Vegan Mayonez Üretiminde Kullanılması, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Akinlua, A., Torto, N., and Ajayi, T. R. (2008). Supercritical fluid extraction of aliphatic hydrocarbons from Niger Delta sedimentary rock. *The Journal of Supercritical Fluids*, 45(1), 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2007.11.016>

Aksoy, A. (2021). Gıdalarda pH ölçümünün önemi. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.46373/hafebid.978917>

Alemán, M., Bou, R., Guardiola, F., Durand, E., Villeneuve, P., Jacobsen, C., and Sørensen, A. D. M. (2015). Antioxidative effect of lipophilized caffeic acid in fish oil enriched mayonnaise and milk. *Food Chemistry*, 167, 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.083>

Ali, H., Alkowni, R., Jaradat, N., and Masri, M. (2021). Evaluation of phytochemical and pharmacological activities of *Taraxacum syriacum* and *Alchemilla arvensis*. *Jordan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 14, 457–472.

Altan Kamer, D. D. (2020). Pirinç ve Üzüm Atıklarından Gellan Gam Üretimi ve Gamların Çeşitli Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi.

Altunkaya, A., Hedegaard, R. V., Harholt, J., Brimer, L., Gökmen, V., and Skibsted, L. H. (2013). Oxidative stability and chemical safety of mayonnaise enriched with grape seed extract. *Food & Function*, 4(11), 1647–1653. <https://doi.org/10.1039/C3FO60204D>

Amin, A. A., Mahmoud, K. F., Salama, M. F., Longo, V., Pozzo, L., Seliem, E. I., and Ibrahim, M. A. (2023). Characterization and stability evaluation of Egyptian propolis extract nano-capsules and their application. *Scientific Reports*, 13(1), 16065. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42025-0>

An, L., Lee, M., and Ryu, S. I. (2024). Quality characteristics of Jeju premature mandarin mayonnaise. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 53(5), 493–499. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2024.53.5.493>

Anajirih, N., Abdeen, A., Taher, E. S., Abdelkader, A., Abd-Ellatieff, H. A., Gewaily, M. S., ... and Habotta, O. A. (2024). *Alchemilla vulgaris* modulates isoproterenol-induced cardiotoxicity: Interplay of oxidative stress, inflammation, autophagy, and apoptosis. *Frontiers in Pharmacology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1394557>

Andrade, J. K. S., Denadai, M., Andrade, G. R. S., da Cunha Nascimento, C., Barbosa, P. F., Jesus, M. S., and Narain, N. (2018). Development and characterization of microencapsules containing spray dried powder obtained from Brazilian brown, green and red propolis. *Food Research International*, 109, 278–287. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.048>

Andrade, J. K. S., Denadai, M., de Oliveira, C. S., Nunes, M. L., and Narain, N. (2017). Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity of brown, green and red propolis from Brazilian Northeast region. *Food Research International*, 101, 129–138. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.066>

Anjos, O., Fernandes, R., Cardoso, S. M., Delgado, T., Farinha, N., Paula, V., ... and Carpes, S. T. (2019). Bee pollen as a natural antioxidant source to prevent lipid oxidation in black pudding. *LWT - Food Science and Technology*, 111, 869–875. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.105>

Ataie, M. J., Shekarabi, S. P. H., and Jalili, S. H. (2019). Gelatin from bones of bighead carp as a fat replacer on physicochemical and sensory properties of low-fat mayonnaise. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 8(4). <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2019.8.4.979-983>

Ayaz, S. (2012). *Alchemilla* L. İçinde A. Güner, S. Aslan, T. Ekim, M. Vural ve M. T. Babaç (Ed.), *Türkiye bitkileri listesi (damarlı bitkiler)* (ss. 791–794). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları.

Aymonier, C., Erriguible, A., Marre, S., Loppinet-Serani, A., and Cansell, F. (2007). Processes using supercritical fluids: A sustainable approach for the design of functional nanomaterials. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, 5, A77. <https://doi.org/10.2202/1542-6580.1424>

Barrientos-Lezcano, J. C., Gallo-Machado, J., Marin-Palacio, L. D., and Builes, S. (2023). Extraction kinetics and physicochemical characteristics of Colombian propolis. *Journal of Food Process Engineering*, 46(11), e14272. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14272>

Belgüzar, S., Yanar, Y., Çetin, M., ve Özyiğit, Ç. (2019). Bazı bitki ekstraktlarının *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* ve *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* üzerine antibakteriyel etkisinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Weed Science*, 22(2), 203–209.

Bilenler, T., Gökbulut, İ., Şişlioğlu, K., and Karabulut, İ. (2015). Antioxidant and antimicrobial properties of thyme essential oil encapsulated in zein particles. *Flavour and Fragrance Journal*, 30(5), 392–398.

Bilušić, T., Šola, I., and Čikeš Čulić, V. (2024). Identification of flavonoids, antioxidant and antiproliferative activity of aqueous infusions of *Calendula officinalis* L., *Chelidonium majus* L., *Teucrium chamaedrys* L., and *Alchemilla vulgaris* L. *Food Technology and Biotechnology*, 62(1), 49–58. <https://doi.org/10.17113/ftb.62.01.24.8175>

Biscaia, D., and Ferreira, S. R. S. (2009). Propolis extracts obtained by low pressure methods and supercritical fluid extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*, 51(1), 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2009.07.011>

Bodoira, R. M., Rodríguez Ruiz, A. C., Martínez, M. L., Velez, A. R., Ribotta, P. D., and Maestri, D. M. (2024). From by-product to natural antioxidant: Incorporation of peanut skin extract in mayonnaise and its effect on physico-chemical and sensory properties. *Food Bioscience*, 61, 104680. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104680>

Bodoira, R. M., Rodríguez-Ruiz, A. C., Maestri, D. M., Ribotta, P. D., Velez, A. R., and Martinez, M. L. (2023). Use of phenolic extract from peanut skin as a natural antioxidant in chia oil-based mayonnaise. *La Valse-Food*, 17, Article 25017. <https://doi.org/10.3390/blsf2023025017>

Boroja, T., Mihailović, V., Katanić, J., Pan, S. P., Nikles, S., Imbimbo, P., ... and Bauer, R. (2018). The biological activities of roots and aerial parts of *Alchemilla vulgaris* L. *South African Journal of Botany*, 116, 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.03.007>

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., and Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)

Brunner, G. (2005). Supercritical fluids: Technology and application to food processing. *Journal of Food Engineering*, 67(1), 21–33. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.060>

Burdock, G. A. (1998). Review of the biological properties and toxicity of bee propolis (Propolis). *Food and Chemical Toxicology*, 36(4), 347–363. [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(97\)00145-2](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(97)00145-2)

Büyük, M., Ata, A., and Yemenicioğlu, A. (2024). Application of pectin–grape seed polyphenol combination restores consistency and emulsion stability and enhances antioxidant capacity of reduced oil aquafaba vegan mayonnaise. *Food and Bioprocess Processing*, 144, 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2024.01.010>

Catchpole, O. J., Grey, J. B., Mitchell, K. A., and Lan, J. S. (2004). Supercritical antisolvent fractionation of propolis tincture. *The Journal of Supercritical Fluids*, 29(1–2), 97–106. [https://doi.org/10.1016/S0896-8446\(03\)00033-0](https://doi.org/10.1016/S0896-8446(03)00033-0)

Cauch-Kumul, R., and Segura Campos, M. R. (2019). Bee propolis: Properties, chemical composition, applications, and potential health effects. In M. R. S. Campos (Ed.), *Bioactive compounds* (pp. 227–243). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814774-0.00012-8>

CFR. (2010). Mayonnaise (21 CFR § 166.40). In *Code of Federal Regulations* (4–1–10 ed., pp. 592–594). Federal Register. <https://www.ecfr.gov/current/title-21/chapter-I/subchapter-B/part-166/subpart-A/section-166.40>

Chang, C., Li, J., Li, X., Wang, C., Zhou, B., Su, Y., and Yang, Y. (2017). Effect of protein microparticle and pectin on properties of light mayonnaise. *LWT - Food Science and Technology*, 82, 8–14. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.013>

Chen, C. R., Lee, Y. N., Lee, M. R., and Chang, C. M. J. (2009a). Supercritical fluids extraction of cinnamic acid derivatives from Brazilian propolis and the effect on growth inhibition of colon cancer cells. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 40(2), 130–135. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2008.07.014>

Chen, C. R., Shen, C. T., Wu, J. J., Yang, H. L., Hsu, S. L., and Chang, C. M. J. (2009b). Precipitation of sub-micron particles of 3,5-diprenyl-4-hydroxycinnamic acid in Brazilian propolis from supercritical carbon dioxide anti-solvent solutions. *The Journal of Supercritical Fluids*, 50(2), 176–182. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2009.06.001>

Chen, M., Zhang, J., Sampieri, K., Clohessy, J. G., Mendez, L., Gonzalez-Billalabeitia, E., Liu, X. S., ... and Pandolfi, P. P. (2018). An aberrant SREBP-dependent lipogenic program promotes metastatic prostate cancer. *Nature Genetics*, 50(2), 206–218. <https://doi.org/10.1038/s41588-017-0027-2>

Chou, T. C., and Hayball, M. (1996). *CalcuSyn for Windows: Multiple-drug dose-effect analyzer and manual*. Biosoft, Cambridge Place, Cambridge, United Kingdom. <https://scholar.google.com/scholar?cluster=8178793884999779432&hl=en&oi=scholar>

Chuang, L. H., Chen, W. C., Pei, W., Chuang, M. H., Hsu, T., and Chuang, P. C. (2022). Purification of Artepillin C (ARC) with anticancer activities from supercritical CO₂-ethanol extracts of Brazilian green propolis by using adsorption column chromatography. *Journal of Marine Science and Technology*, 30(3), 260–269. <https://doi.org/10.51400/2709-6998.2582>

Chukwu, O., and Sadiq, Y. (2008). Storage stability of groundnut oil and soya oil-based mayonnaise. *Journal of Food Technology*, 6(5), 217–220.

