

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

***PRUNUS AVIUM* YAPRAK EKSTRATI İLE
ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ ALJİNAT-ZEİN BAZLI
YENİLEBİLİR FİLMLEİNİN ÖZELLİKLEİNİN
ARAŞTIRILMASI**

**Hazırlayan
Zeynep ULAŞ**

**Danışman
Prof. Dr. Hasan YALÇIN**

Yüksek Lisans Tezi

**OCAK 2025
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

***PRUNUS AVIUM* YAPRAK EKSTRATI İLE
ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ ALJİNAT-ZEİN BAZLI
YENİLEBİLİR FİLMLEİNİN ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Zeynep ULAŞ**

**Danışman
Prof. Dr. Hasan YALÇIN**

**OCAK 2025
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Zeynep ULAŞ

İmza :

İmza



“*Prunus Avium* Yaprak Ekstratı ile Zenginleştirilmiş Aljinat-Zein Bazlı Yenilebilir Filmlerinin Özelliklerinin Araştırılması” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Zeynep ULAŞ

Danışman

Prof. Dr. Hasan YALÇIN

Gıda Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Zülal KESMEN

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim boyunca ciddi bir emek ve özveri ile hazırladığım yüksek lisans tezimi bitirmenin verdiği heyecanı ve gururu yaşıyorum. Bu bölümü bendenize yardımlarını esirgememiş ve teşvik etmiş insanlara teşekkür etmek için bir fırsat olarak kullanacağım.

Öncelikle danışmanlığımı üstlenen, çalışmam boyunca bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren sayın hocam Prof. Dr. Hasan YALÇIN 'a müteşekkirim.

İkinci danışmanlığımı üstlenen konu seçiminden araştırmanın yürütülmesine, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, değerli görüşleriyle ve desteğiyle tez boyunca hep yanımda olan Doç. Dr. Tuğba DURSUN ÇAPAR 'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tezin laboratuvar çalışmalarındaki katkılarından dolayı meslektaşım Zehra Hatun TOPUZ 'a teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasına maddi destek veren Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim.

Her konuda arkamda olan maddi manevi desteklerini esirgemeyen sevgili anneme ve sevgili babama, bana verdiği güç ile yanımda olan kıymetli kızım Öyküm'e destekleri için en içten teşekkürlerimi sunarım.

Zeynep ULAŞ

Ocak 2025, KAYSERİ

***PRUNUS AVIUM* YAPRAK EKSTRATI İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ
ALJİNAT-ZEİN BAZLI YENİLEBİLİR FİMLERİNİN ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Zeynep ULAŞ

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Aralık 2024**

Danışman: Prof. Dr. Hasan YALÇIN

İkinci Danışman: Doç. Dr. Tuğba DURSUN ÇAPAR

ÖZET

Yenilebilir film gıda kalite kayıplarını önleyerek raf ömürlerini uzatmak amacıyla bir gıdanın yüzeyi üzerinde oluşturulmuş ince tabakalı, gıdayla birlikte yenilebilen maddelerdir. Sodyum aljinatın kompozit biyolojik olarak parçalanabilir yenilebilir filmleri, antioksidan ve antimikrobiyal gıda ambalajı geliştirmek için *Prunus avium* (P. avium) yaprak özütü (PL) ve gallik asit ile birleştirilmiştir. Geliştirilen filmlerin özellikleri üzerindeki ultrason destekli (US) ve biyoaktif molekül etkileri araştırılmıştır. Filmler, yapısal ve fiziksel özelliklerin yanı sıra antioksidatif ve antimikrobiyal aktiviteler açısından analiz edilmiştir. PL'nin dahil edilmesi, geliştirilen filmlerin biyoaktif ve antimikrobiyal aktivitesini önemli ölçüde iyileştirmiştir. Ultrason destekli ön işlem görmüş filmlerin kalınlığı, kopma uzaması ve nem içeriği, işlem görmemiş örneklerle kıyasla önemli ölçüde azalmıştır. Fourier dönüşümlü kızılötesi (FT-IR) spektroskopisi ve taramalı elektron mikroskobu (SEM), bileşenlerin iyi uyumluluğunu ve biyoaktif bileşiklerin aljinat matrisinde iyi dağıldığını göstermiştir. US ile önceden işlenmiş film örnekleri, işlenmemiş filmlere göre daha pürüzsüz ve daha homojen yüzeylere sahip olduğu gözlemlenmiştir. PL'nin eklenmesi ve US ön işleminin uygulanması, geliştirilen aljinat bazlı yenilebilir filmlerin yapısal ve antimikrobiyal ve antioksidan aktivitelerini iyileştirmiştir. Bu çalışmanın genel bulguları, US ön işleminin ve PL'nin dahil edilmesinin, gıda ambalajı için biyolojik olarak parçalanabilir yenilebilir aktif filmler geliştirmek için iyi bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kiraz yaprağı ekstraktı, yenilebilir film, sodyum aljinat, zein

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF ALGINATE-ZEIN BASED EDIBLE FILM ENRICHED WITH PRUNUS AVIUM LEAF EXTRACT

Zeynep ULAŞ

Erciyes University, Institute of Science and Technology

Master Thesis, December 2024

Advisor: Prof. Dr. Hasan YALÇIN

Second Advisor: Assoc. Prof. Dr. Tuğba DURSUN ÇAPAR

ABSTRACT

Composite biodegradable edible films of sodium alginate were incorporated with Prunus avium (P. avium) leaf extract (PL) and gallic acid to develop antioxidative and antimicrobial food packaging. Ultrasound-assisted (US) and bioactive molecule effects on the characteristics of the developed films were investigated. The films were analyzed for structural and physical properties, as well as antioxidative and antimicrobial activities. The incorporation of PL significantly improved the bioactive and antimicrobial activity of the developed films. Thickness, elongation at break, and moisture content of ultrasound-assisted pretreated films significantly decreased in comparison to non-treated samples. Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy and scanning electron microscopy (SEM) indicated good compatibility of the components and well-dispersion of bioactive compounds in the alginate matrix. US pretreated film samples had smoother and more homogeneous surfaces than untreated films. In particular, the addition of PL and application of US pretreatment improved the structural and antimicrobial as well as the antioxidant activities of the developed alginate-based edible films. The overall findings of this study suggest that US pretreatment and PL incorporation have a good potential to develop biodegradable edible active films for food packaging.

Keywords: Cherry leaf extract, edible film, sodium alginate, zein

İÇİNDEKİLER

PRUNUS AVIUM YAPRAK EKSTRATI İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ ALJİNAT-ZEİN BAZLI YENİLEBİLİR FİMLERİNİN ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR ve SİMGELER	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Kiraz ve Yaprağı	3
1.2. Kirazda Polifenoller	7
1.3.Kiraz Antiinflamatuvar Etki.....	7
1.4.Kiraz Fenolik Bileşikler	8
1.5. Flavonoid Olmayanlar	9
1.5.1. Fenolik Asitler	9
1.5.2. Hidroksibenzoik Asitler	10
1.5.3. Hidroksisinamik Asitler.....	11
1.6. Flavonoidler	12
1.6.1.Flavonoller	12
1.6.2.Flavonlar	13
1.6.3. Flavononlar	15
1.6.3. Flavanoller	16
1.6.4. Antosiyaninler.....	17
1.7. Yenilebilir Film	18

1.7.1. Yenilebilir Filmlerde Aljinat ve Zeinin Kullanımı	19
1.7.2. Yenilebilir Filmlerde Kitosan ve Zeinin Kullanımı.....	21
1.7.3. ZeinAljinatGliserol Yenilebilir Filmlerinin Fiziksel Özellikleri	23
1.7.4. SodyumAljinat Kaplı Yenilebilir Film Kaplaması.....	24
1.7.5. Sodyum Aljinatın Yapısı.....	26
1.7.6. Sodyum Aljinatın Özellikleri.....	27
1.7.6.1.Çözünürlük.....	27
1.7.6.2. Jel Yeteneği.....	27
1.7.6.3. Viskozite Özellikleri.....	28
1.7.6.4. Gıda Koruma Potansiyeli.....	28
1.7.7. Zein bazı yenilebilir film ve kaplamaların fizikokimyasal özellikleri	29
1.7.7.1. Zein Su Buharı Geçirgenliği	32
1.7.7.2. Zein Su Emilimi Geçirgenliği	33
1.7.7.3. Zein Mekanik özellikler	34

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Materyal	35
2.2. Yöntem	35
2.2. <i>Prunus Avium</i> Yaprığı Ekstresinin Hazırlanması	35
2.3. Yenilebilir Film Üretimi	36
2.4. Filmin Karakterizasyonu.....	37
2.4.1. FT-IR Analizi	37
2.4.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi	37
2.4.3. Film Renk ve Beyazlık İndeksi.....	37
2.4.4. Kalınlık, Su Aktivitesi ve Nem İçeriği	37
2.4.5. Mekanik Özellikler	38
2.4.6. Biyoaktivite Analizi	39
2.4.6.1. Toplam Fenolik İçerik.....	39
2.4.6.2. Antioksidan Aktivite Analizi (DPPH).....	39
2.4.7. İstatistiksel Analiz	40

3. BÖLÜM

BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1.Filmlerin Karakterizasyon Analizleri	42
3.1.1.Fourier dönüşümü kızılötesi (FT-IR) spektrumları	42
3.2.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi	44
3.2.3. Renk Parametreleri (Film rengi ve beyazlık indeksi analizi)	47
3.2.4.Kalınlık, su aktivitesi ve nem içeriği	48
3.2.5. Tekstür Analizi	50
3.3. Biyoaktivite Analizleri	53
3.3.1. Antioksidan (DPPH) ,Antimikrobiyal Aktivite ve Toplam fenolik içeriği	53

4. BÖLÜM

ÖNERİLER

4.1. Öneriler	55
KAYNAKÇA	57
EKLER	83
EK 1.	83
ÖZGEÇMİŞ	84

KISALTMALAR ve SİMGELER

ALG	: Aljinat
EAB	: Kopma uzaması
EM	: Elastik modülü
FT-IR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi
PL <i>Prunus avinum</i>	: Yaprak Özütü
PPP	: Pentoz Fosfat Yolu
SA	: Sodyum aljinat
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
TS	: Çekme dayanımı
US	: Ultrason Destekli

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Kirazdaki Fitonutrientler (100 gr).....	6
Tablo 2. Ölçümü yapılan renk parametreleri ve beyazlık indeksi	48
Tablo 3. Film örneklerinin kalınlık, su aktivitesi, nem ve yoğunluk sonuçları	50
Tablo 4. Film örneklerinin çekme mukavemeti (TS), kopma uzaması (EAB) ve elastik modülü (EM) özellikleri	52
Tablo 5. Film örneklerinin antioksidan aktivitesi ve antimikrobiyal aktiviteleri.....	55



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Kiraz ve yaprağı.....	3
Şekil 2. Kiraz Üretimi	5
Şekil 3. P. avium'un yaprak ve gövdelerinde bulunan hidroksibenzoik asitler.....	10
Şekil 4. P. avium'un yaprak ve gövdelerinde bulunan hidroksisinnamik asitler.....	11
Şekil 5. P. avium'un yaprak ve gövdelerinde bulunan flavonoidler.....	14
Şekil 6. P. avium'un yaprak ve gövdelerinde bulunan flavonlar.....	14
Şekil 7. P. avium'un yaprak ve gövdelerinde bulunan flavonlar.....	15
Şekil 8. P. avium'un yaprak ve gövdelerinde bulunan izoflavonlar.....	17
Şekil 9. P. avium'un yaprak ve gövdelerinde bulunan flavonoidler.....	17
Şekil 10.SA'nın yapısı: monomerler	27
Şekil 11. Zein bazlı ayçiçeği yağı etanol-su emülsiyonları.....	33
Şekil 12.Zein bazlı filmlerin (25°C) sorpsiyon izotermeleri.....	34
Şekil 13.Su ve ayçiçeği yağı içeriğinin zein bazlı filmlerin çekme Young modülü, E (a) ve çekme mukavemeti, σ_{max} (b) üzerindeki etkisi	35
Şekil 14. Su aktivitesi ölçüm cihazının okuma gözü	38
Şekil 15. Dalga sayısına karşılık gelen bileşenler.....	42
Şekil 16.US Uygulanan FilmÖrneklerin FTIR spektrumları	44
Şekil 17. US Uygulanmayan Örneklerin FTIR spektrumları.....	44
Şekil 19. Film örneklerinin SEM görüntüleri a) US ön işlemi uygulanmamış film örnekleri, b) US ile ön işlem uygulanmış film örnekleri	46
Şekil 20. Üretilen filmlerin resimleri	49
Şekil 21. Gallik asit ve PL ile birleştirilmiş aljinat bazlı filmlerin mekanik özellikleri üzerine ultrason destekli ön işlemin etkileri	53

GİRİŞ

Biyolojik olarak parçalanmayan plastik malzeme atıklarının çevresel etkisi giderek artan bir küresel endişe kaynağı olmaktadır (Martins ve ark.,2012).Yenilebilir filmler, bu sorunu çözmeye yardımcı olmak için alternatif sunmaktadır. Bu filmler veya kaplamalar, bir veya birkaçınc biyopolimerik malzeme katmanından oluşur ve raf ömürlerini uzatmak ve organoleptik özelliklerini korumak için gıdalara uygulanmaktadır (Wang ve ark.,2010). Bu tür filmleri hazırlamak için yaygın olarak kullanılan malzemeler üç gruba ayrılmaktadır: nişasta, selüloz, aljinat, karragenan, kitosan ve pektin gibi polisakkaritler; kazein, soya proteini, zein, gluten, keratin ve albümin gibi proteinler; balmumu, kandelilla balmumu, karnauba balmumu ve polietilen balmumu mineral yağı gibi lipitlerdir (Souza ve ark., 2010). Bu malzemelerden, bağımsız olarak test edilen kitosan ve zeinin, gıda maddelerine uygulandığında iyi bariyer özelliklerine sahip filmler ve kaplamalar ürettiği gösterilmiştir (Bourtoom ve ark., 2008).

Zein, mısır proteininin prolamin fraksiyonudur; bu nedenle yenilebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir ve mevcut biyoetanol üretimi nedeniyle zein ve diğer mısır yan ürünlerinin elde edilebileceği bol miktarda mısır gluteni vardır (Mastromatteo ve ark.,2009).Yapılan çalışmalarda, zein mısır proteininin düşük suda çözünürlüğe ve diğer yenilebilir filmlere göre daha iyi oksijen ve su buharı bariyer özelliklerine sahip olması nedeniyle yenilebilir filmlerin veya kaplamaların üretimi için yüksek bir potansiyele sahip olduğunu bildirilmiştir (Bourtoom ve ark., 2008).Ancak,bu bileşenlerin ve diğer biyopolimerlerin karıştırıldığındaki davranışları kapsamlı bir şekilde araştırılmamıştır (Muve ark., 2012).

Yenilebilir filmlerin ve kaplamaların mekanik (sertlik, kopma gerilimi, esneklik, gerilim, kopma uzaması ve elastik modül), bariyer (su buharı ve gaz geçirgenliği) ve

antimikrobiyal özelliklerinin yanı sıra duyuşal özelliklerinin değeriendirilmesinin önemi kabul edilmiştir (Millerve ark., 1997).

Kiraz meyvesi ve yaprağı kapsamlı şekilde araştırılmıştır. Ancak *Prunus avium* yaprak özütünün nano ölçekli biyolojik olarak parçalanabilir yenilebilir bir film veya kaplama formülasyonunun çalışıldığı literatür bulunmamaktadır.



1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Kiraz ve Yaprağı

Kiraz (*Prunus avium L.*) (Şekil 1) Rosaceae familyasına ait bir bitkidir. Yaygın olarak yabani kiraz olarak bilinmektedir (Dirlewanger ve ark., 2012). Prunus (cins) meyvelerde çekirdekli meyve şeklindedir ; bu cins üç ana alt cinse ayrılmaktadır : amygdales (*Prunus persica L.*), prunophora kayısı (*Prunus armeniaca L.*) ve cerasus (tatlı kiraz, *Prunus avium L.*) (Kim ve ark., 2005). Bu türler düşük kış sıcaklığı ve soğuk iklim gibi elverişli büyüme koşullarına ihtiyaç duymaktadır (Crupi ve ark., 2014).



Şekil 1. Kiraz ve yaprağı

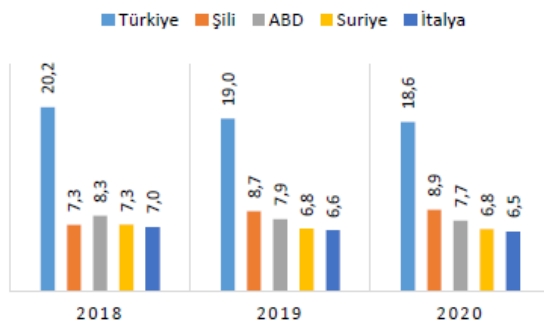
Tatlı kirazlar, hoş tadı ve aroması nedeniyle dünya çapında en çok beğenilen meyvelerden biri olarak kabul edilmektedir (Fonseca ve ark., 2021). Dahası, fenolikler, melatonin, serotonin, karotenoidler vb. dahil olmak üzere çeşitli besin içerikleri (şekerler ve organik asitler) ve fitokimyasal bileşikler açısından zengindir. Tüm bu içerikler biyolojik işlevler için çok önem göstermektedir (Fonseca ve ark., 2021) (Gonçalves ve ark., 2019). Birçok çalışmada kirazların insan sağlığı üzerinde çok sayıda faydalı etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Beconcini ve ark., 2020). Zengin ve geniş yapıları nedeniyle tüketimleri insan sağlığı üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu bilinmektedir. İyileştirme potansiyeline sahip oldukları için gıda ve ilaç formülasyonlarında uygulanabilmektedir (Gonçalves ve ark., 2019).

"Kiraz" yerel adı, Asya ve Doğu Avrupa'ya özgü Rosaceae familyasından ağaçsı bir cins olan *Prunus*'un meyvelerini ifade eder. *Prunus avium* L. (tatlı kiraz) türü, özellikle ılıman iklime sahip bölgelerde olmak üzere dünyanın dört bir yanına coğrafi olarak dağılmaktadır (Wang ve ark., 1999, Serra ve ark., 2011). Kiraz, çeşit sayısı bakımından zengin bir meyve türü olmaktadır. Kiraz yetiştiriciliğinde sofralık olarak tüketilen çeşitlerin öne çıkmasıyla beraber dünyada 1500'ün üzerinde kiraz çeşidi bulunmaktadır. Meyve iriliğinin yanında ayrıca, parlak koyu renk, meyve eti sert ve tatlı çeşitler, hangi dönemde olgunlaşırsa olgunlaşsın, tüketiciler tarafından tercih edilmektedir.

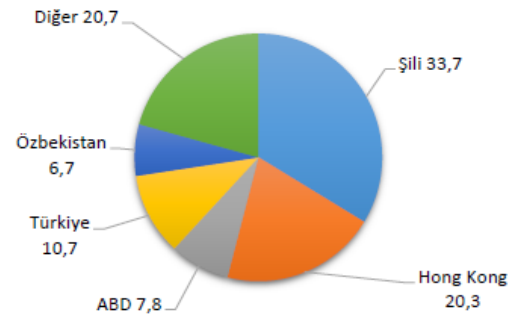
Sık sık, ticari piyasaya yeni çeşitler sunulmaktadır. Kiraz üretiminde dünyada birinci sırada yer alan Türkiye'de yaklaşık 50 kiraz çeşidinin yetiştiriciliği yapılmaktadır.

FAO verilerine göre Türkiye 2020 yılında 83 bin ha kiraz dikim alanı ve yaklaşık 725 bin ton üretim miktarı ile dünya kiraz üretim alanı ve üretim miktarı sıralamasında ilk sırada yer almaktadır. Kiraz dikim alanında Türkiye'den sonra ikincisırada 40 bin ha ile Şili yer alırken, 34 bin ha ile üçüncü sırada ABD, 30 bin ha ile dördüncü sırada Suriye takip etmektedir. Kiraz üretiminde ise Türkiye'yi ikinci sırada 295 bin ton ile ABD, üçüncü sırada 255 bin ton ile Şili ve dördüncü sırada 185 bin ton ile Özbekistan takip etmektedir (Tarım ve Orman, 2024).

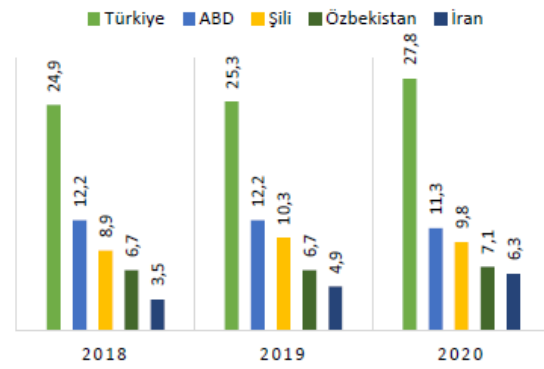
Kiraz üretim alanında önemli ülkeler (%)



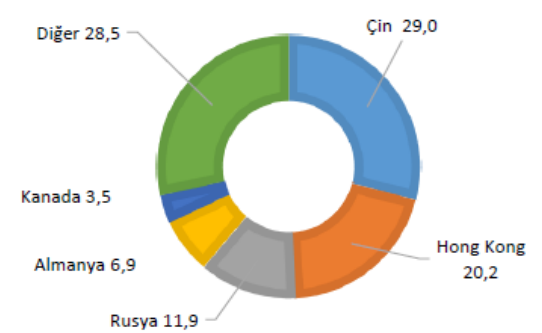
Ülkelere göre dünya kiraz ihracatı (2020, %)



Kiraz üretiminde önemli ülkeler (%)



Ülkelere göre dünya kiraz ithalatı (2020, %)



Şekil 2. Kiraz Üretimi (Tarım ve Orman, 2024)

Kiraz meyveleri, in vitro ve hayvan deneylerinde nispeten yüksek antioksidan aktivite, düşük glisemik yanıt, COX 1 ve 2 enzim inhibisyonu ve antikarsinojenik etkiler göstermektedir (McCune ve ark., 2011).

Önceki çalışmalar kirazların sağlık yararlarının antioksidan ve anti-inflamatuar aktivitelerinden kaynaklandığını ileri sürmektedir. Tatlı kiraz meyvelerinin tüketiminin artrit ve gut ile ilişkili ağrıyı hafiflettiği bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2012). Ayrıca, insan kolon kanseri hücrelerinin çoğalmasının azalması kiraz meyvelerinin tüketimi ile ilişkilendirilmiştir (Serra ve ark.,2010). Yabani kiraz kabuğunun özlerinin insan kolorektal kanser hücrelerinde anti-proliferatif aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Yamaguchi ve ark., 2006). Bitki sekondermetabolitleri olan polifenoliklerin bu faydaları sağladığına inanılmaktadır (Kelebek ve Selli, 2011).

Kirazın sapı tedavi edici açıdan son derece değerli bir kısım olarak bilinmektedir. Geleneksel tıpta kiraz sapsarı çay olarak hazırlandığında veya kurutulup kapsüllendiğinde uzun zamandır doğal bir diüretik olarak bilinmektedir (Tierra, 1998). Anti-inflamatuar ve diüretik özelliklerin doğal antioksidanlardan (flavonoidler) kaynaklandığı varsayılmaktadır. Türkiye'de alternatif tedavileri benimseyen popülasyonda yürütülen kesitsel bir anket çalışmasında, hipertansiyon hastalarının %6,2'si diürez tedavilerinin bir parçası olarak kiraz sapsarını çay formunda tüketmektedirler (Balat, 2013).

Kiraz meyvesi kalitesiyle ilgili temel özellikler renk, tatlılık, ekşilik ve sertliktir. Kiraz meyvesindeki tatlılık esas olarak glikoz ve fruktozdan kaynaklanırken, ekşilik esas olarak organik asit (malik asit) varlığından kaynaklanmaktadır (Bernalte ve ark., 2003). Tatlı kirazlar, ekşi kirazlara (8 g/100 g) göre daha yüksek bir şeker içeriğine (13 g/100 g) sahip olmaktadır. Kirazlar hem suda çözünen (C, B) hem de yağda çözünen (A, E ve K) vitaminleri ve bazı karotenoidler, özellikle betakaroten ve daha düşük oranda lutein ve zeaksantin içermektedir (Tablo 1). Kirazlar ayrıca kalsiyum (14 mg/100 g), magnezyum (10 mg/100 g), fosfor (20 mg/100 g) ve potasyum (200 mg/100 g) gibi mineraller içermektedir (Burkhardt ve ark., 2001).

Tablo 1. Kirazdaki Fitonütrientler (100 gr) (Burkhardt ve ark., 2001)

Fitonütrientler (100 gr'da)	Tatlı Kiraz
C Vitamini	7 mg
Niacin	0.2 mg
Pantotenik Asit	0.2 mg
A Vitamini	64 IU
E Vitamini (Alfa Tokoferol)	0.1 mg
K Vitamini	2.1 µg
Beta Karoten	38 µg
Lutein+Zeaksantin	85 µg
Toplam Fenoller	109.8 mg

1.2. Kirazda Polifenoller

Kirazda, diğer kırmızı meyvelerde olduğu gibi olgunlaşma süreci, polifenolik bileşiklerin, antosiyaninlerin birikmesi ve klorofilin parçalanmasıyla, başlangıçtaki yeşil renkten kırmızıya doğru bir değişimle ilgili olduğu bilinmektedir. Fenolik bileşikler kabukta yoğunlaşır ve meyvelerin tat ve büzücülük gibi duyuşal ve organoleptik niteliklerine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, bunların biyoaktif bileşikler olduğu gösterilmektedir. Ekşi ve tatlı kirazlarda bulunan fenoller karakterize edilmektedir (Serrano ve ark., 2005). Tatlı ve ekşi kirazlarda siyanidin 3-glukozit, siyanidin 3-rutinosid, siyanidin 3-sophorosid, pelargonidin 3-glukozit, pelargonidin 3-rutinosid, 3-glukozid ve peonidin 3-rutinosid tespit edilmiştir (Mozetic ve ark., 2002 ; Chaovanalikit ve Wrolstad, 2004 ; Gao ve Mazza, 1995 ; Chandra ve ark., 1992 ; Chandra ve ark.,2001).

Fenolik asitler arasında, hidroksisinamatlar (neoklorojenik asit ve p-kumarolinik asit) hem tatlı hem de ekşi kirazlarda ölçülmüştür. Kateşin, epikateşin, kuersetin 3-glukozit, kuersetin 3-rutinosid ve kaempferol 3-rutinosid gibi flavonoller ve flavan-3-oller de tatlı ve ekşi kirazlarda bulunmuştur (Chaovanalikit ve Wrolstad, 2004 ; Gao ve Mazza,1995).

1.3.Kiraz Antiinflamatuvar Etki

Birçok çalışma kiraz tüketiminin inflamatuvar yolları engellediğini göstermektedir. Sağlıklı deneklerde 28 gün boyunca tatlı kiraz (280 g/gün) alımından sonra C-reaktif protein (CRP) ve nitrik oksit (NO) kan seviyelerinde bir düşüş olduğunu göstermektedir (Kelley ve ark., 2006). Bu sonuçlar diğer çalışmalarla uyumludur (Jacob ve ark., 2003). Serum CRP'sinin yüksek seviyeleri, inflamasyonun en önemli göstergelerinden biridir ve kardiyovasküler hastalık (KVD) için önemli bir risk faktörü olmaktadır (Ridker ,2001). Kiraz alımından sonra plazma CRP düzeylerindeki azalma, kardiyovasküler hastalık riskini etkileyebilecek inflamasyonda bir azalma olduğunu göstermektedir. Ayrıca NO ve reaksiyon ürünü peroksinitrit (ONOO-) üretiminin artması oksidatif strese, doku hasarına katkıda bulunur ve plazma konsantrasyonlarındaki artış sistemik lupuseritematozus, romatoidartrit ve osteoartrit dahil olmak üzere çeşitli romatizmal hastalıklarda rol oynamaktadır (Abramson ve ark., 2001 ; Onur ve ark., 2001). Plazma

NO düzeyindeki azalmanın muhtemelen nitrik oksit sentaz indüklenebilir (iNOS) aktivitesinin inhibisyonundan kaynaklandığı öne sürülmektedir (Kelley ve ark., 2006). İn vitro çalışmalar ,antosiyanınların aktive olmuş makrofajlarda nitrik oksit (NO) üretimini ve tümör nekroz faktörü-alfa (TNF-) gibi diğer proinflamatuvar faktörleri inhibe edebildiğini göstermektedir (Wang ve Mazza, 2002 ; Wang ve Mazza, 2002). Bu nedenle, kirazların antiinflamatuvar özelliklerinin esas olarak antosiyanınlarla ilişkili olabileceği öne sürülmektedir. İn vitro ve in vivo çalışmalar , kiraz fenollerinin anti-inflamatuvar özelliklerinin siklooksijenaz II (COX II) aktivitesinin inhibisyonundan da kaynaklanabileceğini göstermektedir (Sarić ve ark., 2009 ; Wang ve ark., 1999 ; Mulabagal ve ark., 2009). COX'lar, inflamasyon, karsinogenez, apoptoz, hücre çoğalması ve anjiyogenez gibi süreçlerde önemli bir rol oynayan pro-inflamatuvar enzimler olarak bilinmektedir. Kiraz antosiyanınlarının siklooksijenaz inhibitör aktivitelerinin 10 M konsantrasyonlarda ibuprofen ve naproksenin aktivitelerine benzer olduğu vurgulanmaktadır (Wang ve ark., 1999 ; Mulabagal ve ark., 2009). Kiraz veya kiraz ürünlerinin tüketimi ile artrit ağrısı ve gut hastalığının hafifletilmesi arasındaki ilişkiyi açıklayan ana moleküler mekanizmanın, iltihaplı yolların inhibe edici etkisi olduğu varsayılmaktadır (Tall ve ark., 2004 ; Blau, 1950 ; Howatson ve ark., 2009 ; Connolly ve ark., 2006 ; Kuehl ve ark., 2010).

1.4.Kiraz Fenolik Bileşikler

P. avium'un tüm bitki kısımları mikro besinler (vitaminler ve mineraller), makro besinler (organik asitler,proteinler, lifler, karbonhidratlar ve yağlar) ve fenolik bileşikler gibi çeşitli bileşiklere sahip olduğu bilinmektedir (Bastos ve ark., 2015 ; Mikiciuk ve ark.,2015 ; Bauer ve ark., 1989 ; Goncalves ve Silva, 2008 ; Pacholak ve ark., 2011).

Fenolik bileşikler, tıbbi bitkilerde ve bunların parçalarında bulunan ikincil doğal biyoaktif metabolitlerdir ve hastalıklarla savaşmak için bir savunma mekanizması görevi görmektedirler (Vasanthi ve ark., 2012 ; Boyer ve Liu, 2004). Bunlar bitkilerde ve bitki kaynaklı yiyecek ve içeceklerde yaygın olarak dağılmaktadır (Cheynier, 2012).