CODEX. (2014). *Codex Alimentarius: Procedural manual* (12th ed.). World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Coklar, H., and Akbulut, M. (2017). Anthocyanins and phenolic compounds of *Mahonia aquifolium* berries and their contributions to antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 35, 166–174. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.05.037>

Condrat, D., Szabo, M. R., Crişan, F., and Lupea, A. X. (2009). Antioxidant activity of some phanerogam plant extracts. *Food Science and Technology Research*, 15(1), 95–98. <https://doi.org/10.3136/fstr.15.95>

Cornelia, M., Siratantri, T., and Prawita, R. (2015). The utilization of extract durian (*Durio zibethinus* L.) seed gum as an emulsifier in vegan mayonnaise. *Procedia Food Science*, 3, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.01.001>

Cottica, S. M., Sawaya, A. C. H. F., Eberlin, M. N., Franco, S. L., Zeoula, L. M., and Visentainer, J. V. (2011). Antioxidant activity and composition of propolis obtained by different methods of extraction. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 22, 929–935. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532011000500016>

Coupland, J. N., and McClements, D. J. (1996). Lipid oxidation in food emulsions. *Trends in Food Science & Technology*, 7(3), 83–91. [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(96\)81302-1](https://doi.org/10.1016/0924-2244(96)81302-1)

Cushnie, T. P. T., and Lamb, A. J. (2005). Detection of galangin-induced cytoplasmic membrane damage in *Staphylococcus aureus* by measuring potassium loss. *Journal of Ethnopharmacology*, 101(1–3), 243–248. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.04.014>

Çiftçi, H. S. (2018). Fındık ve Susam Posalarından Üretilen Protein Konsantrelerinin Gıda Ürünlerinde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi.

Çolak, N. ve Tülek, Y. (2003). Süperkritik akışkan ekstraksiyonu. *Gıda*, 28(3), Article 3. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gida/issue/6972/92959>

Davis, P. H. (1982). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (Vol. 4). Edinburgh University Press.

De Castro, P. A., Savoldi, M., Bonatto, D., Malavazi, I., Goldman, M. H. S., Berretta, A. A., and Goldman, G. H. (2012). Transcriptional profiling of *Saccharomyces cerevisiae* exposed to propolis. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 12, 194. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-194>

De Zordi, N., Cortesi, A., Kikic, I., Moneghini, M., Solinas, D., Innocenti, G., ... and Dall'Acqua, S. (2014). The supercritical carbon dioxide extraction of polyphenols from propolis: A central composite design approach. *The Journal of Supercritical Fluids*, 95, 491–498. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.10.006>

Demirci, A. Ş. (2010). *Xanthomonas Campestris* Kullanılarak Pirinç Kepeğinden Ksantan Gam Üretimi, Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi.

Denev, P., Kratchanova, M., Ciz, M., Lojek, A., Vasicek, O., Blazheva, D., ... and Hyrs, P. (2014). Antioxidant, antimicrobial and neutrophil-modulating activities of herb extracts. *Acta Biochimica Polonica*, 61(2), 359–367.

Depree, J. A., and Savage, G. P. (2001). Physical and flavour stability of mayonnaise. *Trends in Food Science and Technology*, 12(5), 157–163. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00079-6](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00079-6)

Doi, K., Fujioka, M., Sokuza, Y., Ohnishi, M., Gi, M., Takeshita, M., ... and Wanibuchi, H. (2017). Chemopreventive action by ethanol-extracted Brazilian green propolis on post-initiation phase of inflammation-associated rat colon tumorigenesis. *In Vivo (Athens, Greece)*, 31(2), 187–197. <https://doi.org/10.21873/invivo.11044>

Dos Santos Szewczyk, K., Pietrzak, W., Klimek, K., Grzywa-Celińska, A., Celiński, R., and Gogacz, M. (2022). LC-ESI-MS/MS identification of biologically active phenolics in different extracts of *Alchemilla acutiloba* Opiz. *Molecules*, 27(3), 621. <https://doi.org/10.3390/molecules27030621>

Droźłowska-Sobieraj, E., Łopusiewicz, Ł., Mężyńska, M., and Bartkowiak, A. (2020). The effect of native and denaturated flaxseed meal extract on physiochemical properties of low fat mayonnaises. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00363-6>

Duckstein, S., Lotter, E., Meyer, U., Lindequist, U., and Stintzing, F. (2012). Phenolic constituents from *Alchemilla vulgaris* L. and *Alchemilla mollis* (Buser) Rothm. at different dates of harvest. *Zeitschrift für Naturforschung C, Journal of Biosciences*, 67, 529–540. <https://doi.org/10.5560/znc.2012.67c0529>

Duncan, S. E. (2004). Fats: Mayonnaise. *Food Processing*, 329. https://www.academia.edu/10912014/Fats_Mayonnaise

Dursun, İ., Felek, İ., and Çobanoğlu, D. N. (2024). Analyzing the antioxidant activity and fatty acid composition of monofloral mullein (*Verbascum* sp.) pollen oil obtained via various extraction techniques. *Chemistry & Biodiversity*, 21(3), e202400117. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202400117>

Efenberger-Szmechtyk, M., Nowak, A., and Czyżowska, A. (2021). Plant extracts rich in polyphenols: Antibacterial agents and natural preservatives for meat and meat products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(1), 149–178. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1722060>

El-Hadidy, E. M., Refat, O. G., Halaby, M. S., Elmetwaly, E. M., and Omar, A. A. (2018). Effect of lion's foot (*Alchemilla vulgaris*) on liver and renal functions in rats induced by CCl₄. *Food and Nutrition Sciences*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.4236/fns.2018.91004>

Ergene, B., Acikara, Ö. B., Bakar, F., Saltan, G., and Nebioğlu, S. (2010). Antioxidant activity and phytochemical analysis of *Alchemilla persica* Rothm. *Journal of Faculty of*

Pharmacy of Ankara University, 39(2), Article 2.
https://doi.org/10.1501/eczfak_00000000560

Erinç, H. (2011). Bitkisel Artıklardan Farklı Boyutlarda Lif Üretimi ve Düşük Yağlı Ürünlerde Kullanımı, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.

Erol, N. (2022). Endüstriyel Domates Atıklarından Fonksiyonel Özellikte Ürün Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi.

European Pharmacopoeia. (2008). In *Alchemillae herba* (6th ed., Vol. 2, pp. 1123).

Fachri, B. A., Sari, P., Yuwanti, S., and Subroto, E. (2020a). Experimental study and modeling on supercritical CO₂ extraction of Indonesian raw propolis using response surface method: Influence of pressure, temperature and CO₂ mass flowrate on extraction yield. *Chemical Engineering Research and Design*, 153, 452–462. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2019.11.014>

Fachri, B. A., Rizkiana, M. F., and Muharja, M. (2020b). A kinetic study on supercritical carbon-dioxide extraction of Indonesian *Trigona sp.* propolis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 742(1), 012001. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/742/1/012001>

FDA. (2002). *Pasteurization requirements* (9 CFR § 590.570; No. 9).

Fıratlıgil-Durmuş F. E. (2008). Kırmızı Biber Tohumunun Endüstriyel Olarak Değerlendirilmesi: Protein Ekstraksiyonu, Fonksiyonel Özellikleri ve Mayonez Üretiminde Kullanımı, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Fialová, J., Chumchalová, J., Miková, K., and Hrušová, I. (2008). Effect of food preservatives on the growth of spoilage *Lactobacilli* isolated from mayonnaise-based sauces. *Food Control*, 19(7), 706–713. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.07.018>

Flamminii, F., Di Mattia, C. D., Sacchetti, G., Neri, L., Mastrocola, D., and Pittia, P. (2020). Physical and sensory properties of mayonnaise enriched with encapsulated olive leaf phenolic extracts. *Foods*, 9(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/foods9080997>

Foutsop, A. F., Ateufack, G., Adassi, B. M., Yassi, F. B., Kom, T. D., NOUNGOUA, C. M., Petsou, A., and Ngoupaye, G. T. (2023). The aqueous lyophilisate of *Alchemilla kiwuensis* Engl. (Rosaceae) displays antiepileptogenic and antiepileptic effects on PTZ-induced kindling in rats: Evidence of modulation of glutamatergic and GABAergic pathways coupled to antioxidant properties. *Neurochemical Research*, 48(10), 3228–3248. <https://doi.org/10.1007/s11064-023-03982-0>

Frankel, E. N. (2007). Antioxidant protocols for foods and biological systems. In *Antioxidants in food and biology: Facts and fiction* (pp. 77–104). The Oily Press, PJ Barnes & Associates.