Bunlar gövdelerde, yapraklarda, çiçeklerde ve tatlı kiraz meyvelerinde bulunmaktadır ve oldukça basit moleküller (örneğin, kafeik, vanilik ve gallik asitler) ve polifenol bileşikleri (flavonlar, flavanoller, flavanonlar ve antosiyanınlar gibi flavonoidler),

stilbenler ve bu çeşitli gruplardan türetilen polimerler gibi karmaşık yapılar dahil olmak üzere çok çeşitli kimyasal yapılar sunmaktadır (Cheynier, 2012 ; Chaovanalikit ve Wrolstad, 2004 ; Shahidi ve Ambigaipalan, 2015). Bitkilerde, bunlar öncelikle pentoz fosfat yolu (PPP), şikimat ve fenilpropanoid yolları aracılığıyla sentezlenmektedir (Randhir ve Lin, 2004). Oksidatif PPP, şikimat yolu için eritroz-4-fosfat öncüsünü sağlamaktadır. Daha sonra, şikimat yolu bu şekerfosfatını fenilalanin gibi aromatik amino asitlere dönüştürür ve bu da fenilpropanoid yolunun öncüsü haline gelmektedir (Cheynier,2012). Fenolik bileşikler bitkileri patojenlere, ultraviyole radyasyona, zayıf toprak verimliliğine ve iklim değişikliklerine karşı korumaktadır (Lien ve ark., 2016). Ayrıca antimikrobiyal, antiviral, antitümör, antiinflamatuvar, hipotansif ve antioksidan aktiviteler gibi farmakolojik özellikler sergiledikleri bildirilmektedir (Cowan, 1999 ; Shetty, 1997).

P. avium bitki kısımlarındaki fenolik bileşikler kimyasal yapılarına göre flavonoid olmayanlar (fenolik asitler) ve flavonoidler (flavonoller, flavanoller, flavonlar, izoflavonlar, flavanonlar ve antosiyaninler) olarak ayrılır. Bunların seviyeleri normalde olgunlaşma süreci boyunca artar ve büyük ölçüde çeşit genotipine bağlıdır ve iklimden, yetiştirme yöntemlerinden, depolama koşullarından ve basit pişirme veya işlemeden daha az etkilenmektedir (Goncalves ve ark., 2017 ; Ballistreri ve ark., 2012 ; Goncalves ve ark., 2004). Ek olarak, bitki kısımlarındaki fenoliklerin değişimine ilişkin hiçbir çalışma olmamasına rağmen, depolama sırasında kiraz meyvelerindeki antosiyanin seviyelerinin arttığı, flavan-3-ollerin ise azaldığı iyi bilinmektedir (Goncalves ve ark., 2004).

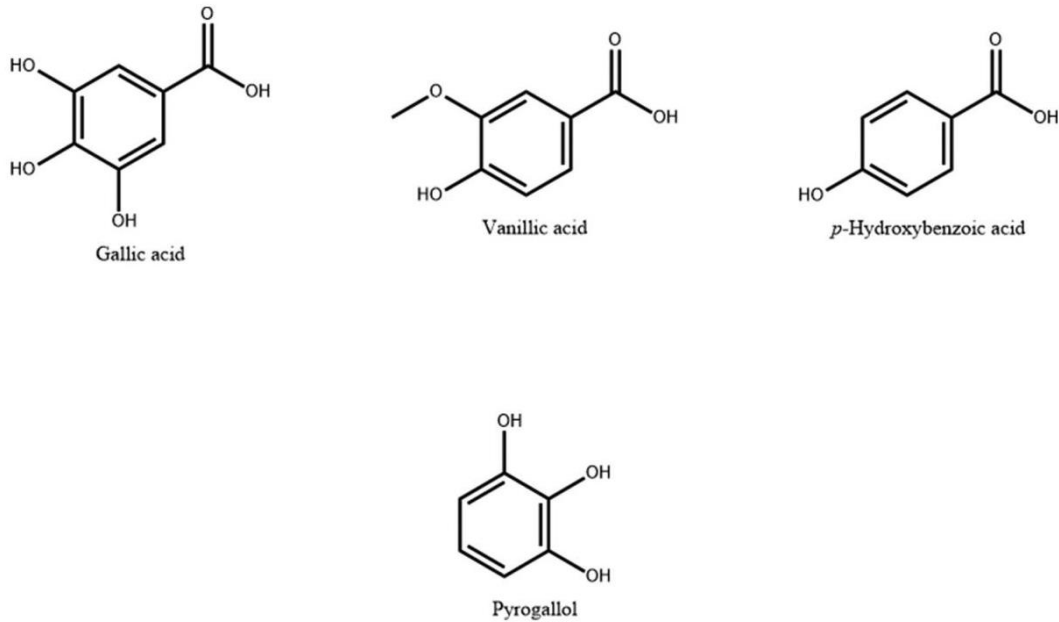
1.5. Flavonoid Olmayanlar

1.5.1. Fenolik Asitler

Fenolik asitler iki ana ikame edilmiş asit türevine ayrılabilir: hidroksibenzoik ve hidroksisinnamik asitler olarak adlandırılmaktadır. Aralarındaki farklar, aromatik halkalarının metoksilasyon ve hidroksilasyon desenleri ve karbon sayıları ile ilişkilidir. Ayrıca, hidroksisinnamik asitlerin hidroksibenzoik asitlerle karşılaştırıldığında daha yüksek antioksidan kapasitesi ile de ilişkilendirilmektedir (Naczek ve Shahidi, 2004 ; Mattilave Hellstrom, 2007 ; Robbins, 2003).

1.5.2. Hidroksibenzoik Asitler

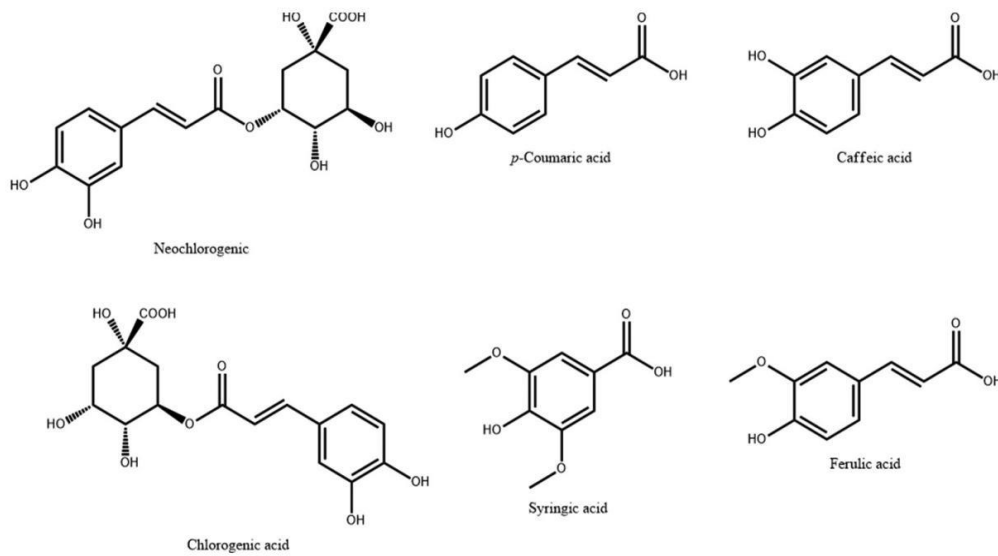
Hidroksibenzoik asitler yedi karbona, bir C₆–C₁ karbon iskeletine sahiptir ve türevleri arasında protokatekuik(3,4-dihidroksi), 3,4-dihidroksibenzoik, siringik (3,5-dimetoksi-4-hidroksi), vanilik (3-met-oksi-4-hidroksi), ρ -hidroksibenzoik ve gallik asitler (sırasıyla dimeri, trimeri ve tetrameri olarak konjuge: ellagik,tergallik ve gallik asitler) bulunmaktadır. Bunlar *P. avium* yapraklarında ve gövdelerinde hidroksisinnamik asitlerden daha az miktarda bulunmaktadır (Aires ve ark., 2017). Pirogallol, gövdelerde tanımlanan ana hidroksibenzoik asittir (0,262 mg/g dw).Vanilin (0,079 mg/g dw), gallik asit (0,041 ila 0,050 mg/g dw) ve ρ -hidroksibenzoik asit (0,011 ila 0,020 mg/gdw) de bu bitki bileşenlerinde tanımlanmaktadır (Şekil 3) (Bursal ve ark., 2013). Bununla birlikte, yapraklarda ve çiçeklerde hidroksibenzoik asitlerin varlığına dair hiçbir rapor bulunmamaktadır. Tatlı kiraz meyvelerinde, ρ -hidroksibenzoik ve gallik asitlerin çoğunlukta olduğu bildirilmektedir (Mattila ve ark., 2006 ; Kelebek ve Selli, 2011 ; Cao ve ark., 2014).



Şekil 3. *P. avium*'un yaprak ve gövdelerinde bulunan hidroksibenzoik asitler (Bursal ve ark., 2013)

1.5.3. Hidroksisinnamik Asitler

Hidroksisinnamik asitler tirozin ve fenilalaninden türetilmektedir. Yapılarında dokuz karbon, yan zincirde karakteristik bir çift bağa sahip C₆-C₃ karbon iskeleti bulunmaktadır ve trans veya cis konfigürasyonuna sahip olabilmektedir. Bunlar, fenolik bileşiklerin ana sınıflarından biridir (El-Seedi ve ark., 2012 ; Herrmann ve Nagel, 1989 ; Adom ve Liu, 2002). *P. avium* gövdelerinde tanımlananlar, başlıcası olan p-kumarik asit (0,038–0,161 mg/g kuru ağırlık) veya türevip-kumarilkinik asit (0,53 mg/g kuru ağırlık), ardından neoklorojenik asit (0,43 mg/g kuru ağırlık), ferulik asitler ve türevleri (0,22–0,23 mg/g kuru ağırlık), kafeik asit ve türevleridir (0,011–0,091 mg/g kuru ağırlık) (Şekil 4) (Bastos ve ark., 2015 ; Aires ve ark., 2017 ; Bursal ve ark., 2013). Klorojenik asit ayrıca *P. avium* yapraklarında tanımlanmaktadır (17,06 mg/g kuru ağırlık) (Bauer ve ark., 1989). Tatlı kiraz meyvelerine gelince, bildirilen başlıca asitler neoklorojeniktir, ardından p-kumarolinik ve klorojenik asitler gelmektedir (Goncalves ve ark., 2017 ; Ballistreri ve ark., 2013). Ayrıca, kafeik, sinaptik, ferulik ve p-kumar asitleri de bildirilmektedir (Goncalves ve ark., 2017 ; Ballistreri ve ark., 2013 ; Usenik ve ark., 2008). Tarçın, kafeik, ferulik ve klorojenik asit gibi fenolik asitler, son araştırmalarda insülin direnci, hiperlipidemi, hiperglisemi, obezite ve iltihaplanma dahil olmak üzere diyabet semptomlarının tedavisinde yardımcı olarak tanımlanmaktadır (Alam ve ark., 2016).



Şekil 4. *P. avium*'un yaprak ve gövdelerinde bulunan hidroksisinnamik asitler (Bastos ve ark., 2015 ; Aires ve ark., 2017 ; Bursal ve ark., 2013)

1.6. Flavonoidler

Flavonoid sınıfı, C₆-C₃-C₆ karbon iskeletine dayanan 10.000'den fazla molekül içermektedir (George ve ark., 2017). Bu moleküller, birfenilbenzopiron yapısı ile karakterize edilir ve fenilalaninden sentezlenmektedir (Harborne ve ark.,1984). 2-fenilkromon ana bileşiğinin türevleridir. Üç fenolik halkadan (A, B ve C) oluşurlar. A ve B halkaları, oksijenli bir heterosiklik halka (C halkası) oluşturan 3 karbonlu bir zincirle birbirine bağlanan asetat/malonat ve şikimat yolundan türemektedir. Üstelik flavonoidler, *P. avium* sapsarı, yaprakları ve tatlı kirazlar dahil olmak üzere bitkilerde ve yenilebilir meyvelerde bulunan en bol polifenoller olmaktadır (Goncalves ve ark., 2017 ; Bastos ve ark., 2015 ; Aires ve ark., 2017 ; Henning ve Herrmann, 1980 ; Mo ve ark., 1995). Diyetle öncelikle aglikonlar olarak veya şeker molekülleriyle konjuge olarak bulunmaktadır (en yaygın olanları L-ramnoz, D-galaktoz, D-glikoz ve L-arabinozdur), böylece bu bileşiklerin çeşitliliği sağlanmaktadır (Erlund, 2004 ; Willits ve ark., 2004). Yapısal değişkenlikleri ayrıca glikozilasyon, hidroksilasyon ve metoksilasyon derecesiyle sağlanmaktadır. Flavonoidleri altı alt gruba ayırır: flavonoller, flavanoller, flavonlar, flavanonlar, izoflavonlar ve antosiyaninlerdir (Dai ve Mumper, 2010). Flavonoidlerin günlük alımının yaklaşık 100 mg olduğu bildirilmektedir (Musialik ve ark., 2009).

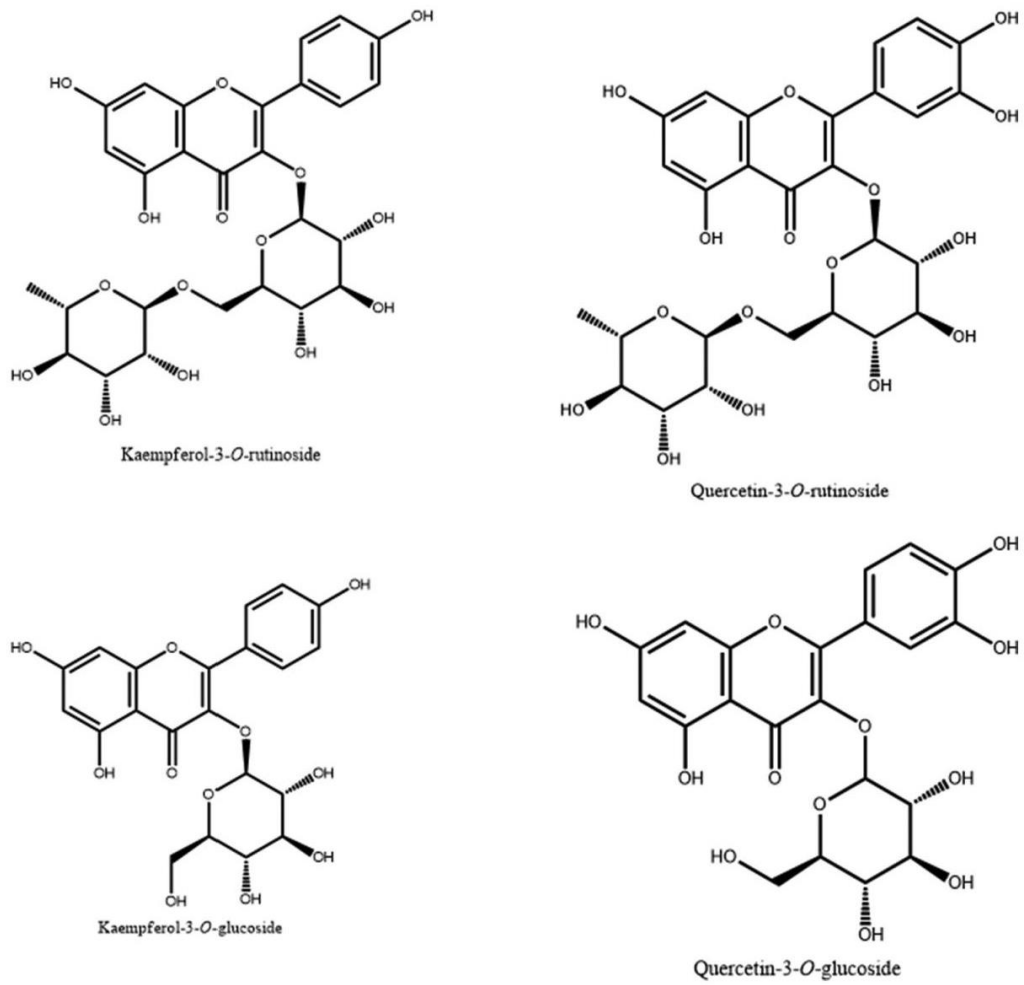
1.6.1. Flavonoller

Flavonollerin kimyasal yapısı flavonlarınkine çok benzerdir, tek fark C halkasının 3 pozisyonundaki hidroksil grubudur. Bu bileşikler yüksek bitkilerde çok yaygındır ve genellikle dış kısımlarında bulunmaktadır (Robards ve Antolovich, 1997). *P. Avium* gövdelerinde, yapraklarında ve kirazında en sık görülenler kaempferol ve kuersetin türevleridir (Goncalves ve ark., 2006 ; Robards ve Antolovich, 1997). Bunları mirisetin-3-O-rutinosid ve isorhamnetin-3-O-rutinosid takip etmektedir (Kelebek ve Selli, 2011; Kim, 2005 ; Gimenez ve ark., 2014). Öte yandan, *P. avium* yapraklarında ve gövdelerinde bildirilen bileşikler sırasıyla; kuersetin-3-O-glukozid (7,38 ve 0,27 mg/g kuru ağırlık), kuersetin-3-O-rutinosid (9,28 ve 0,87 mg/g kuru ağırlık), kaempferol-3-O-rutinosid (6,60 ve 0,88 mg/g kuru ağırlık) ve kaempferol-3-O-glukozid (6,86 ve 0,30 mg/g kuru ağırlık) (Şekil 5) (Geibel ve ark. 1993 ; Bauer ve ark., 1989 ; Henning ve Herrmann, 1980 ; Mo ve ark., 1995). Gövdelerde, kuersetin-O-rutinosid-