Freitas, A. S., Cunha, A., Cardoso, S. M., Oliveira, R., and Almeida-Aguiar, C. (2019). Constancy of the bioactivities of propolis samples collected on the same apiary over four years. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 119, 622–633. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.040>

FSIS and USDA. (2006). *Risk assessments for Salmonella Enteritidis in shell eggs and Salmonella spp. in egg products*. FSIS.

Gaipova, S., Ruzibayev, A., Salijonova, S., Khakimova, Z., and Calvo-Gomez, O. (2024). Sesame meal and lemon zest–enriched mayonnaise: Proximal analysis and toxicological studies in animals. *Heliyon*, 10(6), e28319. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28319>

Gardana, C., Scaglianti, M., Pietta, P., and Simonetti, P. (2007). Analysis of the polyphenolic fraction of propolis from different sources by liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 45(3), 390–399. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2007.06.022>

Geveke, D. J., Gurtler, J. B., Jones, D. R., and Bigley, A. B. W. (2016). Inactivation of *Salmonella* in shell eggs by hot water immersion and its effect on quality. *Journal of Food Science*, 81(3), M709–M714. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13233>

Ghorbani Gorji, S., Smyth, H. E., Sharma, M., and Fitzgerald, M. (2016). Lipid oxidation in mayonnaise and the role of natural antioxidants: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 56, 88–102. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.08.002>

Ghosh, S., and Rousseau, D. (2010). Emulsion breakdown in foods and beverages. In D. B. Min (Ed.), *Chemical deterioration and physical instability of food and beverages* (pp. 260–295). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845699260.2.260>

Giacintucci, V., Di Mattia, C., Sacchetti, G., Neri, L., and Pittia, P. (2016). Role of olive oil phenolics in physical properties and stability of mayonnaise-like emulsions. *Food Chemistry*, 213, 369–377. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.095>

Ginovyan, M., Hovhannisyan, S., Javrushyan, H., Sevoyan, G., Karabekian, Z., Zakaryan, N., Sahakyan, N., and Avtandilyan, N. (2023). Screening revealed the strong cytotoxic activity of *Alchemilla smirnovii* and *Hypericum alpestre* ethanol extracts on different cancer cell lines. *AIMS Biophysics*, 10(1), Article Biophy-10-01-002. <https://doi.org/10.3934/biophy.2023002>

Giovannucci, E., Rimm, E. B., Colditz, G. A., Stampfer, M. J., Ascherio, A., Chute, C. G., and Willett, W. C. (1993). A prospective study of dietary fat and risk of prostate cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, 85(19), 1571–1579. <https://doi.org/10.1093/jnci/85.19.1571>

Golchoobi, L., Alimi, M., Shokoohi, S., and Yousefi, H. (2016). Interaction between nanofibrillated cellulose with guar gum and carboxy methyl cellulose in low-fat mayonnaise. *Journal of Texture Studies*, 47(5), 403–412. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12183>

Goli, S. A. H., Keramat, S., Soleimanian-Zad, S., and Ghasemi Baghabrishami, R. (2024). Antioxidant and antimicrobial efficacy of microencapsulated mustard essential oil against *Escherichia coli* and *Salmonella Enteritidis* in mayonnaise. *International Journal of Food Microbiology*, 410, 110484. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110484>

Gölükcü, M. (2006). Bazı Avokado (*Persea americana Mill.*) Çeşitlerinin Püre Üretimine Uygunluklarının Belirlenmesi ve Ürün Stabilitesi Üzerine Depolama Sıcaklığının Etkisi, Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi.

Graikou, K., Popova, M., Gortzi, O., Bankova, V., and Chinou, I. (2016). Characterization and biological evaluation of selected Mediterranean propolis samples. Is it a new type? *LWT - Food Science and Technology*, 65, 261–267. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.025>

Gregory, S. R., Piccolo, N., Piccolo, M. T., Piccolo, M. S., and Heggers, J. P. (2002). Comparison of propolis skin cream to silver sulfadiazine: A naturopathic alternative to antibiotics in treatment of minor burns. *Journal of Alternative and Complementary Medicine (New York, N.Y.)*, 8(1), 77–83. <https://doi.org/10.1089/107555302753507203>

Gundogan, N., Citak, S., Yucel, N., and Devren, A. (2005). A note on the incidence and antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus* isolated from meat and chicken samples. *Meat Science*, 69(4), 807–810. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.10.011>

Gülen, S., Günal-Köroğlu, D., and Turan, S. (2025). Effects of cold-pressed oil additives in varying proportions: Physico-chemical characteristics of mayonnaises. *Food Chemistry*, 469, 142576. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142576>

Günel, Z. (2019). Yakıcılık Hissi Baskılanmış Kapsaisin Mikrokapsüllerinin Üretimi ve Ürün Stabilitésinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi.

Güngör, K. K. (2021). Balkabağı Kabuğundan Çevre Dostu Yöntemler Kullanılarak β -Karoten Ekstraksiyonu ve Elde Edilen Ekstraktın Enkapsülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi.

Güven, L., Ertürk, A., Yilmaz, M., Alwasel, S., and Gülçin, I. (2024). *Alchemilla pseudocartalinica* Juz: Phytochemical screening by UPLC-MS/MS, molecular docking, anti-oxidant, anti-diabetic, anti-glaucoma, and anti-Alzheimer effects. *Records of Natural Products*. <https://doi.org/10.25135/rnp.448.2312.2993>

Güzel, A. (2024). Assessment of antioxidant, acetylcholinesterase, paraoxonase inhibition activities and phenolic content of *Alchemilla lithophila*. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 37(1), 25–32.

Hamid, K. H. A., Azman, N. A. M., Sharaani, S., Zain, N., Ahmad, N., Sulaiman A. Z., ... and Pablos, M. P. A. (2017). *Alchemilla vulgaris* and *Filipendula ulmaria* extracts as potential natural preservatives in beef patties. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 21, 986–995. <https://doi.org/10.17576/mjas-2017-2104-26>

Handa, S. S. (2008). An overview of extraction techniques for medicinal and aromatic plants. In S. S. Handa, S. P. S. Khanuja, G. Longo, and D. D. Rakesh (Eds.), *Extraction technologies for medicinal and aromatic plants* (pp. 21–55). United Nations Industrial Development Organization and the International Centre for Science and High Technology.

Hajji, M., Jarraya, R., Lassoued, I., Masmoudi, O., Damak, M., and Nasri, M. (2010). GC/MS and LC/MS analysis, and antioxidant and antimicrobial activities of various solvent extracts from *Mirabilis jalapa* tubers. *Process Biochemistry*, 45(9), 1486–1493. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.027>

Harrison, L., and Cunningham, F. (1985). Factors influencing the quality of mayonnaise. *Journal of Food Quality*, 8, 1–20.

Hassan, O., and Swet Fan, L. (2005). The anti-oxidation potential of polyphenol extract from cocoa leaves on mechanically deboned chicken meat (MDCM). *LWT - Food Science and Technology*, 38(4), 315–321. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.06.013>

Herrero, M., Mendiola, J. A., Cifuentes, A., and Ibáñez, E. (2010). Supercritical fluid extraction: Recent advances and applications. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2495–2511. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.12.019>

Hışıl, Y., ve Ünlü, Z. (1996). Süper kritik akışkanlarla ekstraksiyon teknolojisi ve gıda sanayindeki uygulamaları. *Gıda Teknolojisi*, 1(8), 46–54.

Hill, S. E., and Krishnamurthy, R. G. (2005). Cooking oils, salad oils, and dressings. In *Bailey's industrial oil and fat products: Volume 5: Edible oil and fat products: Processing technologies* (6th ed., pp. 175–206). John Wiley.

Hsing, A. W., Comstock, G. W., Abbey, H., and Polk, B. F. (1990). Serologic precursors of cancer. Retinol, carotenoids, and tocopherol and risk of prostate cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, 82(11), 941–946. <https://doi.org/10.1093/jnci/82.11.941>

Hu, F., Hepburn, H. R., Li, Y., Chen, M., Radloff, S. E., and Daya, S. (2005). Effects of ethanol and water extracts of propolis (bee glue) on acute inflammatory animal models. *Journal of Ethnopharmacology*, 100(3), 276–283. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.02.044>

Huang, L., Wang, T., Han, Z., Meng, Y., and Lu, X. (2016). Effect of egg yolk freezing on properties of mayonnaise. *Food Hydrocolloids*, 56, 311–317. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.12.027>

Hughes, I. (2005). *The Pharmageddon herbal*. [Self-published or Publisher unknown], New Zealand.

Hwang, E., Ngo, H. T. T., Seo, S. A., Park, B., Zhang, M., and Yi, T. H. (2018). Protective effect of dietary *Alchemilla mollis* on UVB-irradiated premature skin aging through regulation of transcription factor NFATc1 and Nrf2/ARE pathways. *Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology*, 39, 125–136. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2017.12.025>

Irigoit, Y., Navarro, A., Yamul, D., Libonatti, C., Tabera, A., and Basualdo, M. (2021). The use of propolis as a functional food ingredient: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 115, 297–306. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.041>

İlgün, S., ve Karatoprak, G. Ş. (2021). *Alchemilla mollis* (Buser) Rothm bitkisi köklerinden elde edilen ekstraktların antioksidan ve sitotoksik etkileri. *Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 14(2), Article 2. <https://doi.org/10.26559/mersinsbd.796643>

İnci, Ş., Eren, A., and Kirbağ, S. (2021). Determination of antimicrobial and antioxidant activity of *Alchemilla alpina* L. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 9(12), Article 12. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i12.2260-2264.4571>

İşler, A. (2023). Bazı Ağaç Sızıntı Gamlarının Yağı Azaltılmış Mayonez Üretiminde Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi.

Jacobsen, C., Hartvigsen, K., Lund, P., Thomsen, M. K., Skibsted, L. H., Hølmer, G., ... and Meyer, A. S. (2001). Oxidation in fish oil-enriched mayonnaise: 4. Effect of tocopherol concentration on oxidative deterioration. *European Food Research and Technology*, 212(3), 308–318. <https://doi.org/10.1007/s002170000251>

Jain, S., Yadav, S., and Gothwal, R. (2021). Assessment of total phenolic, flavonoid content and *in vitro* antioxidant properties of *Alchemilla vulgaris* (lady's mantle). *Journal of Advanced Scientific Research*, 12, 205–209. <https://doi.org/10.55218/jasr.s1202112422>

Jelača, S., Dajić-Stevanović, Z., Vuković, N., Kolašinac, S., Trendafilova, A., Nedialkov, P., ... and Maksimović-Ivanić, D. (2022). Beyond traditional use of *Alchemilla vulgaris*: Genoprotective and antitumor activity *in vitro*. *Molecules*, 27(23), 8113. <https://doi.org/10.3390/molecules27238113>

Jiangning, G., Xinchu, W., Hou, W., Qinghua, L., and Kaishun, B. (2005). Antioxidants from a Chinese medicinal herb – *Psoralea corylifolia* L. *Food Chemistry*, 91(2), 287–292. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.04.029>

Kantekin Erdoğan, M. N. (2014). Kısmi Gliseritlerin Mayonezin Emülsiyon Stabilitesi ve Reolojisi Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Etkisi, Ankara Üniversitesi.

Karaoğlu, E. S., and Yılmaz, B. (2018). Determination of β -sitosterol in *Alchemilla caucasica* Buser by GC-MS method. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.18185/erzifbed.412214>

Kaur, D., Wani, A. A., Singh, D. P., and Sogi, D. S. (2011). Shelf life enhancement of butter, ice-cream, and mayonnaise by addition of lycopene. *International Journal of Food Properties*, 14(6), 1217–1231. <https://doi.org/10.1080/10942911003637335>

Kaya, B. (2020). *Alchemilla persica*'nın farklı polaritedeki çözücülerde antioksidan, antimikrobial ve antisitotoksik etkilerinin belirlenmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(2), 157–169. <https://doi.org/10.46810/tdfd.823003>

Kaya, B., Artuvan, Y., Caf, F., and Menemen, Y. (2024). Investigation antioxidant, antimicrobial effect and phenolic compounds of *Alchemilla holotrichia* extracts in different polarities. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 13(3), 99–108. <https://doi.org/10.46810/tdfd.1178350>

Keener, K. (2017). *Shell egg pasteurization* (pp. 165–175). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00016-0>

Keskin Uslu, E. (2022). Potansiyel Organojelatörlerle Yeni Oleojellerin Geliştirilmesi ve Karakterize Edilmesi, Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.

Khalid, M. U., Shabbir, M. A., Mustafa, S., Hina, S., Qudoods, M. Y., Mahmood, S., ... and Rafique, A. (2021). Effect of apple peel as an antioxidant on the quality characteristics and oxidative stability of mayonnaise. *Applied Food Research*, 1(2), 100023. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2021.100023>

Khankeshizadeh, S. S., Rahman, A., Naderi, F., Khorshidian, N., and Mohammadi, M. (2024). *Ziziphora tenuior* L. essential oil as a bio-based antimicrobial and plant-based preservative for increasing the shelf life of mayonnaise. *Journal of Food Quality*, 2024(1), 6774892. <https://doi.org/10.1155/2024/6774892>

Kim, Y. S., and Lee, J. H. (2017). Effects of hydrolyzed rapeseed cake extract on the quality characteristics of mayonnaise dressing. *Journal of Food Science*, 82(12), 2847–2856. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13979>

Kishk, Y. F. M., and Elsheshetawy, H. E. (2013). Effect of ginger powder on the mayonnaise oxidative stability, rheological measurements, and sensory characteristics. *Annals of Agricultural Sciences*, 58(2), 213–220. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2013.07.016>

Koc, A., Kurtul, E., Karabay, A. Z., Tekin, M., and Bahadır Acikara, Ö. (2021). Cytotoxic and antioxidant activities of *Alchemilla mollis* (Buser) Rothm. and its constituents: Hyperoside and isoquercetin. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*. <https://doi.org/10.33483/jfpau.991921>

Koçak, S. (2006). Mayonezde Mikrobiyolojik Raf Ömrü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi.

Komaç, F. (2018). Düşük Kolesterol ve Yağ İçerikli Mayonez Üretiminde Avokado Püresinin Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi.

Krishnamurthy, R. G., and Witte, V. C. (1996). Cooking oils, salad oils, and oil-based dressings. In Y. H. Hui (Ed.), *Bailey's industrial oil and fat products* (5th ed., Vol. 3). John Wiley and Sons.

Kristal, A. R., Till, C., Platz, E. A., Song, X., King, I. B., Neuhouser, M. L., ... and Thompson, I. M. (2011). Serum lycopene concentration and prostate cancer risk: Results from the Prostate Cancer Prevention Trial. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 20(4), 638–646. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.epi-10-1221>

Kumar, Y., Roy, S., Devra, A., Dhiman, A., and Prabhakar, P. K. (2021). Ultrasonication of mayonnaise formulated with xanthan and guar gums: Rheological modeling, effects on optical properties and emulsion stability. *LWT - Food Science and Technology*, 149, 111632. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111632>

Kumazawa, S., Hamasaka, T., and Nakayama, T. (2004). Antioxidant activity of propolis of various geographic origins. *Food Chemistry*, 84(3), 329–339. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00216-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00216-4)

Kurtul, E., Eryılmaz, M., Yılmaz, S., Tekin, M., Bahadır, Ö., and Coban, T. (2022). Bioactivities of *Alchemilla mollis*, *Alchemilla persica* and their active constituents. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 58. <https://doi.org/10.1590/s2175-97902022e18373>

Kutlu, G. (2021). Ruşeym Yağının Nanoenkapsülasyonu ve Gıdalarda Kullanım Olanaklarının Artırılması, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Kutluca, S., Genç, F., ve Korkmaz, A. (2006). *Propolis*. T.C. Samsun Valiliği İl Tarım Müdürlüğü.

Küpeli Akkol, E., Demirel, M. A., Bahadır Acıkara, O., Süntar, İ., Ergene, B., Ilhan, M., ... and Tekin, M. (2015). Phytochemical analyses and effects of *Alchemilla mollis* (Buser) Rothm. and *Alchemilla persica* Rothm. in rat endometriosis model. *Archives of Gynecology and Obstetrics*, 292(3), 619–628. <https://doi.org/10.1007/s00404-015-3665-6>

Kwon, H., Ko, J. H., and Shin, H. S. (2015). Evaluation of antioxidant activity and oxidative stability of spice-added mayonnaise. *Food Science and Biotechnology*, 24(4), 1285–1292. <https://doi.org/10.1007/s10068-015-0165-1>

Lee, Y. N., Chen, C. R., Yang, H. L., Lin, C. C., and Chang, C. M. J. (2007). Isolation and purification of 3,5-diprenyl-4-hydroxycinnamic acid (artepillin C) in Brazilian propolis by supercritical fluid extractions. *Separation and Purification Technology*, 54(1), 130–138. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2006.08.028>

Leitzmann, M. F., Stampfer, M. J., Michaud, D. S., Augustsson, K., Colditz, G. C., Willett, W. C., and Giovannucci, E. L. (2004). Dietary intake of n-3 and n-6 fatty acids and the risk of prostate cancer. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80(1), 204–216. <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.1.204>

Li, C. Y., Kim, H. W., Li, H., Lee, D. C., and Rhee, H. I. (2014b). Antioxidative effect of purple corn extracts during storage of mayonnaise. *Food Chemistry*, 152, 592–596. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.152>

Li, J., Wang, Y., Jin, W., Zhou, B., and Li, B. (2014a). Application of micronized konjac gel for fat analogue in mayonnaise. *Food Hydrocolloids*, 35, 375–382. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.06.010>

Li-Chan, E. C. Y., Powrie, W. D., and Nakai, S. (1995). The chemistry of eggs and egg products. In W. J. Stadelman and O. J. Cotterill (Eds.), *Egg science and technology*. Food Products Press.