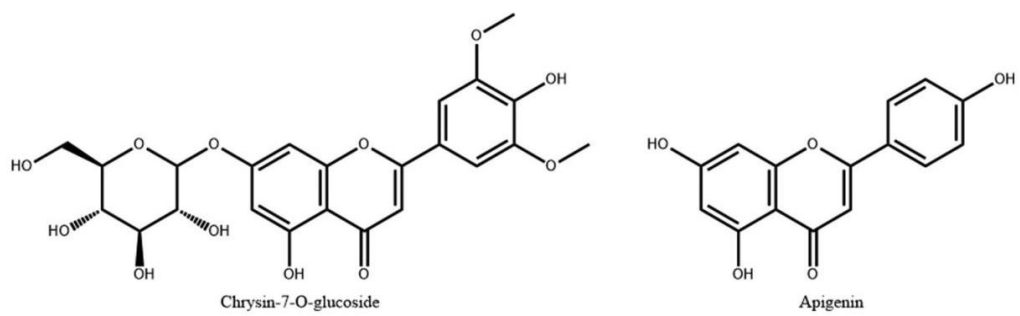
Ohekzozid(0,02–0,44 mg/g dw), metil kuersetin-O-rutinosid (0,15 mg/g dw) ve kuersetin (0,12 mg/g dw) de tanımlanmaktadır (Bastos ve ark., 2015 ; Bursal ve ark., 2013).

1.6.2.Flavonlar

Flavonlar, heterosiklik C halkasının C2–C3 pozisyonunda doymamış bir bağ ile karakterize edilir ve aynı halkanın 3pozisyonunda bir hidroksil grubunun yokluğu göz önüne alındığında, çeşitli ikamelere izin verilmektedir (Robards ve Antolovich, 1997 ; Lobo ve Lourenco,2007). Doğada en yaygın bulunanlar apigenin, luteolin, diosmetindir ve bunlar daha sıklıkla 3-glikozit formları halinde ortaya çıkmaktadır (Ross ve Kasum, 2002). Krisin-7-O-glukozit(0,50 mg/g kuru ağırlık) ve apigenin (0,033 mg/g kuru ağırlık), gövdelerde tanımlanan tek flavonlardır (Şekil 6) (Bastos ve ark., 2015 ; Aires ve ark.,2017).Öte yandan, tatlı kirazda apigenin ve luteolin bildirilmektedir (Gebhardt, 2002).



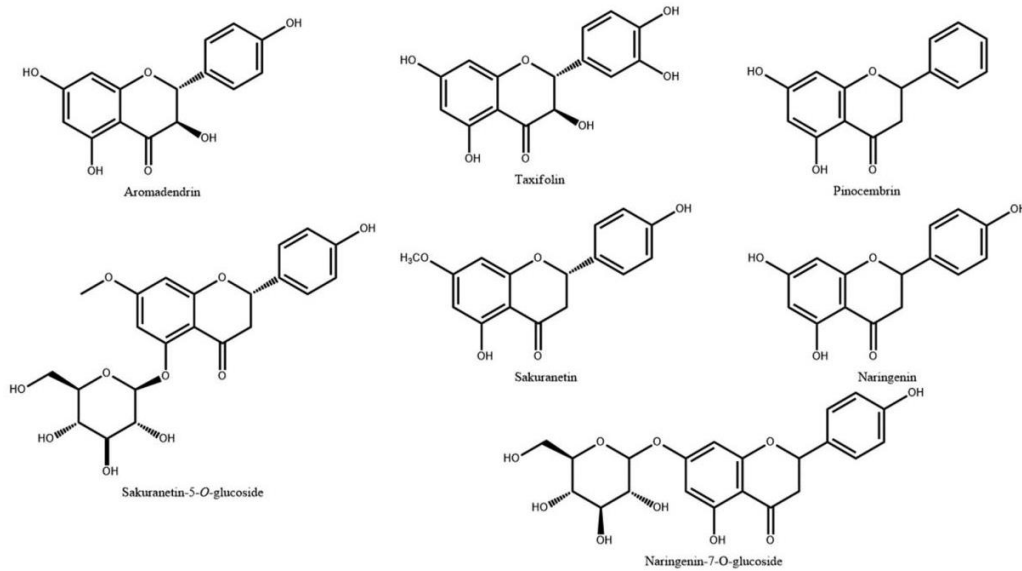
Şekil 5. *P. avium*'un yaprak ve gövdelerinde bulunan flavonoidler (Geibel ve ark. 1993 ; Bauer ve ark., 1989 ; Henning ve Herrmann, 1980 ; Mo ve ark., 1995)



Şekil 6. *P. avium*'un yaprak ve gövdelerinde bulunan flavonlar (Bastos ve ark., 2015 ; Aires ve ark., 2017).

1.6.3. Flavononlar

Flavanonlar, öncelikle C halkasının 3. pozisyonunda hidroksil grubunun bulunmamasıyla flavonlar olarak karakterize edilmektedir. Buna ek olarak, 2 ve 3 pozisyonları arasında bir çift bağ ve 2. pozisyonda bir kiral merkez de sunmaktadır (Corradini ve ark., 2011). Tanımlanan flavanonların ve bunların 3-hidroksi türevlerinin (dihidroflavonol olarak da adlandırılan flavonoller) sayısı 2002'den beri önemli ölçüde artmaktadır (Tsao, 2010). Doğada en yaygın bulunanlar naringenin, hesperidin, naringenin-7-O-rutinosid ve hesperitindir (Erlund, 2004). Öte yandan, iyi bilinen bir flavonol taksifolindir (Grayer ve Veitch, 2005). Pinocembrin (0,03–0,23 mg/g dw) ve sakuranetin-5-O-glukozid (0,36–13,63 mg/g dw) saplarda rapor edilmektedir. Naringenin (0,74 mg/g dw) yapraklarda bulunmaktadır (Şekil 7) Ek olarak, taksifolin (0,19–0,79 mg/g dw), aromaden-drin-O-hekzosid(0,31 mg/g dw), metil-aromadendrin-O-hekzosid (0,06 mg/g dw) ve aromaden-drin-7-O-hekzosid(0,86–2,66 mg/g dw) gibi flavanoller gövdelerde bildirilmektedir (Mikiciuk ve ark., 2015 ; Bauer ve ark., 1989 ; Aires ve ark., 2017 ; Mo ve ark., 1995). Naringenin ve hesperitin tatlı kirazda tanımlanan tek flavanonlardır (Gebhardt ve ark., 2002 ; USDA,2015).



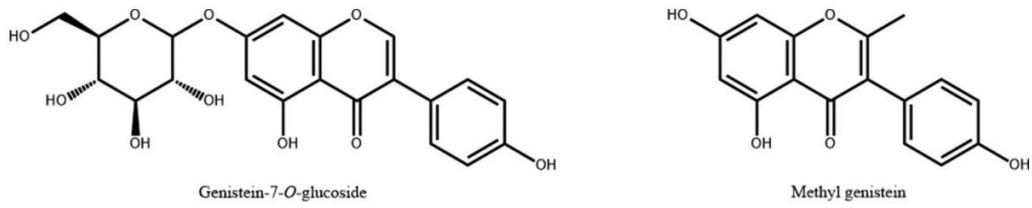
Şekil 7. *P. avium*'un yaprak ve gövdelerinde bulunan flavonlar (Mikiciuk ve ark., 2015 ; Bauer ve ark., 1989 ; Aires ve ark., 2017 ; Mo ve ark., 1995).

1.6.3. İzoflavonlar

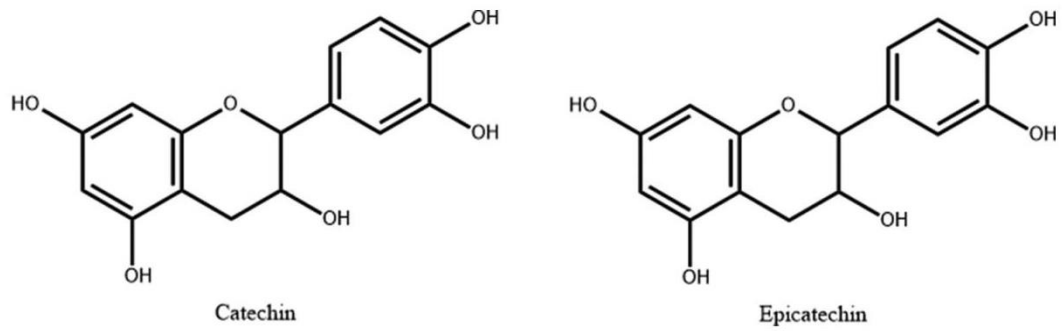
İzoflavonoidler, diğer flavonoidlerde sunulduğu gibi pozisyon 2 yerine pozisyon 3'te bağlı fenil kroman B halkasına sahip olmaktadır. Bu göç reaksiyonu 2-hidroksiizoflavonon sentaz ve kalkonsentaz (bir poliketidsentaz) tarafından katalize edilmektedir: her iki enzim de izoflavonlarda doğal olarak bulunmaktadır (Corradinive ark., 2011 ; Dixon ve Pasinetti, 2010). İzoflavonların ana besinkaynağı soya (*Glycinemax L.*)'dır (Mortensen ve ark., 2009). Bilgilerimize göre, *P. avium* bileşenlerinde tanımlanan tek izoflavonlar, gövdelerde genistein-7-O-glukozit (0,42–3,74 mg/g dw) olarak da bilinen genistin ve metil genisteindir (0,03–0,31 mg/g dw) (Şekil 8) (Bastos ve ark., 2015).

1.6.3. Flavanoller

Flavonoidler, kateşinler, flavan-3-oller ve pro-antosiyandimerleri ve trimerleri dahil olmak üzere flavonoidlerin ana sınıflarından biri olmaktadır. Günlük alımlarının 18-50 mg olduğu tahmin edilmektedir, flavonoidlerin ana kaynakları çay, üzüm, armut ve elma olmaktadır (Arts ve ark., 2000). Mono merik flavanolün C₂ ve C₃'teki iki kiral merkezi, her B halkası hidroksilasyon seviyesi için ikisi olmak üzere dört izomer üretmektedir: (+)- kateşin ve (-)- kateşin, (+) – epikateşin, (-)- epikateşin (Şekil 9). (-)- Epiafzeleşin bildirilen başka bir flavonoid olarak bilinmektedir. Ancak doğada daha sınırlı bir dağılıma sahip olmaktadır (Silva ve Costa, 2014). Flavonoidler, çeşitli serbest radikal formlarını temizleyebilen çok güçlü antioksidanlar olarak bilinen biyolojik olarak aktif moleküller olmaktadır (Watson ve ark., 2013 ; Fernandes ve ark., 2012). Ayrıca, trombosit agregasyonunu azalttığı, düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) oksidasyonunu engellediği ve plazma kolesterol seviyelerini düşürdüğü de bildirilmektedir (Shahidi, ve Ambigaipalan, 2015)(Duarte ve Silva,2014). *P. avium* yan ürünlerindeki bu fenolik bileşiklerin varlığına ilişkin olarak, kateşin ve epikateşin, gövdelerde (sırasıyla 0,42–3,74 mg/g ve 0,087,3–0,1102 mg/g kuru ağırlık) ve yapraklarda (kateşin) (6,879 mg/g kuru ağırlık) bulunan en yaygın flavanollerdir (Bastos ve ark., 2015 ; Bauer ve ark.,1989 ; Aires ve ark.,2017). Tatlı kirazlarla ilgili olarak bazı raporlar, yapılarında (+)-kateşin, (-)-epikateşin, (-)-epigallokateşin, (-)-epikateşin-gallat, (-)-epigallokateşin-3-gallat ve (+)-gallokateşin bulunmaktadır (Kelebek ve Selli, 2011 ; Usenik ve ark., 2008 ; USDA,2016 ; Friedrich ve Lee, 1998).



Şekil 8. *P. avium*'un yaprak ve gövdelerinde bulunan izoflavonlar (Bastos ve ark., 2015)



Şekil 9. *P. avium*'un yaprak ve gövdelerinde bulunan flavonoidler (Silva ve Costa, 2014)

1.6.4. Antosiyaninler

Antosiyaninler (Yunanca anthos ve Kianos sırasıyla çiçek ve mavi anlamına gelir) vasküler bitkilerin en önemli pigmentler olarak bilinmektedir (Pazmino-Duran,2001). Bu pigmentler bitki aleminde ki birçok meyve, çiçek ve yaprağın gösterdiği renklerden sorumludur, ayrıca serbest radikal türlerini ve şelat metallerini kolayca yakalamaktan da sorumlu olmaktadır (Castaneda-Ovando, 2009). Tatlı kirazın bitkisel kısımlarına gelince, antosiyaninler yalnızca meyvelerde tanımlanmaktadır (Schuller ve ark., 2015). Siyanidin-3-O-rutinosid, 98,996 ila 197,889 mg/100 g dw aralığında değişmektedir. Bunu siyanidin-3-O-glukozid,delfinidin, petunidin, peonidin-3-O-rutinosid, peonidin-3-O-glukozid, pelar-gonidin-3-O-rutinosid,peonidin ve pelargodinin küçük izleri takip etmektedir (Serra ve ark., 2011 ; Goncalves ve ark., 2017 ; Goncalves ve ark., 2004 ; Usenik ve ark., 2008 ; USDA, 2016 ; Hayaloglu ve Demir, 2006 ; Serradilla ve ark., 2011).

1.7. Yenilebilir Film

Günümüzde, petrol bazlı plastik atık sorunu başlıca çevresel endişelerden biri olmaktadır. Bu bağlamda, plastik ambalaj malzemelerinin biyolojik olarak parçalanabilen, çevre dostu ve ucuz malzemelerle değiştirilmesi önceki çalışmalarında ele alınmaktadır (Jimenez ve ark., 2012). Son yıllarda, biyolojik bazlı ambalaj malzemeleri giderek daha fazla kullanılmaktadır (Bioplastics, 2020).