Liu, H., Xu, X. M., and Guo, Sh. D. (2007). Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. *LWT - Food Science and Technology*, 40(6), 946–954. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.11.007>

López, B. G. C., Schmidt, E. M., Eberlin, M. N., and Sawaya, A. C. H. F. (2014). Phytochemical markers of different types of red propolis. *Food Chemistry*, 146, 174–180. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.063>

Machado, B. A. S., Barreto, G. de A., Costa, A. S., Costa, S. S., Silva, R. P. D., da Silva, D. F., ... and Padilha, F. F. (2015). Determination of parameters for the supercritical extraction of antioxidant compounds from green propolis using carbon dioxide and ethanol as co-solvent. *PLOS ONE*, 10(8), e0134489. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134489>

Machado, B. A. S., Pereira, C. G., Nunes, S. B., Padilha, F. F., and Umsza-Guez, M. A. (2013). Supercritical fluid extraction using CO₂: Main applications and future perspectives. *Separation Science and Technology*, 48(18), 2741–2760. <https://doi.org/10.1080/01496395.2013.811422>

Marković, J. M., Salević-Jelić, A. S., Milinčić, D. D., Gašić, U. M., Pavlović, V. B., Rabrenović, B. B., ... and Mihajlović, D. M. (2024). Encapsulated horseradish (*Armoracia rusticana* L.) root juice: Physicochemical characterization and the effects of its addition on the oxidative stability and quality of mayonnaise. *Journal of Food Engineering*, 381, 112189. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2024.112189>

Marković, J., Salević-Jelić, A., Milinčić, D., Gašić, U., Pavlović, V., Rabrenović, B., ... and Nedović, V. (2025). Horseradish (*Armoracia rusticana* L.) leaf juice encapsulated within polysaccharides-blend-based carriers: Characterization and application as potential antioxidants in mayonnaise production. *Food Chemistry*, 464, 141777. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141777>

Martillanes, S., Rocha-Pimienta, J., Gil, M. V., Ayuso-Yuste, M. C., and Delgado-Adámez, J. (2020). Antioxidant and antimicrobial evaluation of rice bran (*Oryza sativa* L.) extracts in a mayonnaise-type emulsion. *Food Chemistry*, 308, 125633. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125633>

Martinez, J. L. (2007). Supercritical extraction plants: Equipment, process, and costs. In J.L. Martinez (Ed.), *Supercritical fluid extraction of nutraceuticals and bioactive compounds*. CRC Press.

Matthäus, B., and Brühl, L. (2015). Quality parameters for the evaluation of cold-pressed edible argan oil. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 10(2), 143–154. <https://doi.org/10.1007/s00003-014-0922-8>

MEGEP. (2017). *Ketçap ve mayonez üretimi*. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı. https://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Ket%C3%A7ap%20ve%20Mayonez%20%C3%9Cretimi.pdf

Meilgaard, M. C., Carr, B. T., and Civille, G. V. (1999). *Sensory evaluation techniques* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003040729>

Mihov, R., Nikovska, K., Nenov, N., and Slavchev, A. (2012). Evaluation of mayonnaise-like food emulsions with extracts of herbs and spices. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 191–199. <https://ejfa.me/index.php/journal/article/view/845>

Mills, P. K., Beeson, W. L., Phillips, R. L., and Fraser, G. E. (1989). Cohort study of diet, lifestyle, and prostate cancer in Adventist men. *Cancer*, 64(3), 598–604. [https://doi.org/10.1002/1097-0142\(19890801\)64:3<598::AID-CNCR2820640306>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/1097-0142(19890801)64:3<598::AID-CNCR2820640306>3.0.CO;2-6)

Minasian, D., Pirouzifard, M., Almasi, H., and Hassanzadeh, H. (2024). Development of *Prangos ferulacea* essential oil based nanoemulsions/Pickering emulsion and examination of their performance in mayonnaise shelf life. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18, 101335. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101335>

Modey, W. K., Mulholland, D. A., and Raynor, M. W. (1996). Analytical supercritical fluid extraction of natural products. *Phytochemical Analysis*, 7(1), 1–15. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1565\(199601\)7:1<1::AID-PCA275>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1565(199601)7:1<1::AID-PCA275>3.0.CO;2-U)

Mohd Idrus, N. F., Putra, N. R., Yian, L. N., Idham, Z., Tee, T. A., Soong, C. C., ... and Che Yunus, M. A. (2020). Supercritical carbon dioxide extraction of Malaysian stingless bees propolis: Influence of extraction time, co-modifier and kinetic modelling. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 932(1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/932/1/012018>

Monroy, Y. M., Rodrigues, R. A. F., Rodrigues, M. V. N., and Cabral, F. A. (2018). Fractionation of ethanolic and hydroalcoholic extracts of green propolis using supercritical carbon dioxide as an anti-solvent to obtain artepillin rich-extract. *The Journal of Supercritical Fluids*, 138, 167–173. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.04.016>

Monroy, Y. M., Rodrigues, R. A. F., Rodrigues, M. V. N., Sant'ana, A. S., Silva, B. S., and Cabral, F. A. (2017). Brazilian green propolis extracts obtained by conventional processes and by processes at high pressure with supercritical carbon dioxide, ethanol and water. *The Journal of Supercritical Fluids*, 130, 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2017.08.006>

Monroy, Y. M., Rodrigues, R. A. F., Rodrigues, M. V. N., Sartoratto, A., and Cabral, F. A. (2022). Supercritical extraction from red propolis and fractionation of its

hydroalcoholic and ethanolic extracts using CO₂ as anti-solvent. *Brazilian Journal of Development*, 8(1), 8032–8046. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n1-539>

Morgan, E. D. (2000). Supercritical fluid extraction. In *Encyclopedia of Separation Science* (pp. 3451–3459). Academic Press.

Moustafa, A. (1995). Salad oil, mayonnaise, and salad dressings. In *Practical handbook of soybean processing and utilization* (pp. 314–338). American Oil Chemists' Society Press.

Mukhopadhyay, M. (2000). *Natural extracts using supercritical carbon dioxide*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420041699>

Mun, S., Kim, Y. L., Kang, C. G., Park, K. H., Shim, J. Y., and Kim, Y. R. (2009). Development of reduced-fat mayonnaise using 4αGTase-modified rice starch and xanthan gum. *International Journal of Biological Macromolecules*, 44(5), 400–407. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2009.02.008>

Munekata, P. E. S., Rocchetti, G., Pateiro, M., Lucini, L., Domínguez, R., and Lorenzo, J. M. (2020). Addition of plant extracts to meat and meat products to extend shelf-life and health-promoting attributes: An overview. *Current Opinion in Food Science*, 31, 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.03.003>

Murathan, Z. T. (2018). Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi ekolojik koşullarında yetişen bazı tıbbi bitkilerin biyokimyasal içeriği ve antioksidan özelliklerinin belirlenmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(2), 51–60. <https://doi.org/10.25092/baunfbed.468493>

Mustapha, W. A. W. (2016). Nutritional composition and colour analysis of cholesterol reduced egg yolk powder. *Malaysian Journal of Analytical Science*. <https://doi.org/10.17576/MJAS-2016-2004-15>

Nakamura, K., Yamada, Y., and Yano, T. (1988). Enzymatic reaction in supercritical carbon dioxide. *Internal Symposium on Supercritical Fluids*, 925–931.

Neagu, E., Paun, G., Albu, C., and Radu, G. L. (2015). Assessment of acetylcholinesterase and tyrosinase inhibitory and antioxidant activity of *Alchemilla vulgaris* and *Filipendula ulmaria* extracts. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 52, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.01.026>

Nedyalkov, P., Kaneva, M., Kemilev, S., Karpacheva, V., and Katzarova, M. (2014). Influence of the concentration of ethanol in the solvent on the composition and stability of *Alchemilla mollis* extracts. *Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences*, 68(12), 1491–1502.

Nemati, N., and Hesarinejad, M. A. (2024). A new application of hydrocolloids from *Echinops setifer* (Shekartighal): Mayonnaise-type sauces. *Food Science & Nutrition*, 12(3), 1880–1887. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3881>

Nessabian, M. S., Mansouripour, S., and Ramezan, Y. (2024). Sumac extract as a natural preservative in mayonnaise: Effects on lipid oxidation, microbial growth, physicochemical, rheological, and sensory characteristics. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18, 101463. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101463>

Nielsen, S. S. (2020). *Gıda analizi: Food analysis* (K. N. Turhan, Trans.). Nobel Akademik Yayıncılık. (Original work published 2017)

Nikolova, M., Dincheva, I., Vitkova, A., and Badjakov, I. (2012). Phenolic acids and free radical scavenging activity of *Alchemilla jumrukczalica* Pawl. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 3(3), 802–804. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.3\(3\).802-04](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.3(3).802-04)

Nikzade, V., Tehrani, M. M., and Saadatmand-Tarzjan, M. (2012). Optimization of low-cholesterol–low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach. *Food Hydrocolloids*, 28(2), 344–352. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.023>

Nishat, Z., Quddoos, M. Y., Shahzadi, N., Ameer, K., Ahmed, I. A. M., Yaqub, S., ... and Aljobair, M. O. (2024). Probing the physicochemical impact of musk melon seed oil on mayonnaise. *Italian Journal of Food Science*, 36(2), 181–194. <https://doi.org/10.15586/ijfs.v36i2.2527>

O'Brien, R. D. (2008). *Fats and oils: Formulating and processing for applications* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420061673>

Oktyabrsky, O., Vysochina, G., Muzyka, N., Samoilova, Z., Kukushkina, T., and Smirnova, G. (2009). Assessment of anti-oxidant activity of plant extracts using microbial test systems. *Journal of Applied Microbiology*, 106(4), 1175–1183. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2008.04083.x>

Ondrejovič, M., Ondrigová, Z., and Kubincová, J. (2009). Isolation of antioxidants from *Alchemilla xanthochlora*. *Nova Biotechnologica et Chimica*, 9. <https://doi.org/10.36547/nbc.1140>

Oomah, B. D., Corbé, A., and Balasubramanian, P. (2010). Antioxidant and anti-inflammatory activities of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) hulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(14), 8225–8230. <https://doi.org/10.1021/jf1011193>

Ozbek, H., Acikara, O. B., Keskin, I., Kirmizi, N. I., Ozbilgin, S., Oz, B. E., ... and Saltan, G. (2017). Evaluation of hepatoprotective and antidiabetic activity of *Alchemilla mollis*. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 86, 172–176. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.12.005>

Özbek, O., Budak, Y., Özyiğit, Ç., and Yanar, Y. (2021). Evaluation of antifungal activities of *Grindelia robusta* Nutt., *Tanacetum praeteritum* subsp. *praeteritum* and *Alchemilla vulgaris* L. extracts against plant pathogenic fungi. *Turkish Journal of Science and Health*, 2(1), Article 1. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tfsd/issue/60096/837903>

Özcan, İ. (2022). Nohut Haşlama Suyuna Ultrason Uygulanmasının Emülsifikasyon ve Köpük Oluşturma Özelliklerine Etkisinin ve Mayonez Üretiminde Kullanımının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi.

Özdemir, M. (2022). Fındık Zarı Ekstraktının Enkapsülasyonu ve Elde Edilen Mikrokapsüllerin Mayonezde Antioksidan Olarak Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi.

Özdemir, N. (2019). Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Uçucu Yağının Püskürterek Kurutma Tekniği ile Mikroenkapsülasyonu ve Model Üründe Uygulanması, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.

Pacheco, B. S., Brito, D. A. P., and Serra, J. L. (2024). Inhibition of *Salmonella Enteritidis* in homemade mayonnaise using oregano essential oil (*Origanum vulgare*). *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 13(3), e3712–e3712. <https://doi.org/10.55905/rcssv13n3-004>

Paiva, M. J. M., Silva, M. L. R., Alcantara, M. R., Santos, F. B. S., Costa, J. V. R., Diogo, R. F., ... and Damasceno, I. A. M. (2023). Microbiological evaluation of homemade mayonnaise and self-serve acai sold in Araguaína, Tocantins. *Brazilian Journal of Biology*, 83, e275603. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.275603>

Park, J. J., Olawuyi, I. F., and Lee, W. Y. (2020). Characteristics of low-fat mayonnaise using different modified arrowroot starches as fat replacer. *International Journal of Biological Macromolecules*, 153, 215–223. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.331>

Pattiram, P. D., Abas, F., Suleiman, N., Mohamad Azman, E., and Chong, G. H. (2022). Edible oils as a co-extractant for the supercritical carbon dioxide extraction of flavonoids from propolis. *PLOS ONE*, 17(4), e0266673. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266673>

Paviani, L. C., Dariva, C., Marcucci, M. C., and Cabral, F. A. (2010). Supercritical carbon dioxide selectivity to fractionate phenolic compounds from the dry ethanolic

extract of propolis. *Journal of Food Process Engineering*, 33(1), 15–27. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2008.00256.x>

Paviani, L. C., Saito, E., Dariva, C., Marcucci, M. C., Sánchez-Camargo, A. P., and Cabral, F. A. (2012). Supercritical CO₂ extraction of raw propolis and its dry ethanolic extract. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 29(2), 243–251. <https://doi.org/10.1590/S0104-66322012000200005>

Pereira, C. G., and Meireles, M. A. A. (2010). Supercritical fluid extraction of bioactive compounds: Fundamentals, applications and economic perspectives. *Food and Bioprocess Technology*, 3(3), 340–372. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0263-2>

Peters, T., and Contreras, R. A. (2025). Kinetic analysis of antioxidant systems based on malondialdehyde accumulation in mayonnaise made using chickpea protein and canola oil. *ACS Food Science and Technology*, 5(1), 259–273. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.4c00800>

Pobiega, K., Kraśniewska, K., and Gniewosz, M. (2019). Application of propolis in antimicrobial and antioxidative protection of food quality – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 83, 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.11.007>

Prieto, P., Pineda, M., and Aguilar, M. (1999). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: Specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*, 269(2), 337–341. <https://doi.org/10.1006/abio.1999.4019>

Putnik, P., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Roohinejad, S., Režek Jambrak, A., Granato, D., ... and Bursać Kovačević, D. (2018). Novel food processing and extraction technologies of high-added value compounds from plant materials. *Foods (Basel, Switzerland)*, 7(7), 106. <https://doi.org/10.3390/foods7070106>

Radović, J., Suručić, R., Niketić, M., and Kundaković-Vasović, T. (2022). *Alchemilla viridiflora* Rothm.: The potent natural inhibitor of angiotensin I-converting enzyme. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 477(7), 1893–1903. <https://doi.org/10.1007/s11010-022-04410-7>

Raikos, V., McDonagh, A., Ranawana, V., and Duthie, G. (2016). Processed beetroot (*Beta vulgaris* L.) as a natural antioxidant in mayonnaise: Effects on physical stability, texture and sensory attributes. *Food Science and Human Wellness*, 5(4), 191–198. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.10.002>

Rasor, A. S., and Duncan, S. E. (2014). Fats and oils – plant based. In S. Clark, S. Jung, and B. Lamsal (Eds.), *Wiley* (1st ed., pp. 457–480). <https://doi.org/10.1002/9781118846315.ch20>

Raventós, M., Duarte, S., and Alarcon, R. (2002). Application and possibilities of supercritical CO₂ extraction in food processing industry: An overview. *Food Science and Technology International*, 8(5), 269–284. <https://doi.org/10.1177/1082013202008005451>

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., and Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)

Reis, J. H. D. O., Machado, B. A. S., Barreto, G. D. A., Anjos, J. P. D., Fonseca, L. M. D. S., Santos, A. A. B., ... and Druzian, J. I. (2020). Supercritical extraction of red propolis: Operational conditions and chemical characterization. *Molecules*, 25(20), 4816. <https://doi.org/10.3390/molecules25204816>

Renda, G., Özel, A., Barut, B., Korkmaz, B., Soral, M., Kandemir, U., and Liptaj, T. (2018). Bioassay guided isolation of active compounds from *Alchemilla barbatiflora* Juz. *Records of Natural Products*, 12(1). <https://doi.org/10.25135/rnp.07.17.07.117>

Reverchon, E., and De Marco, I. (2006). Supercritical fluid extraction and fractionation of natural matter. *The Journal of Supercritical Fluids*, 38(2), 146–166. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2006.03.020>

Rojas-Martin, L., Quintana, S. E., and García-Zapateiro, L. A. (2023). Physicochemical, rheological, and microstructural properties of low-fat mayonnaise manufactured with hydrocolloids from *Dioscorea rotundata* as a fat substitute. *Processes*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/pr11020492>

Röhr, A., Lüddecke, K., Drusch, S., Müller, M. J., and von Alvensleben, R. (2005). Food quality and safety-Consumer perception and public health concern. *Food Control*, 16(8), 649–655. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.06.001>

Safitri, A. R., Evanuarini, H., and Thohari, I. (2019). The effect of ginger extract on emulsion stability, total acidity and sensory evaluation of full fat mayonnaise. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 4(4), 284–289.