European Bioplastics'in tahminine göre, plastik olmayan ambalaj malzemesi üretim kapasitesi 2020'de $2,11 \times 10^6$ tondan 2025'te $2,87 \times 10^6$ tona çıkacaktır. Polisakkaritler ve proteinler gibi biyolojik olarak parçalanabilen hammaddeler, ışığa, gazlara ve aroma bileşenlerine karşı olumlu olarak fiziksel, mekanik ve bariyer özellikleri nedeniyle büyük ilgi görmektedir (Omar-Aziz ve ark., 2021).

Gıda ambalajları biyolojik olarak parçalanabilirlik, biyoyumluluk, termostabilite ve toksik olmama özellikleri nedeniyle proteinler, polisakkaritler, lipitler ve bunların kombinasyonları gibi doğal polimerlerin kullanımına doğru kaymaktadır (ThiNguyen ve ark., 2022). Aljinat, pektin, kitosan, nişasta veya diğer mukuslu tohumlar gibi çevre dostu malzemeler kullanılarak yenilebilir bir kaplama oluşturmaktadır (Mohamed ve ark., 2020 ;Nair ve ark., 2020). Kapsamlı bir şekilde incelenip çok sayıda biyopolimer arasından aljinat, yenilebilir film üretimi için kullanılan bir polisakkarit olmaktadır. Aljinatın (ALG), üstün film oluşturma yeteneği, esnekliği ve biyolojik olarak parçalanabilir olması film üretmek için iyi bir seçenek haline gelmiştir (M. Abdollahi ve ark., 2013). Aljinat bir kopolimerdir ve D-mannuronik ve L-guluronik asit monomerlerinden oluşmaktadır (Yang ve ark., 2011). Çeşitli çalışmalar, çeşitli bitki bazlı biyoaktif bileşiklerle birleştirilmiş aljinat bazlı yenilebilir filmlerin kaplama için etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir (Kim ve ark., 2018).

Yenilebilir filmler, film hazırlanmasında kullanılan biyoaktif bileşiklerin veya diğer bileşenlerin varlığına dayanarak, besin kalitesi ve güvenliği iyileştirilmiş ürünlerle raf ömrünü uzatmaktadır (Wu ve ark., 2019). Yenilebilir film oluşumu için kullanılan çok sayıda bitki kaynaklı biyoaktif bileşik var olduğu bilinmektedir. Ancak, biyoaktif bileşiklerin çoğu henüz fizikokimyasal özellikleri ve uygulanabilirlikleri açısından araştırılmamıştır; bu da biyoaktif özelliklerine, bulunabilirliğine ve maliyet-fayda

oranına bağılı kalmaktadır (Fernandes ve ark., 2013). Prunus avium yaprağı, yüksek miktarda biyoaktif bileşiiyle bilinen bir bitkidir. Ancak henüz yenilebilir film oluşumunda tam potansiyeli araştırılmamıştır.

1.7.1. Yenilebilir Filmlerde Aljinat ve Zeinin Kullanımı

Zein, disülfid bağılı agregaların heterojen bir karışımı olarak oluşan ve ortalama 44 000 Da moleköl ağırlığına sahip mısırın temel depolama proteinidir (Shukla ve Cheryan, 2001). Diğer proteinler gibi zeinde, bir ağı oluşturma yeteneğı, esnekliğı ve esnekliğı nedeniyle yenilebilir kaplamaların hazırlanmasında yararlı özellikler göstermektedir. Brokoli ve elma gibi çeşitli ürünlerin hasat sonrası kalitesinin korunmasında tatmin edici sonuçlar vermektedir (Rakotonirainy ve ark., 2001 ; Bai ve ark., 2003).

Aljinik asit, Phaeophyceae alglerinin başlıca yapısal polisakkaritidir ve D-mannuronik ve L-guluronik asit monomerlerini içermektedir. Aljinik asidin katyonlarla reaksiyona girme yeteneğı, Na-aljinat gibi aljinat film oluşumunda kullanılmaktadır. Düzgün, şeffaf ve suda çözünür filmler üretmek için iyi özelliklerde film oluşturmaktadır (Cha ve ark., 2002). Bu nedenle havuçlarda ağırlık kaybını ve doğal mikroflora sayımlarını azaltmak ve taze kesilmiş elmaların kalitesini korumak ve raf ömrünü uzatmak için kullanılmaktadır (Amanatidou ve ark., 2000 ; Rojas-Gra u ve ark., 2007).

Gliserol gibi plastikleştiriciler genellikle film esnekliğini ve işlenebilirliğini ve oksijen geçirgenliğini artırmak için polisakkarit ve protein bazlı yenilebilir filmler için gerekli olduğu bilinmektedir. Öte yandan, yağ asitleri gibi lipitlerin bir emülsiyonda veya bir katman kaplaması olarak film formülasyonlarına dahil edilmesi, su buharı bariyer özelliklerini büyük ölçüde iyileşme sağlamaktadır (Olivas ve Barbosa-C' anovas, 2008).

Yenilebilir kaplamalar meyvelerin olgunlaşma sürecini geciktirmek için etkili araçlar olabilmektedir. Hasat sonrası depolama sırasında kaliteyle ilgili parametreleri korumak için domateste yenilebilir kaplamalar olarak aljinat veya zein denenmiştir. Kaplamalı domatesler, kontrol domateslerine kıyasla daha düşük solunum hızı ve etilen üretimi göstermektedir. Etilen öncüsünün konsantrasyonu iki kat daha düşük olduğu gözlenmektedir. Ayrıca, yumuşama, renk evrimi ve ağırlık kaybı gibi domates kalite kayıplarıyla ilgili parametrelerin evrimi, kaplamalı domateslerde kontrol domateslerine kıyasla önemli ölçüde gecikmektedir (ortalama 4-6 gün). Daha sonra, şekerler, organik

asitler (ve özellikle askorbik asit) ve duyuşsal analizden alınan puanlar, yenilebilir film kaplanmış domateslerde depolama sonunda kontrol domateslerine göre çok daha yüksek seviyelerde kalmaktadır.

Domates meyvesinin ham yeşil aşamadan tamamen olgun aşamaya dönüşümü, bitkide gelişme sırasında ve hasattan sonra meydana gelebilen renk, doku ve tat gibi kalite parametrelerini etkileyen değişiklikler olmaktadır. Domates meyvesinin hasat sonrası ömrü nispeten kısadır çünkü kalite kaybını etkileyen birçok işlem hasattan sonra gerçekleşmektedir. Bu nedenle, domates meyvesinin depolanmasındaki en büyük sınırlayıcı faktörler terleme, mantar enfeksiyonu, olgunlaşma sürecinin hızlanması ve yaşlanma olmaktadır. Düşük sıcaklığın kullanımı etilen üretimini geciktirmede ve/veya azaltmada etkilidir. Ancak domates meyveleri soğuk hasarına karşı hassas olmaktadır (Cheng ve Shewfelt, 1988). Etilen üretimi olgunlaşma sırasında meydana gelen biyokimyasal ve fizyolojik değişiklikleri hızlandırarak senesansa yol açtığından, etilen biosentezini ve/veya etkisini önleyen herhangi bir araç kalite kayıplarını geciktirmektedir. Buna karşılık domatesin hasat sonrası raf ömrünü artırmaktadır. Düşük sıcaklıkta depolamanın dışında, domates kalite parametrelerini korumak için çok az hasat sonrası teknoloji araştırılmaktadır. Bunlara, soğuktan kaynaklanan hasar belirtilerini hafifletmek için ısıt işlemler (Saltveit, 2005 ; Polenta ve ark.2006), modifiye atmosfer paketleme (Art'esve ark., 2006) ve 1-metilsiklopropen (Guill'en ve ark., 2006) dahil edilmektedir.

Mum, süt proteinleri, selülozlar, lipitler, nişasta, zein ve aljinat dahil olmak üzere yenilenebilir kaynaklardan elde edilen yenilebilir kaplamalar, taze ve asgari düzeyde işlenmiş meyve ve sebzelerin kalitesini iyileştirmek ve raf ömrünü uzatmak için kullanılmaktadır (Lin ve Zhao, 2007). Meyve veya sebzeler genellikle bu yenilebilir malzemelere daldırma veya püskürtme yoluyla kaplanmaktadır. Böylece ürün yüzeyinde yarı geçirgen bir zar oluşmaktadır. Bu membran; işleme, elleçleme ve depolama sırasında nem, oksijen, karbondioksit, aroma ve tat bileşiklerinin transferini düzenleyerek bariyer görevi görmektedir. Sadece gıda bozulmasını geciktirmek ve kalitesini artırmakla kalmaz, aynı zamanda doğal biyosit aktivitesi veya antimikrobiyal bileşiklerin dahil edilmesi nedeniyle güvenliğide sağlamaktadır (Cha ve Chinnan, 2004 ; Güçbilmez ve ark., 2007 ; Pranoto ve ark., 2005).

Aljinat veya zein bazlı kaplamalar, hasat sonrası depolama sırasında domatesin olgunlaşma sürecini geciktirmek ve buna bağlı olarak domates kalitesini ve tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğini korumak için etkili araçlar olabilmektedir.

1.7.2. Yenilebilir Filmlerde Kitosan ve Zeinin Kullanımı

Yenilebilir film, proteinler, polisakkaritler ve lipitlerden yapılan yeni bir biyolojik olarak parçalanabilir ambalaj malzemesi olmaktadır (Dou ve ark., 2018 ; Tsai ve Weng, 2019). Yenilebilir film, tüketilene kadar gıda ürünlerinin dış ortamına karşı bir bariyer sağlamaktadır. Su, oksijen, karbondioksit geçirgenliğini kontrol ederek ve mikrobiyal girişime direnerek gıdanın raf ömrünü uzatmaktadır (Cui ve ark., 2016 ; Fakhouri ve ark., 2015). Ek olarak, ambalaj malzemeleri ürüne zararlı bileşikler emerek veya antioksidan bileşikler gıdaya salarak gıdanın kalitesini iyileştirmek için antioksidan madde de ekleyebilmektedir (Fang ve ark., 2017). α -Tokoferol, yapısal olarak ilişkili fenollerin ve etkili lipofilik antioksidanların en biyolojik olarak aktif bileşiklerinden biridir ve hücreleri reaktif oksijen türlerinden korumada önemli bir rol oynamaktadır (Yao ve ark., 2009). Gıdadaki oksidasyonu azaltmak için kullanılan etkili bir antioksidan olmasının yanı sıra, α -tokoferol aynı zamanda polimer işleme için mükemmel bir stabilizatördür ve etanolde kolayca çözünmektedir (del Mar Castro López ve ark., 2012). Bu nedenle, α -tokoferol , doğrudan film malzemesine eklenen doğal antioksidan olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Graciano-Verdugo ve ark., 2010). α -tokoferolün polimer işleme koşulları altında stabil olduğu ve α -tokoferolün önemli bir konsantrasyonunun genellikle gıda ambalajıyla ilişkili olabilecek son plastik filmlerde kaldığı bildirilmektedir (Lee ve ark., 2004). Geniş biyoyumluluğu ve mükemmel antioksidan özelliği nedeniyle araştırmacılar tarafından yaygın olarak ilgi görmüş ve birçok alanda başarıyla uygulanmaktadır (Doudin ve Al-Malaika, 2016). α -tokoferolün anti-oksidadasyonda geliştirilmesi insanların ilgisini tekrar çekmiş olsa da sınırlamalardan biri film oluşturma özelliğinin olmaması bildirilmiştir.

Kitosan mükemmel biyolojik olarak parçalanabilirliğe, film oluşturma kapasitesine, biyoyumluluğa ve antibakteriyel özelliğe sahip olmaktadır (Akyuz ve ark, 2017 ; Lin ve ark., 2018). Kitosan filmi karşılaştırılabilir mekanik ve oksijen bariyer özelliğine sahip olduğu bilinmektedir (Cui ve ark., 2017 ; Zhang ve ark., 2019). Ancak, zayıf su

bariyer özellikleri uygulamasını belirli bir ölçüde sınırlamaktadır (Cheng, Wang ve Weng, 2015).

Kitosan, kitinin kapsamlı, ancak eksik deasetilasyonu ile elde edilen doğrusal bir polisakkarittir; toksik olmayan, biyolojik olarak parçalanabilir ve biyoyumlu bir doğal polimerdir (Xing ve ark., 2011). Kitosandan hazırlanan filmler, oksijene karşı iyi bir bariyer özelliği göstermekle birlikte antimikrobiyal koruma sağlayan berrak, güçlü ve esnek malzeme olarak bilinmektedir. Zein, mısır proteininin prolamin fraksiyonudur; bu nedenle yenilebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir ve mevcut biyoetanol üretimi nedeniyle zein ve diğer mısır yan ürünlerinin elde edilebileceği bol miktarda mısır gluteni var olmaktadır (Mastromatteo ve ark., 2009). Birkaç çalışma, bu proteinin düşük suda çözünürlüğe ve diğer yenilebilir filmlere göre film oluşumuna uygulandığında daha iyi oksijen ve su buharı bariyer özelliklerine sahip olması nedeniyle yenilebilir filmlerin veya kaplamaların üretimi için yüksek bir potansiyele sahip olduğunu bildirmektedir (Bourtoom, 2008). Ancak, bu bileşenlerin ve diğer biyopolimerlerin karıştırıldığındaki davranışları kapsamlı bir şekilde araştırılmamıştır (Mu ve ark., 2012). Yenilebilir filmlerin ve kaplamaların mekanik (sertlik, kopma gerilimi, esneklik, gerilim, kopma uzaması ve elastik modül), bariyer (su buharı ve gaz geçirgenliği) ve antimikrobiyal özelliklerinin yanı sıra duyu kabul edilebilirliğinin değerlendirilmesinin önemi kabul edilmektedir (Miller ve Krochta, 1997).

Zein, %60-%95 etanolde çözünebilir, saf suda çözünmeyen birçok hidrofobik gruba sahip olduğu bilinmektedir (Sun, Shao, Jiang, Shen ve Ma, 2018). Zein filmi, diğer çoğu protein filmine kıyasla düşük su buharı geçirgenliğine sahiptir (Spasojević ve ark., 2019). İyi bariyer performansına sahiptir. Zein filmi sert ve yağ geçirmezdir. Öte yandan, zein filmlerinin gıda ambalaj uygulamalarında kullanımı, zayıf mekanik özellikleri nedeniyle imkansız görünmektedir. Bu nedenle, kitosan/zein/ α - tokoferol yenilebilir filmi, umut vadeden bir ambalaj malzemesi olmaktadır. Bilindiği kadarıyla filmlerin α - tokoferol, kitosan ve zeinin reolojik fizikokimyasal özellikleri henüz rapor edilmemiştir.

1.7.3. ZeinAljinatGliserol Yenilebilir Filmlerinin Fiziksel Özellikleri

Aljinat, çeşitli kahverengi alglerden (Phaeophyceae, esas olarak Laminaria) elde edilen bir polisakkarittir, doğrusal bağlara sahip bir poliüronik asittir, β -D-mannuronat ve α -L-guluronattan oluşmaktadır (Parreidt ve ark., 2018 ; Yang ve ark., 2019). Bu polisakkarit ile hazırlanan yenilebilir filmler düzgün, şeffaftır ve iyi oksijen bariyer özelliklerine sahiptir, ancak neme karşı bariyer olarak yetersiz kalmaktadır (Aloui ve ark., 2021).

Zein mısırın en önemli proteindir ve endospermin protein içeriğinin %44 ila %79'unu oluşturmaktadır (Tsai ve Weng, 2019). Zein ile hazırlanan filmler neme karşı direnç göstermiştir, ancak mekanik özellikleri yetersiz kalmaktadır (Zhang ve ark., 2019). Zein kaplamalarının bazı uygulamaları kavun, çilek, kaşar peyniri ve buğday ekmeği gibi yiyecekleri içermektedir (Ansarifar ve Moradinezhad, 2021 ; Boyacı ve ark., 2019 ; Küçük ve ark., 2020 ; Mouzakitis ve ark., 2022).