Saito, É., Sacoda, P., Paviani, L. C., Paula, J. T., and Cabral, F. A. (2021). Conventional and supercritical extraction of phenolic compounds from Brazilian red and green propolis. *Separation Science and Technology*, 56(18), 3119–3126. <https://doi.org/10.1080/01496395.2020.1731755>

Salazar, M. A. R., Costa, J. V., Urbina, G. R. O., Cunha, V. M. B., Silva, M. P., Bezerra, P. do N., ... and Carvalho Junior, R. N. (2018). Chemical composition, antioxidant activity, neuroprotective and anti-inflammatory effects of cipó-pucá (*Cissus sicyoides* L.)

extracts obtained from supercritical extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*, 138, 36–45. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.03.022>

Saldaña, E., Serrano-León, J., Selani, M. M., and Contreras-Castillo, C. J. (2020). Sensory and hedonic impact of the replacement of synthetic antioxidant for pink pepper residue extract in chicken burger. *Journal of Food Science and Technology*, 57(2), 617–627. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04093-x>

Sanei, S., and Shahab Lavasani, A. (2024). The effect of free and encapsulated casein hydrolyzates on the oxidation rate and structural properties of mayonnaise. *Journal of Food Biochemistry*, 2024(1), 3349706. <https://doi.org/10.1155/2024/3349706>

Sanhueza, J., Nieto, S., and Valenzuela, A. (2000). Thermal stability of some commercial synthetic antioxidants. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77(9), 933–936. <https://doi.org/10.1007/s11746-000-0147-9>

Sanli, D., Bozbag, S. E., and Erkey, C. (2012). Synthesis of nanostructured materials using supercritical CO₂: Part I. Physical transformations. *Journal of Materials Science*, 47(7), 2995–3025. <https://doi.org/10.1007/s10853-011-6054-y>

Saribay, M. U., ve Köseoğlu, T. (2012). Işınlanmış yumurta ve yumurta ürünlerinde kalite değişimleri. *Gıda ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi / Journal of Food and Feed Science - Technology*, 12, 41–48.

Savaghebi, D., Ghaderi-Ghahfarokhi, M., and Barzegar, M. (2021). Encapsulation of *Sargassum boveanum* algae extract in nano-liposomes: Application in functional mayonnaise production. *Food and Bioprocess Technology*, 14(7), 1311–1325. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02638-7>

Sepp, S., and Paal, J. (1998). Taxonomic continuum of *Alchemilla* (Rosaceae) in Estonia. *Nordic Journal of Botany*, 18, 519–535.

Serpi, M., Ozdemir, Z., ve Salman, Y. (2012). Bazı bitki ekstrelerinin *Propionibacterium acnes* üzerine antibakteriyel etkilerinin araştırılması. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 15(1), Article 1. <https://doi.org/10.18016/ksujns.00824>

Shafaghat, A., Panahi, A., and Shafaghatlonbar, M. (2017). Chemical constituents, antioxidant and antibacterial activities of the hexane extract of *Alchemilla sericata* Reichenb. *Trends in Phytochemical Research*, 1(1), 9–14. <https://oiccpres.com/tpr/article/view/11678>

Shahidi, F., and Wanasundara, U. (2002). Methods of measuring oxidative rancidity in fats and oils. In C. C. Akoh and D. B. Min (Eds.), *Food lipids: Chemistry, nutrition and*

biotechnology (2nd ed., pp. 377–396). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781420046649.ch14>

Shahidi, F., and Zhong, Y. (2005). Lipid oxidation: Measurement methods. In F. Shahidi (Ed.), *Bailey's industrial oil and fat products* (6th ed.).
<https://doi.org/10.1002/047167849x.bio050>

Shokri, H., Katiraei, F., Fatahinia, M., and Minooeianhaghighi, M. H. (2017). Chemical composition and antifungal potential of Iranian propolis against *Candida krusei* strains. *Journal of Apicultural Research*, 56(5), 581–587.
<https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1371534>

Shrivastava, R., Cucuat, N., and John, G. W. (2007). Effects of *Alchemilla vulgaris* and glycerine on epithelial and myofibroblast cell growth and cutaneous lesion healing in rats. *Phytotherapy Research*, 21(4), 369–373. <https://doi.org/10.1002/ptr.2060>

Sihvonen, M., Järvenpää, E., Hietaniemi, V., and Huopalahti, R. (1999). Advances in supercritical carbon dioxide technologies. *Trends in Food Science & Technology*, 10(6), 217–222. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00049-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00049-7)

Silici, S., ve Güçlü, B. K. (2010). Yumurtacı damızlık Japon bıldırcın (*Coturnix coturnix japonica*) rasyonlarına propolis ve kafeik asit katılmasının verim ve kuluçka performansı ile yumurta kalitesi ve bazı serum parametrelerine etkisi. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 19(2), Article 2. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/eujhs/issue/44542/552493>

Silva, R. P. D., Machado, B. A. S., Barreto, G. de A., Costa, S. S., Andrade, L. N., Amaral, R. G., ... and Umsza-Guez, M. A. (2017). Antioxidant, antimicrobial, antiparasitic, and cytotoxic properties of various Brazilian propolis extracts. *PLOS ONE*, 12(3), e0172585. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172585>

Siripattanakulkajorn, C., Sombutsuwan, P., Villeneuve, P., Baréa, B., Domingo, R., Lebrun, M., ... and Durand, E. (2025). Physical properties and oxidative stability of mayonnaises fortified with natural deep eutectic solvent, either alone or enriched with pigmented rice bran. *Food Chemistry*, 463, 141124. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141124>

Slinkard, K., and Singleton, V. (1977). Total phenol analyses: Automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28, 49–55.

Smittle, R. B. (2000). Microbiological safety of mayonnaise, salad dressings, and sauces produced in the United States: A review. *Journal of Food Protection*, 63(8), 1144–1153. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-63.8.1144>

Smittle, R. B., and Flowers, R. S. (1982). Acid tolerant microorganisms involved in the spoilage of salad dressings. *Journal of Food Protection*, 45(10), 977–983. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-45.10.977>

Smolyakova, I. M., Andreeva, V. Yu., Kalinkina, G. I., Avdeenko, S. N., and Shchetinin, P. P. (2012). Development of extraction techniques and standardization methods for a common lady's mantle (*Alchemilla vulgaris*) extract. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 45(11), 675–678. <https://doi.org/10.1007/s11094-012-0702-7>

Solanki, R. and Nagori, B. (2012). New method for extracting phytoconstituents from plants. *International Journal of Biomedical and Advance Research*, 3(10), 770–774. <https://doi.org/10.7439/ijbar.v3i10.779>

Sonverdi, F., Altuntaş, Ü., and Özçelik, B. (2024). Determination of total phenolic compounds and antioxidant activity of Turkish propolis extracted by different methods. *ITU Journal of Food Science and Technology*, 2(1), 41–46.

Sorita, G. D., Caicedo Chacon, W. D., Strieder, M. M., Rodriguez-García, C., Fritz, A. M., Verruck, S., ... and Mendiola, J. A. (2025). Biorefining Brazilian green propolis: An eco-friendly approach based on a sequential high-pressure extraction for recovering high-added-value compounds. *Molecules*, 30(1), 189. <https://doi.org/10.3390/molecules30010189>

Sözmen, E. U., Eruygur, N., Akpolat, A., Çetin, M. D., Durukan, H., Demirbaş, A., ve Karaköy, T. (2020). Sivas ili doğal florasından toplanan sarı kantaron (*Hypericum scabrum* L.) ve aslan pençesi (*Alchemilla mollis* (Buser) Rothm) bitkilerinin bazı kalite kriterlerinin belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.21597/jist.655128>

Stauffer, C. E. (1996). *Fats & oils*. American Association of Cereal Chemists.

Stone, K. R., Mickey, D. D., Wunderli, H., Mickey, G. H., and Paulson, D. F. (1978). Isolation of a human prostate carcinoma cell line (DU 145). *International Journal of Cancer*, 21(3), 274–281. <https://doi.org/10.1002/ijc.2910210305>

Suja, K. P., Jayalekshmy, A., and Arumughan, C. (2005). Antioxidant activity of sesame cake extract. *Food Chemistry*, 91(2), 213–219. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.09.001>

Sukkwai, S., Chonpracha, P., Kijroongrojana, K., and Prinyawiwatkul, W. (2017). Influences of a natural colourant on colour and salty taste perception, liking, emotion and purchase intent: A case of mayonnaise-based dipping sauces. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(10), 2256–2264. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13506>

Sun, J., Mu, Y., Shi, J., Zhao, Y., and Xu, B. (2022). Super/subcritical fluid extraction combined with ultrasound-assisted ethanol extraction in propolis development. *Journal of Apicultural Research*, 61(2), 255–263. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1772529>

Surin, S., Pattarathitiwat, P., Phongthai, S., Donlao, N., Kingwascharapong, P., Onsaard, E., ... and Issara, U. (2025). Valorization of avocado seeds (*Persea americana* Mill.): An alternative oil source for mayonnaise prototype production and its natural quality attribute. *Applied Food Research*, 5(1), 100695. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100695>

Şahin, S. (2019). Doğal katkı maddelerinin bitkisel yağların stabilitelere etkileri. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 34(1), 61–68.