Yenilebilir filmler ve kaplamalar, gıda ürünlerine uygulanan yenilebilir malzemelerle işlenmiş ince tabakalar olarak tanımlanmaktadır. Yenilebilir bir film ile bir kaplama arasındaki fark, yenilebilir filmin bir kez oluştuğunda gıda bileşenlerinin üzerine veya arasına yerleştirilen bir tabaka olması, yenilebilir kaplamanın ise doğrudan gıda ürünü üzerine oluşturulmaktadır (Falguera ve ark., 2011). Bu malzemeler ayrıca yenilenebilir ve yenilebilir malzemelerden üretildikleri için ekolojik paketleme malzemeleri olarak da bilinmektedir (Bourtoom, 2008 ; Suhag ve ark., 2020). Bu da gıda ambalajlarıyla ilişkili çevresel sorunların azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Sun ve ark., 2020). Örneğin hayvansal kaynaklı proteinlerden (kazein, jelatin, kolajen), bitkisel kökenli (mısır, soya, buğday) veya polisakkaritler (nişasta, selüloz, aljinat, kitosan ve diğerleri) gibi farklı polimerik malzemelerden tek başlarına veya bir arada yenilebilir filmler yapılabilmektedir (Bourtoom, 2008 ; Suhag ve ark., 2020 ; Álvarez-Castillo ve ark., 2021). Genellikle, nem geçişini sınırlamak için yenilebilir filmlerde ve kaplamalarda lipitler ve mumlar kullanılmaktadır (Amin ve ark., 2021 ; Suhag ve ark., 2020).

Yenilebilir filmlerin nihai özellikleri, yapısal matriste kullanılan malzeme türü (kimyasal bileşim, moleküler ağırlık dağılımı), filmlerin gerçekleştirildiği koşullar (çözücü türü, pH, bileşen konsantrasyonu ve sıcaklık), plastikleştiricilerin türü ve konsantrasyonu gibi parametrelerden etkilenmektedir (Kocira ve ark., 2021 ;Saber ve ark., 2017 ; Balbinot-Alfaro ve ark., 2019).

Dahası, zıt yüklü makromoleküller arasındaki elektrostatik etkileşimler, protein-polisakkarit karışım oranına ve biyopolimer türüne bağlı olarak protein-polisakkarit komplekslerinin oluşumuna izin vermek için önemli bir rol oynamaktadır (Corzo-Ríos ve ark., 2014, 2018 : Sun ve ark., 2017a, b).

Bu nedenle, makromoleküllerden oluşturulan filmler, gıdaların elleçlenmesi, depolanması ve taşınması sırasında bütünlüğünü korumakta ve sürdürmektedir (Mohamed ve ark., 2022). Özellikle, acı biber (*Capsicum annuum* L.), hasattan sonra yanlış elleçlenmesi ve yetersiz depolanması nedeniyle sınırlı bir raf ömrüne sahip olduğu bilinmektedir. En sık karşılaşılan sorunlar renk değişiklikleri, soğuğa bağlı hasar, yaralanma, morarma ve diğer fiziksel hasar türleri olmaktadır (Chitravathi ve ark., 2015, 2020 : O'Donoghue ve ark., 2013). Özellikle, bu tür gıdalara verilen mekanik hasar, farklı mikroorganizma türleri tarafından bozulmayı artırabilir, bu tarım sektörü için küresel ekonomik kayıpların ana nedenlerinden biri olmaktadır (de OliveiraFilho ve ark., 2021).

1.7.4. Sodyum Aljinat Kaplı Yenilebilir Film Kaplaması

Sodyum aljinat (SA), deniz tabanında bol miktarda bulunan doğal bir anyonik polisakkarittir. Kahverengi alglerden (örneğin *Macrocystis aeruginosa* ve *Sargassum*) ve bakterilerden (örneğin *Pseudomonas aeruginosa* ve azot sabitleyici bakteriler) elde edilmektedir. Endüstriyel kullanım için SA, esas olarak deniz alglerinden elde edilmektedir. SA, kalınlaştırıcı, dengeleyici ve jelleştirici bir madde ve gıda uygulamalarında aljinat bazlı yenilebilir filmler ve kaplamalar olarak çok dikkat çekmektedir (Sellimi ve ark., 2015). Ayrıca, SA düşük maliyet, düşük sitotoksikite ve parçalanabilirlik gibi mükemmel özelliklere sahiptir ve bu da onu gıda ve ilaçta uygulama için büyük potansiyele sahip tercih edilen bir doğal polisakkarit yapmaktadır. Ancak, SA'nın zayıf stabilitesi ve ısı işlem kararsızlığı, uygulama potansiyelini belirli bir ölçüde sınırlamaktadır. Modern kimyasal ve biyokimyasal teknikler kullanılarak SA'nın modifikasyonu, kontrollü diziler ve yapılara sahip yeni aljinat türevleri oluşturmak veya aljinatın doğal fizikokimyasal özelliklerini değiştiren diğer malzemelerle polimerizasyon, böylece amaçlanan ürünün özel ihtiyaçlarını karşılamak üzere uyarlanabilmektedir.

Modern kimyasal ve biyokimyasal teknikler kullanılarak SA'nın modifiye edilmesi, kontrollü diziler ve yapılara sahip yeni aljinat türevlerinin oluşturulması veya aljinatın doğal fizikokimyasal özelliklerini değiştiren diğer malzemelerle polimerizasyonu, böylece amaçlanan uygulamanın özel ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde uyarlanabilmektedir (Nezamdoost-Sani ve ark., 2023 ; Riseh ve ark., 2021 ; Siddhesh N. Pawar, 2017). Örneğin, fonksiyonel maddelerin ve ilaçların korunması ve yavaş salınımı, modifiye edilmiş SA ve onun karmaşık kapsüllemesi kullanılarak elde edilmektedir. Depolama sırasında kaplanmış et ve meyvelerin kalitesi iyileştirilmektedir.

Üzümler, meyve olarak sınıflandırılır ve canlı renkleri, ferahlatıcı aromaları ve şekerler, organik asitler ve fenolik bileşikler gibi besin açısından zengin bileşimleriyle ünlüdür ve dünya çapında tüketicilere hitap eden çeşitli sağlık yararları ve cilt bakımı özellikleri sunmaktadır (Al-Saif ve ark., 2022). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) bildirdiğine göre, küresel olarak en çok yetiştirilen ürünlerden biri olan üzüm üretimi 2018 yılında 79 milyon tonu aşmaktadır (Antoni'c ve ark., 2020). Bununla birlikte, sulu dokuları, üzümleri, terleme, metabolik süreçler ve mikrobiyal aktivite gibi faktörler nedeniyle hasat sonrası elleçleme ve taşıma sırasında buruşma, yumuşama ve çürüme dahil olmak üzere bozulmaya karşı hassas hale getirmekle birlikte kalitelerini ve pazarlanabilirliklerini önemli ölçüde azaltmaktadır (Luesuwan ve ark., 2021). Özellikle, Çin'de hasat sonrası üzüm çürüme kaybı oranı yıllık %20'yi aşarak taze üzüm sektörünün büyümesini engellemektedir (Shimizu ve ark., 2019).

Meyve ve sebzeler için çevre dostu ve etkili koruma yöntemlerine acil ihtiyaç devam etmektedir (Shimizu ve ark., 2019).

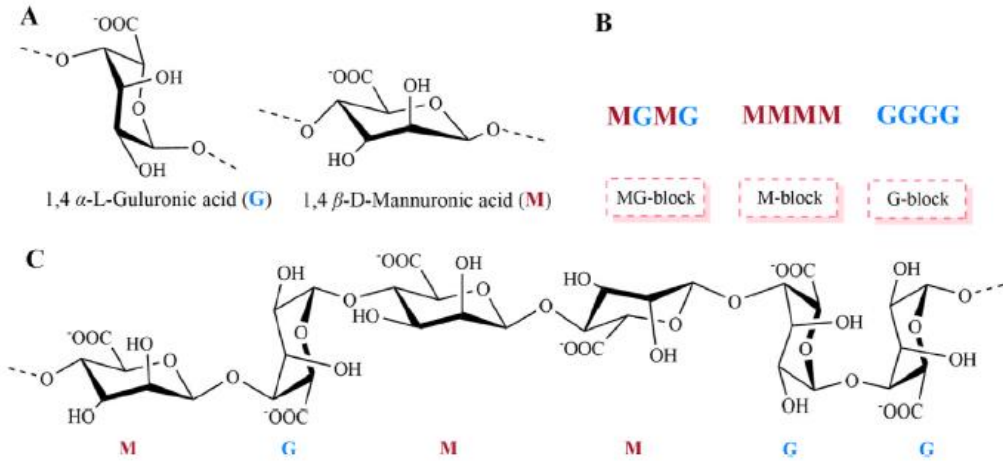
Bu nedenle, meyve ve sebze koruma için çevre dostu ve etkili yöntemlerin peşinde koşmak, önemli bir araştırma odağı olmaya devam etmektedir. Meyvelerden, sebzelerden ve baharatlardan elde edilen esansiyel yağlar (EO'lar), tatlarda, baharatlarda, kozmetiklerde, aromaterapide ve bitkisel ilaçlarda kullanılan doğal aromatik bileşiklerdir (Boukhatem ve ark., 2020).

Magnolia officinalis esansiyel yağı, *Magnoliabiondii* Pamp., *Magnolia denudata* Desr. Veya *Magnolia sprengeri* Pamp.'ın kurutulmuş çiçek tomurcuklarından elde edilir ve

rinit tedavisindeki etkisi kapsamlı bir şekilde incelenmektedir (Phanve ark., 2022). Bununla birlikte, ana bileşenleri olan 1,8-pinen ve linalool'ün bilinen antibakteriyel aktivitesine rağmen, potansiyel antibakteriyel özellikleri hala nispeten keşfedilmemiştir. Son gelişmeler arasında, raf ömrünü uzatmak için esansiyel yağların dahil edilmesiyle özellikle proteinlerden, polisakkaritlerden ve biyolojik olarak parçalanabilir polimerlerden yapılmış filmler veya kaplamalar olmak üzere aktif kaplamaların geliştirilmesi yer almaktadır (Sun ve ark., 2022). Sodyum aljinat (SA), güvenliği ve mükemmel jel ve film oluşturma özellikleriyle ünlüdür ve bu da onu esansiyel yağlar veya aktif bileşikler ekleyerek gıda korumasını geliştirmek için tercih edilen seçenek haline getirmektedir (Douve ark., 2018).

1.7.5. Sodyum Aljinatın Yapısı

Sodyum aljinat, 1,4-glikozidik bağlarla MM, GG ve MG blokları şeklinde üç şekilde bağlanan β -D-mannuronik asit (M birimi) ve α -L-guluronik asit (G birimi) olmak üzere iki yapısal birimden oluşan dallanmamış doğrusal bir polimerdir ve iki yapısal birimin halkaları farklı yönlerde bir karboksilik grup (-COOH) ve iki hidroksil grup (-OH) ile bağlanmaktadır (Şekil 10) (Andrade ve ark., 2004)(Szekalska ve ark., 2016). Bu da sodyum aljinatın moleküler yapısını değiştirme ve uygulama özelliklerini iyileştirme olanağı sağlamaktadır. Bunlar arasında, iyon türevi jeller SA'nın en önemli işlevsel özelliklerinden biri olmaktadır. Formülasyonda SA tüketmenin avantajları arasında düşük veya hiç toksisite olmaması, jelde tutulan aktif maddelerin yavaş salınması, asidik ortamlara karşı belirli tolerans ve düşük maliyet yer almaktadır (Nezamdoost-Sani, ve ark., 2023). Ayrıca, SA'nın zengin hidroksil grubu kendisine yüksek derecede hidrofobisite kazandırmaktadır. Bu nedenle tek bir SA'nın uygulanması genellikle hidrofobisitesini iyileştirmek için değiştirilmektedir (Hecht ve Srebnik, 2016).



Şekil 10.SA'nın yapısı: monomerler (a), blok dağılımı (b) ve zincir konformasyonu (c) (Andrade ve ark., 2004)

1.7.6. Sodyum Aljinatın Özellikleri

1.7.6.1.Çözünürlük

SA, etanol gibi organik çözücülerde çözünmeyen beyaz veya sarı bir toz olduğu bilinmektedir. Aljinatın çözünürlüğü, karboksil grubunun durumuna (protonlanmış veya iyonize), çözücünün iyonik gücüne ve çözeltideki çapraz bağlı iyonların varlığına bağlı olmaktadır. Karboksil grubu iyonize durumda olduğunda (örneğin, sodyum aljinat), aljinat sulu ortamda çözünmektedir. Çok sayıda polar grubu nedeniyle oldukça hidrofiliktir, bu nedenle suda kolayca çözünmektedir. Viskoz bir koloidal çözelti oluşturmaktadır. Hidroklorik asit varlığında, SA'nın karboksil grubu protonlanarak suda çözünmeyen aljinik asit oluşturmaktadır. Bu da alkali (örneğin NaOH) eklenerek SA'ya dönüştürülebilmektedir (Siddhesh N. Pawar, 2017). Ek olarak, SA moleküler yapısındaki COONa grupları yüksek sıcaklıklarda kolayca CO₂'ye ayrılarak köpük oluşturmaktadır (Chen ve ark., 2017).

1.7.6.2. Jel Yeteneği

Sodyum aljinatın jelleşme özelliği en önemli işlevlerinden biridir, kendi başına zayıf jeller oluşturmanın yanı sıra, iki değerlikli katyonlarla jeller de oluşturabilmektedir. Ana mekanizma sodyum aljinatın iyon kaynaklı iyonlaşması ve onunla çapraz bağlanmaktadır. Farklı iyonik çapraz bağlanmaya göre farklı özellikler göstermektedir

(Nezamdoost-Sani ve ark., 2023). Özellikle Ca^{2+} ; Ca^{2+} 'nin bağlanma yeri, SA omurgasındaki karboksil grubuyla bağlanarak "yumurta kabuğu" tipi bir mekansal yapı oluşturan bitişik guluronik asidin bağlanmasıyla bir boşluk oluşmaktadır.

Genel olarak konuşursak, farklı moleküler zincirlerin M, G oranı ve blok uzunluğu, SA'nın fizikokimyasal özelliklerini farklı derecelerde etkilemektedir. Daha yüksek G blok oranlarına sahip SA ($M/G < 1.0$), Ca^{2+} iyon konsantrasyonunun artmasıyla sert jeller oluştururken, daha yüksek M blok oranlarına sahip olanlar ($M/G > 1.0$) yumuşak ve elastik jel oluşturmaktadır. M fraksiyonu daha yüksek olduğunda, jel daha yumuşak ve daha elastik özellik göstermektedir. SA, pH değişikliklerine karşı hassastır ve pH değeri 3.6'dan (üronik asit kalıntısının pKa değeri) düşük olduğunda, SA'nın moleküler zinciri karboksil grubunun protonlanması nedeniyle küçülecek ve iyonlaşma derecesi azalarak moleküller arasındaki hidrojen bağı yoluyla asidik bir jel oluşturacaktır. Tersine, pH 11'den büyük olduğunda üretilen karboksil anyonu nedeniyle moleküler zincir genişler, bu da kolayca bozulmaya yol açmaktadır. Sistemin viskozitesini azaltmaktadır (Chen ve ark., 2017 ;Draget ve Smidsrød, 1994).

1.7.6.3. Viskozite Özellikleri

Newtonian akışkan davranışı, düşük konsantrasyonlu SA çözeltisi düşük bir oranda kesildiğinde gözlemlenebilmektedir. Psödo-plastisite yüksek bir oranda gözlemlenmektedir. Saf suda çözünen SA'nın viskozitesi hızla artmaktadır ve viskozite $pH = 4-9$ 'da sabit kalmaktadır. $60^{\circ}C$ 'nin üzerindeki yüksek bir sıcaklıkta, aljinatın etkisi moleküler depolimerizasyona ve viskozitede bir azalmaya yol açmaktadır (Ekezie ve ark., 2017). Ancak, SA çözeltisindeki güçlü elektrolitlerin konsantrasyonunun artmasıyla polimer konformasyonu değişmektedir. Bu da viskozitede bir azalmaya neden olmaktadır (Zou ve ark., 2020). Ek olarak, SA'nın viskozitesi moleküler ağırlık, konsantrasyon, sıcaklık ve diğer faktörlerle yakından ilişkilidir. Genellikle, moleküler ağırlık ve konsantrasyon artar ve viskozite artmaktadır. Viskozite, sıcaklığın artmasıyla azalmaktadır.

1.7.6.4. Gıda Koruma Potansiyeli

SA'nın verimi, biyouyumluluğu, toksik olmaması ve çözünürlüğü endüstriyel uygulamalara olanak sağlamaktadır (Ebrahimzadeh ve ark., 2023 ; Zhang ve ark., 2022).

Aynı zamanda, yavaş salınım, jellerin kapsüllemesi ve filmle sarılması, SA'nın gıda koruma için yenilikçi bir teknoloji olabileceğini kanıtlamaktadır. Ancak, SA'nın zayıf mekanik özellikleri, pratik gereksinimleri karşılamayı zorlaştırmaktadır (Ramdhan ve ark., 2020). SA'nın mekanik özelliklerinin nasıl iyileştirileceği ve uygulamaların nasıl çeşitlendirileceği, gıda koruma alanında önemli bir konu haline gelmektedir. Ayrıca, yetersiz koruma etkisi ve biyolojik aktivite kusurları, modifikasyonu ile giderilmektedir (Zhang ve ark., 2022).

1.7.7. Zein bazlı yenilebilir film ve kaplamaların fizikokimyasal özellikleri

Yenilebilir filmler ve kaplamalar, hazırlanmalarında kullanılan, biyolojik olarak parçalanabilir ve toksik olmayan malzemelerin doğasına göre sınıflandırılmaktadır. En yaygın malzemeler polisakkaritler (kitosan, aljinat, karragenan, nişasta, diğer zamklar), proteinler (jelatin, zein, gluten, peynir altı suyu proteini), lipitler (mumlar, parafinler) veya bunların kombinasyonlarıdır, bunların her biri farklı mekanik ve yapısal özellikler sağlamaktadır (Hammam, 2019 : Suhag ve ark., 2020). Özellikle, polisakkaritler en yaygın olarak araştırılan malzemelerdir. Filmleri/kaplamaları iyi gaz bariyeri özellikleri (O_2 , CO_2) göstermektedir. Ancak yüksek su buharı geçirgenliği sergilemektedir (Biliaderis ve ark., 1999 : Dhall, 2013 : Falguera ve ark., 2011). Proteinler ayrıca gazların taşınmasını ve ayrıca aromatik tatların kaybını önleme yetenekleri nedeniyle yenilebilir filmler/kaplamalar için yararlı biyopolimer olmaktadır. Ancak polisakkaritler gibi bunlar da çoğunlukla hidrofilik olmakla birlikte nem emilimine ve su buharı transferi fenomenlerine karşı hassas kalmaktadır. Bir film/kaplama matrisinde yapısal bütünlüklerini kaybetmektedir (Dhall, 2013). Buna karşılık, parlak ve mumsu bir görünüm sergileyen lipit bazlı filmler ve kaplamalar, hidrofobik karakterlerinden dolayı nem bariyeri özelliklerini iyileştirmektedir. Ancak normalde zayıf mekanik mukavemet göstermektedir (Falguera ve ark., 2011). Yenilebilir filmlerin ve kaplamaların mekanik ve bariyer özellikleri ayrıca çözülmüş bileşenlerin konsantrasyonuna, çözeltinin viskozitesine ve kurutma işlemine bağlı olan film kalınlığı tarafından yönetilmektedir (Lin ve Zhao, 2007).

Zein, mısır endospermünde depolama proteini olarak bulunmaktadır. Mısır işleme endüstrisinin önemli bir yan ürünü olan hidrofobik amino asitler açısından zengin bir proteindir. Birçok araştırmacı, zein filmlerinin mikrobiyal büyümeyi, su difüzyonunu ve

oksidasyonu engelleyebilecek mükemmel su bariyer özelliklerine sahip olmaktadır. Yine de saf zein filmleri oldukça kırılmandır ve bu da ürünler üzerindeki uygulamalarını kısıtlamaktadır (Mushtaq ve ark., 2018 ; VimalaBharathi ve ark., 2020 ; Zhang ve ark., 2015). Bu nedenle, plastikleştiriciler genellikle mekanik özelliklerini (örn. çekme mukavemeti ve kopma uzaması) ve diğer fizikokimyasal özelliklerini iyileştirmek için zein bazlı filmlere dahil edilmektedir. Zein bazlı filmlerde test edilen plastikleştiriciler hem amfifilik (örn. oleik, laurik, palmitik, stearik ve linoleik asitler) hem de polar (örn. polioller, şekerler) bileşiklerdir (Lai ve Padua, 1997 ;Zhang ve ark., 2015).

Buğday ekmeği, dünya çapında en çok tüketilen tahıl ürünlerinden biridir ve insan beslenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü onu önemli bir enerji kaynağı (nişasta - proteinler), lif bileşenleri, antioksidanlar ve ayrıca çoğunlukla temel unun bileşimine bağlı olarak çeşitli mikro besinler (vitaminler, mineraller vb.) içermektedir. Buğday unu, su ve tuzun karıştırılmasıyla yapılan ve *Saccharomyces cerevisiae* mayası tarafından fermente edilen ekmek, bileşen karıştırma, hamur mayalama ve pişirme sırasında un bileşenlerinin etkileşime girmesiyle yapılandırılmıştır. Gazların dahil edilmesiyle oluşan kararsız elastik bir matris olmasıyla birlikte hidratlı açık köpük veya sünger benzeri bir ağ oluşturmaktadır (Amigo ve ark, 2016).

Moleküler düzeyde, nişasta granüllerinin şişmesi ve jelatinleşmesi nedeniyle yıkılmış nişasta polimerleri ile çapraz bağlı glüten moleküllerinden oluşan hidratlı elastik kompozit bir ağdan oluşmaktadır. Nişasta granüler kalıntılarını belirgin deforme edilebilir parçacıklar olarak hapsedmektedir (Biliaderis, 2009 ;Gray ve Bemiller, 2003). Ancak, ekmeğin kalitesi, ekmek bayatlaması olarak adlandırılan fizikokimyasal süreçlerin birleşimi nedeniyle pişirmeden sonra hızla düşmektedir. Bu ürünü kısa raf ömrüne sahip işlenmiş gıdalar arasına sokmaktadır. Ekmek bayatlaması, depolama sırasında gerçekleşen karmaşık bir olgudur ve kırıntının sertleşmesi, kabuğun yumuşaması ve pişmiş ürünün karakteristik taze aromasının kaybı ile ilişkilendirilmektedir (Gray ve Bemiller, 2003). Ekmeğin bayatlamasının en olası nedenleri, kırıntıdan kabuğa ve glütenden nişastaya su göçüdür, bu da daha fazla plastikleşme nedeniyle nişastanın gerilemesine ve glütenin susuz kalması nedeniyle kauçuktan camsı duruma geçişine neden olmaktadır (Curti, ve ark., 2017 ;Gray ve

Bemiller, 2003 ; Kotsiou ve ark., 2022) Her iki olgu da daha sıkıştırılmış ve güçlü polimerik ağlarla sonuçlanmaktadır.

Ekmek bayatlaması, önemli bir çevresel ayak izi bırakarak en büyük gıda atığı kaynağından sorumlu olmaktadır. Bununla birlikte, ekmek kırıntısı nem kaybının kontrolü ve ekmek kırıntısı-kabuk nem gradyanının azaltılmasının ekmek bayatlamasını azalttığı ve algılanan ekmek kırıntısı yumuşaklığını iyileştirdiği tespit edilmektedir (Chen ve ark., 2021 ; Curti ve ark., 2017).

Yenilebilir kaplamalar veya filmler, özellikle ürün ile çevresindeki ortam veya bir kompozit gıda maddesinin yapısal bileşenleri arasındaki su buharı değişimini azaltmak için uygun mekanik ve hidrofobik özelliklere sahip olduklarında, meyve-sebze ve fırın ürünleri gibi bozulabilir gıda ürünlerinin raf ömrünü korumak veya uzatmak için yenilikçi bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Yenilebilir bir kaplama veya film, genellikle 0,3-0,5 mm'den daha az kalınlıkta, yutulabilen ve gıda ürününün duyu nitelikleri ve/veya diğer fizikokimyasal özellikleri üzerinde herhangi bir olumsuz etki yaratmadan birincil ambalaj görevi gören ince (genellikle 0,3-0,5 mm'den daha az kalınlıkta) sürekli bir biyopolimer veya lipid bazlı formülasyon tabakası olarak tanımlanmaktadır (Hassan ve ark., 2018). 'Yenilebilir filmler' ve 'kaplamalar' terimleri arasındaki ayrım, bunların gıda ürünlerinde uygulanması için kullanılan tekniklerde yatmaktadır. Yenilebilir film önceden oluşturulup daha sonra ürüne yapıştırılırken, yenilebilir kaplama doğrudan gıdanın yüzeyine daldırma (daldırma), püskürtme veya fırçalama yoluyla uygulanmaktadır (Bourtoom, 2008 ; Hassan ve ark., 2018 ; Lazaridou ve Biliaderis, 2020 ; Suhag ve ark., 2020).

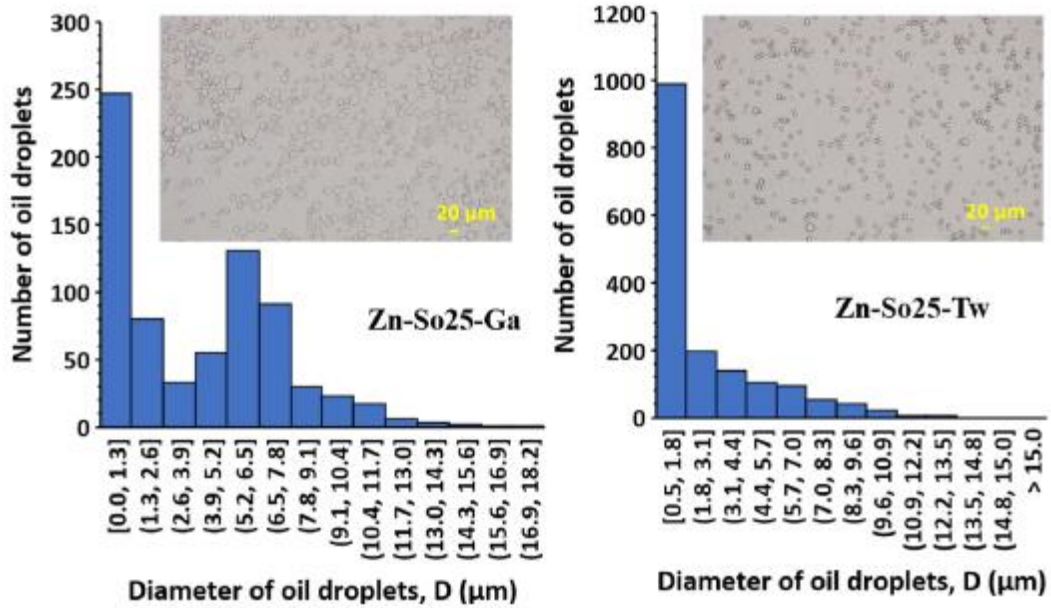
Döküm tekniği, laboratuvar ve pilot ölçekli film oluşumu için en sık kullanılan yöntem olmaktadır. Biyopolimer(ler)in uygun bir çözücüde çözündürülmesini, bir kalıba dökülmesini ve kurutulmasını içermektedir (Lazaridou ve Biliaderis, 2020 ; Suhag ve ark., 2020). Yenilebilir kaplamalar için daldırma yöntemi, bir ürünün kaplama oluşturan sıvı dispersiyonuna daldırılması, biriktirilmesi ve ısıtma veya kurutma yoluyla çözücünün buharlaştırılmasından oluşmaktadır. Püskürtme, bir dizi nozul (jet akımı) aracılığıyla ince bölünmüş damlacıklar biriktirerek ürün yüzeyinde bir sıvı tabakası oluşturan alternatif bir teknik olduğu bilinmektedir. Daldırma ile karşılaştırıldığında, püskürtme iki önemli avantaj sunmaktadır. Özellikle düzensiz yüzeylerde daha düzgün

bir kaplama tabakası oluşturmaktadır (Bravin ve ark., 2006). Alternatif olarak, film solüsyonunun yumuşak bir fırça ile ürün yüzeyine yayılması yöntemi diğer iki tekniğe kıyasla daha az uygulama alanı bulmaktadır.

1.7.7. Zein Bazlı Filmlerin Karakterizasyonu

1.7.7.1. Zein Su Buharı Geçirgenliği

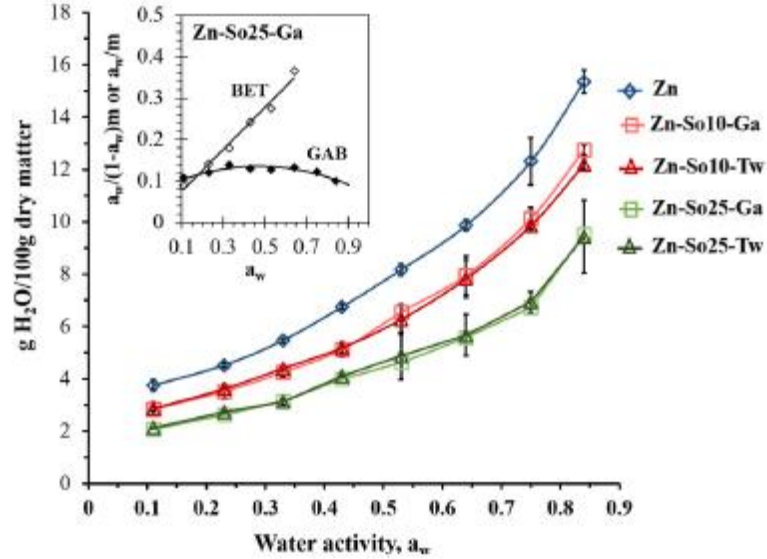
Zein bazlı filmlerin sorpsiyon izotermi, 0,11'den 0,64'e kadar artan su aktivitesiyle artan denge nem içeriğinin hafifçe eğrisel bir tepkisini ve 0,84'e kadar daha fazla aw artışıyla daha keskin bir artışı ortaya koymaktadır (Şekil 11). Bu da önceki çalışmalarda diğer zein içeren filmler için bulunan izoterm eğrilerinin karakteristik şekline benzemektedir (Lai ve Padua, 1998 ;Romero-Bastida ve ark., 2004 ; Tillekeratne ve Easteal, 2000 ; Wang ve Padua, 2004 ; Wei veBaianu, 1999).



Şekil 11. Zein bazlı ayçiçeği yağı etanol-su emülsiyonları (Lai ve Padua, 1998 ; Romero-Bastida ve ark., 2004 ; Tillekeratne ve Easteal, 2000 ; Wang ve Padua, 2004 ; Wei ve Baianu, 1999)

Benzer şekilde, tüm zein bazlı filmler, hidrofobik yapıları nedeniyle %84 RH'de şartlandırılan numuneler için nispeten düşük denge nem içeriği sergileyerek ~%15'e (kuru madde) kadar ulaşmaktadır (Şekil 12) Yağ konsantrasyonuna bağlı bir şekilde kompozitzein filmlerine ayçiçeği yağı emülsiyonunun dahil edilmesi nedeniyle denge neminde daha fazla azalma olmaktadır. Ayçiçeği yağı, filmin hidrofobik karakterini

daha da artırarak su-film etkileşimlerini zayıflatmaktadır. Böylece su emme eğrilerinin kademeli olarak aşağı doğru kaymasına neden olmaktadır (Christos-KonstantinosMouzakitis ve ark., 2022).