Şeker Karatoprak, G., İlgün, S., and Koşar, M. (2017). Phenolic composition, anti-inflammatory, antioxidant, and antimicrobial activities of *Alchemilla mollis* (Buser) Rothm. *Chemistry & Biodiversity*, 14(9). <https://doi.org/10.1002/cbdv.201700150>

Şeker Karatoprak, G., İlgün, S., and Koşar, M. (2018). Antiradical, antimicrobial and cytotoxic activity evaluations of *Alchemilla mollis* (Buser) Rothm. *International Journal of Herbal Medicine*, 6(2), 33–38.

Tanker, N., Tanker, M. ve Coşkun, M. (2014). *Farmasötik Botanik* (4. bs). Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları.

Tasić-Kostov, M., Arsić, I., Pavlović, D., Stojanović, S., Najman, S., Naumović, S., and Tadić, V. (2019). Towards a modern approach to traditional use: In vitro and in vivo evaluation of *Alchemilla vulgaris* L. gel wound healing potential. *Journal of Ethnopharmacology*, 238, 111789. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.03.016>

Tayfur, M. (2017). *Gıda katkı maddeleri* (2017. bs.). Detay Yayıncılık.

Teixeira, T. D., Machado, B. A. S., Barreto, G. D. A., Dos Anjos, J. P., Leal, I. L., Nascimento, R. Q., ... and Umsza-Guez, M. A. (2023). Extraction of antioxidant compounds from Brazilian green propolis using ultrasound-assisted associated with low- and high-pressure extraction methods. *Molecules*, 28(5), 2338. <https://doi.org/10.3390/molecules28052338>

Tontul, İ. (2011). Keten Tohumu Yağının Püskürterek Kurutmayla Mikroenkapsülasyonu Üzerine Farklı Taşıyıcı Madde ve Emülsiyon Uygulamalarının Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi.

Topal, Y. (2013). *Alchemilla* L. (Rosaceae) Cinsine Ait Bazı Türlerin Fenolik Bileşiklerinin Antioksidan ve Antimikrobiyal Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi.

Trendafilova, A., Todorova, M., Nikolova, M., Gavrilova, A., and Vitkova, A. (2011). Flavonoid constituents and free radical scavenging activity of *Alchemilla mollis*. *Natural Product Communications*, 6(12), 1851–1854.

TSE. (1992). *Mayonez* (TS 9777). Türk Standardları Enstitüsü.

Tumbariski, Y., Ivanov, I., Ivanova, P., Yanakieva, V., Stoyanova, M., Uzunova, G., ... and Parzhanova, A. (2024). Phytochemical composition, antioxidant potential and antimicrobial activity of five culinary plants and their application in the design of prebiotic vegan mayonnaises. *Acta Microbiologica Bulgarica*, 40(4), 544–562. <https://doi.org/10.59393/amb24400415>

TURKPATENT. (2024). *Mayonez*. Türk Patent ve Marka Kurumu. <https://www.turkpatent.gov.tr/>

Uddin, Md. S., Sarker, Md. Z. I., Ferdosh, S., Akanda, Md. J. H., Easmin, Mst. S., Bt Shamsudin, S. H., and Yunus, K. B. (2015). Phytosterols and their extraction from various plant matrices using supercritical carbon dioxide: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(7), 1385–1394. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6833>

Umer, Z., Adris, A., Zahra, S. U., Tariq, M. R., Ali, S. W., Safdar, W., ... and Alahmadi, T. A. (2024). Exploring the influence of sweet potato powder on the physicochemical characteristics, oxidative potential and sensory perception of mayonnaise. *International Journal of Food Science & Technology*, 59(5), 3258–3270. <https://doi.org/10.1111/ijfs.17072>

USDA. (1980). *Regulations governing inspection of egg products* (7 CFR Part 2859; No. 7).

Usta, C., Yildirim, A. B., and Turker, A. U. (2014). Antibacterial and antitumour activities of some plants grown in Turkey. *Biotechnology, Biotechnological Equipment*, 28(2), 306–315. <https://doi.org/10.1080/13102818.2014.909708>

Viganó, J., Machado, A. P. da F., and Martínez, J. (2015). Sub- and supercritical fluid technology applied to food waste processing. *The Journal of Supercritical Fluids*, 96, 272–286. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.09.026>

Vitkova, A., Nikolova, M., Delcheva, M., Tashev, A., Gavrilova, A., Aneva, I., and Dimitrov, D. (2015). Influence of species composition on total phenolic content and antioxidant properties of *Herba alchemillae*. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(5), 990–997. Agricultural Academy.

Vlaisavljević, S., Jelača, S., Zengin, G., Mimica-Dukić, N., Berežni, S., Miljić, M., and Stevanović, Z. D. (2019). *Alchemilla vulgaris* agg. (lady's mantle) from Central Balkan:

Antioxidant, anticancer and enzyme inhibition properties. *RSC Advances*, 9(64), 37474–37483. <https://doi.org/10.1039/c9ra08231j>

Wang, B., Lien, Y., Su, C., Wu, C., and Yu, Z. (2006). Fractionation using supercritical CO₂ influences the antioxidant and hepatoprotective activity of propolis against liver damage induced by tert-butyl hydroperoxide. *International Journal of Food Science & Technology*, 41(S1), 68–75. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01346.x>

Wang, B. J., Lien, Y. H., and Yu, Z. R. (2004). Supercritical fluid extractive fractionation – study of the antioxidant activities of propolis. *Food Chemistry*, 86(2), 237–243. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.09.031>

Wang, L., Yang, B., Du, X., and Yi, C. (2008). Optimisation of supercritical fluid extraction of flavonoids from *Pueraria lobata*. *Food Chemistry*, 108(2), 737–741. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.031>

Wang, W., and Kannan, K. (2019). Quantitative identification of and exposure to synthetic phenolic antioxidants, including butylated hydroxytoluene, in urine. *Environment International*, 128, 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.028>

Wang, W., Hu, C., Sun, H., Zhao, J., Xu, C., Ma, Y., Ma, J., Jiang, L., and Hou, J. (2022). Physicochemical properties, stability and texture of soybean-oil-body-substituted low-fat mayonnaise: Effects of thickeners and storage temperatures. *Foods*, 11(15), Article 15. <https://doi.org/10.3390/foods11152201>

Weiss, T. J. (1983). Mayonnaise and salad dressing. In *Food oils and their uses* (2nd ed., pp. 211–230). Avi Publishing Co Inc.

Wood, M. (1997). *The book of herbal wisdom*. North Atlantic Books.

Wu, J., Wilson, K. M., Stampfer, M. J., Willett, W. C., and Giovannucci, E. L. (2018). A 24-year prospective study of dietary α -linolenic acid and lethal prostate cancer. *International Journal of Cancer*, 142(11), 2207–2214. <https://doi.org/10.1002/ijc.31247>

Wu, J. J., Shen, C. T., Jong, T. T., Young, C. C., Yang, H. L., Hsu, S. L., Chang, C. J., and Shieh, C. J. (2009). Supercritical carbon dioxide anti-solvent process for purification of micronized propolis particulates and associated anti-cancer activity. *Separation and Purification Technology*, 70(2), 190–198. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.09.015>

Xuan, T. D., Gangqiang, G., Minh, T. N., Quy, T. N., and Khanh, T. D. (2018). An overview of chemical profiles, antioxidant and antimicrobial activities of commercial vegetable edible oils marketed in Japan. *Foods (Basel, Switzerland)*, 7(2), 21. <https://doi.org/10.3390/foods7020021Z>

Yalmanlı, D. (2023). Farklı Kaynaklardan Elde Edilen Postbiyotiklerin Karakterizasyonu ve Fonksiyonel Bileşen Olarak Kullanım Olanakları, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Yazıcı, S. Ö. (2021). Optimization of the extraction conditions of phenolic compounds from *Alchemilla vulgaris* using response surface methodology. *Gıda*, 46(4), Article 4. <https://doi.org/10.15237/gida.gd21047>

Ye, Q., Georges, N., and Selomulya, C. (2018). Microencapsulation of active ingredients in functional foods: From research stage to commercial food products. *Trends in Food Science and Technology*, 78, 167–179. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.025>

Yüceer, M. (2007). Kolesterolü Azaltılmış Yumurta Sarısı Üretimi ve Düşük Kolesterolü Mayonez Üretiminde Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Yüceer, M. (2019). *Yumurta ve yumurta ürünleri işletme teknolojisi ve uygulamaları* (1. bs.). Sidas Yayıncılık.

Zhu, J., Li, J., and Chen, J. (2012). Survival of *Salmonella* in home-style mayonnaise and acid solutions as affected by acidulant type and preservatives. *Journal of Food Protection*, 75(3), 465–471. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.JFP-11-373>