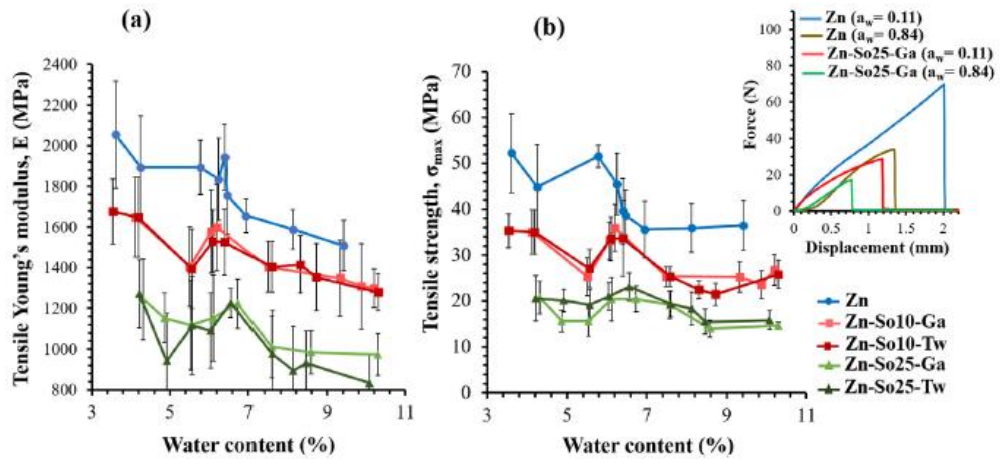
Şekil 12. Zein bazlı filmlerin (25°C) sorpsiyon izotermi (Christos-KonstantinosMouzakitis ve ark., 2022)

1.7.7.2. Zein Su Emilimi Geçirgenliği

Zein gibi hidrofobik filmlere hidrofilik plastikleştiricilerin (gliserol gibi) eklenmesi genellikle onlar üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir ve suyun film bileşenleriyle moleküller arası etkileşimlerini artırarak kompozit filmlerin su buharı geçirgenliğini artırmaktadır. Bunun yerine, yağlar gibi hidrofobik plastikleştiriciler filmlerin su buharı geçirgenliğini etkilememektedir. Hidrofobik plastikleştiriciler polimerik ağı moleküllerine müdahale etse de (zincirler arası ilişkilerin azalması), kompozit matrisin hidrofobikliğini sürdürdüğü veya artırdığı görülmektedir. Bu bağlamda, Xu, Chai ve Zhang (2012) film formülasyonundaki gliserol konsantrasyonunu artırarak zein filmlerinin su buharı geçirgenliğinde bir artış olduğunu bildirirken, oleik asit seviyelerinin artmasıyla su buharı geçirgenliğinde hafif bir azalma olduğu kaydedilmektedir.

1.7.7.3. Zein Mekanik özellikler

Zein filmleri genellikle kırılğan malzemeler olarak bilinmektedir. Bunları daha esnek hale getirmek için bir plastikleştiricinin eklenmesi gerekmektedir. Mevcut çalışmada, iki farklı konsantrasyon seviyesinde (10 ve 25% kuru ağırlık bazında) plastikleştirici olarak ayçiçeği yağı eklenmesinin ve su içeriğinin zein filmi çekme parametreleri, Young modülü (E) ve çekme mukavemeti (σ_{max}) üzerindeki etkisi değerlendirilmektedir (Şekil 13). Zein filmine veya kaplamalara ayçiçeği yağının eklenmesi, bunların pürüzlü yüzeyli gıda ürünlerine, örneğin ekmek veya sebze-meyve ürünlerine uygulanmasını kolaylaştırmaktadır. (Bertan ve ark., 2005 ; Nilsuwan ve ark., 2016 ; Xue ve ark., 2019).



Şekil 13. Su ve ayçiçeği yağı içeriğinin zein bazlı filmlerin çekme Young modülü, E (a) ve çekme mukavemeti, σ_{max} (b) üzerindeki etkisi (Bertan ve ark., 2005 ;Nilsuwan ve ark., 2016 ; Xue ve ark., 2019)

Bu çalışmada Prunus avinum (PL) yaprak özütü ile sodyum aljinat bazlı biyolojik olarak parçalanabilir yenilebilir bir film incelenmiştir. Ayrıca Ultrason Destekli (US) ön işleminin yenilebilir film üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Bu çalışmanın amacı aljinat ve zein bazlı yenilebilir filmlerin gıda güvenliğini artırma, raf ömrünü uzatma, kalite kayıplarını azaltmayı hedeflemiştir. Aljinat zein bazlı yenilebilir filmlerin aynı zamanda mikrobiyal yükü azaltarak gıdaların besin değerini zenginleştirmektedir. Bu nedenle bu çalışmada film numuneleri biyolojik (antioksidan aktiviteler ve antimikrobiyal özellikler), mekanik ve fiziksel özelliklere göre araştırılma yapılmıştır.

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Materyal

Sodyum aljinat Incom'dan (Mersin, Türkiye) satın alındı. Quercetin (safılık > %99), gliserol ve lesitin Sigma-Aldrich'ten satın alınmıştır. Bu çalışmada kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır. *Escherichia coli* (ATCC 11230) Erciyes Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Gıda Biyoteknolojisi Laboratuvarı'ndan (Kayseri, Türkiye) sağlanmıştır.

2.2. Yöntem

2.2. *Prunus Avium* Yaprağı Ekstresinin Hazırlanması

Prunus avium yaprakları Türkiye'nin Kayseri ili Hisarcık ilçesindeki bir bağdan toplanmıştır. Ekstraksiyon Dursun Çapar (2023) yayınında tanımlanan ekstraksiyon yönteminde ufak değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir. Yapraklar Saldierna Guzm ve ark. (2020) tarafından kullanılan yönteminde ufak değişiklikler yapılarak yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Sterilizasyon yöntemi %8,25 NaHCl (sodyum hipoklorit, v/v) ile 5 dakikalık yıkamadan ve ardından sodyum hipoklorit uzaklaştırılınca kadar yaprakların 30 dakika damıtılmış suyla yıkanmasından oluşmaktadır. Daha sonra yapraklar filtre kağıtlarına yayılmıştır. Yapraklar oda sıcaklığında (20 °C) 24 saat hava ile kurutulmuş ve ince bir toz haline getirilmiştir. Öğütülmüş numuneler 5 µm gözenek boyutuna sahip bir elekten geçirilerek on gram yaprak tozu 100 mL damıtılmış suya (1/10, w/v) batırılmış ve 200 rpm'de 24 saat karıştırılmıştır. Ardından 15 dakika boyunca 9000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Üstteki sıvı toplandıktan sonra, 0,45 µm'lik bir şırınga filtresinden (Sartorius, Almanya) süzülmüştür. Bu, *Prunus avium* yaprak özütü (PL) olarak kullanılmıştır.

2.3. Yenilebilir Film Üretimi

Yenilebilir film, Shivangi ve ark. (2021) yayınında tanımlanan yöntemle ufak değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir. 0,25 g sodyum aljinat, 100 mL damıtılmış suda (%1, w/v) çözülmüş ve oda sıcaklığında bir gece boyunca karıştırılmıştır. Karışıma gliserol (%2, plastikleştirici) ve zein (%1, emülgatör) eklenmiş ve 30 dakika karıştırılmıştır (kontrol). Aljinat, gliserol ve zein konsantrasyonları ön testlerle belirlenmiştir. Gallik asit (biyoaktif bileşen) ve PL karışıma ayrı ayrı (3 farklı film örneği; kontrol, gallik asit ve PL) farklı oranlarda eklenmiştir (%5, %10 ve %20; v/v). Biyoaktif bileşenlerin konsantrasyonu mevcut literatüre (Shivangi vd., 2021) ve ön çalışmamıza uygun olarak belirlenmiştir. Ön çalışma, %10'dan fazla eklemeye oluşan filmin yapışkan ve pürüzsüz olmadığını göstermiştir. Ayrıca, karışımın parçacık boyutunu nano boyutlara düşürmek için; kontrol, gallik asit ve PL karışımları darbe 0,5'e ayarlanarak 10 dakika boyunca 40 kHz frekansta çalıştırılan bir ultrasonik cihazla (UP400S, Hielscher, Almanya) çalıştırılmıştır (3 farklı film örneği; kontrol-US, gallik asit-US ve PL-US). Çözüm olarak US ön işlem uygulanması, nano ölçeği doğrulamak için ön deneylerle optimize edilmiştir.

Parçacık boyutu ölçümleri (Zetasizer ZS90 cihazı, Malvern Instruments, İngiltere) US uygulaması farklı zamanlarında üç kez tekrarlanmıştır. Ultrasonikasyon sırasında ısınmayı önlemek için beherler buzla kaplanmıştır. Ultrasonik destekli cihaz, sıcaklığın 10°C'nin altında kalmasını sağlayan bir sıcaklık sensörü ile doluydu. Üçü ultrasonik bir cihazla (kontrol, gallik asit ve PL) işlenerek ve diğer üçü ultrasonik işlem görmeden olmak üzere toplam altı farklı tipte aljinat bazlı yenilebilir film hazırlanmıştır. Hava kabarcıkları bir sonikatörde gazı alınarak uzaklaştırıldıktan sonra, süspansiyonlar (25 mL) bir döküm tepsisine (10 mm × 10 mm) dökülmüştür. Filmler bir inkübatörde (Nuve, Türkiye) 30 °C ve %58 ± 2 bağıl nemde 24 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutulan filmler fermuarlı bir pakete yerleştirilmiş ve 28 °C, %60 RH'de muhafaza edilmiştir.

2.4. Filmin Karakterizasyonu

2.4.1. FT-IR Analizi

Film örneklerinin FTIR analizi, elmas/ZnSe kristali içeren zayıflatılmış toplam yansıma (ATR) örnekleme cihazıyla donatılmış, orta IR modunda bir spectrum 400 spektrometresi (Perkin Elmer 400, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. FT-IR spektrumları, 32 taramanın eş zamanlı olarak eklenmesiyle ve 4 cm^{-1} çözünürlükte 400-4000 cm^{-1} aralığında ölçülmüştür (Dursun Çapar ve Yalçın, 2021).

2.4.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

Film örneklerinin mikro yapıları, EDX ve WDX 600i X-Ray spektrofotometresi ile donatılmış taramalı elektron mikroskobu (SEM LEO 440 Stereoscan) ile gözlenmiştir. Her film örneği için beş farklı görüntü alınmıştır (Dong ve diğerleri,2023).

2.4.3. Film Renk ve Beyazlık İndeksi

Yenilebilir filmlerin rengi bir HunterLab kalorimetresi ile ölçülmüştür. (Minolta, CM5, Japonya). Renk, L^* (açıklık-koyuluk), a^* (kırmızı-yeşil) ve b^* (sarı-mavi) değerleri olarak ifade edilirken, beyazlık indeksi (WI) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Ranjbaryan ve ark., 2019).

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

2.4.4. Kalınlık, Su Aktivitesi ve Nem İçeriği

Film örneklerin kalınlığı dijital bir mikrometre ile en yakın 0,001 mm'ye kadar filmlerin beş farklı noktadan ölçülmüştür (Wu ve diğerleri, 2019). Film yoğunluğu, Sun ve diğerleri (2017) tarafından açıklandığı gibi belirlenmiş ve film ağırlığının hacmine oranı olarak hesaplanmıştır (hacim, filmlerin alanına ve kalınlığına göre hesaplanmıştır).

Su aktivitesi analizi, bir su aktivitesi ölçer (AquaLab, Series 3 TE, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her film örneği için üç bağımsız ölçüm alınmıştır (Shivangi ve

diğerleri, 2021). Su aktivitesinin ölçümü için kullanılan cihazda okuma gözüne yenilebilir film örnekleri yerleştirilerek analiz gerçekleştirilmiştir. Şekil 14'de temsili şekil yer almaktadır.



Şekil 14. Su aktivitesi ölçüm cihazının okuma gözü

Örneklerin nem içerikleri Jim'enez ve ark. (2012)'nin yönteminde küçük değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. 1 cm × 3 cm film örnekleri hazırlanmış ve tartılmıştır (W1). Örnekler 105 °C'de 24 saat kurutulmuş ve tekrar tartılmıştır (W2). Nem içeriği aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Nem İçeriği} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100\%$$

2.4.5. Mekanik Özellikler

Film örneklerinin çekme dayanımı (TS), kopma uzaması (EAB) ve elastik modülü (EM) gibi mekanik özellikleri, 50 kg yük hücresiyle donatılmış bir doku analizörü (TA.XT Plus, Stable Micro Systems, Goldaming, İngiltere) ile test edilmiştir. Film örneklerinin mekanik özellikleri, önceki literatüre göre küçük değişiklikler yapılarak belirlenmiştir (Ranjbaryan ve diğerleri, 2019). Film örnekleri, mekanik özelliklerin belirlenmesi için 80 mm × 50 mm şeritlere kesilmiştir.

Her bir film şeridi, cihazın kavrama yerlerine 100 mm boşluk ve 60 mm/dakika crosshead hızıyla sabitlenmiştir. Testlerden önce, film numuneleri 48 saat boyunca 30°C'de %58 RH'de koşullandırılmıştır.

2.4.6. Biyoaktivite Analizi

2.4.6.1. Toplam Fenolik İçerik

Filmlerin TPC'si Wu ve arkadaşları (2019) tarafından açıklanan yöntemle göre küçük değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. Kısaca, 50 mg film numuneleri 6 mL damıtılmış suda çözüldü ve oda sıcaklığında 24 saat tutulmuştur. 30 µL numune özütü 150 µL Folin-Ciocalteu ve 120 µL Na₂CO₃ ile karıştırılmıştır. Absorbans ölçümü 1 saat sonra 750 nm'de bir mikro okuyucu (MultiScan FC, ThermoFisher, ABD) tarafından alınmıştır. Sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g film olarak ifade edilmiştir.

2.4.6.2. Antioksidan Aktivite Analizi (DPPH)

Film örneklerinin radikal süpürücü aktivitesi, Martins ve arkadaşlarına (2012) göre bazı değişikliklerle radikal 2,2-difenil-1- pikrilhidrazil (DDPH) kullanılarak belirlendi. Film örnekleri tartılmış (100 mg) ve 2 mL metanol içeren bir tüpe konulmuştur. Karışım oda sıcaklığında 3 saat karıştırılmıştır. Santrifüjlemeden sonra, üstteki kısım DPPH açısından analiz edilmiştir. Üstteki kısımdan 30 µL ve 270 µL DPPH çözeltisi (0,1 mM) mikrokuyucu kuyusuna eklenmiştir. Örnek absorbansı, 5 dakika karıştırma ve 55 dakika tutma sonrasında bir mikrokuyucu (MultiScan FC, ThermoFisher, ABD) tarafından 520 nm'de ölçülmüştür. Süpürücü aktivite DPPH %'si aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır:

$$DPPH (\%) = \left[1 - \frac{\text{sample absorbance}}{\text{control absorbance}} \right] \times 100$$

2.4.6. Antimikrobiyal Aktivite

Film örneklerinin E. coli bakterilerine karşı antimikrobiyal aktivitesi kağıt disk difüzyon testi kullanılarak ölçülmüştür. 10⁶ CFU/mL organizma içeren inokulumlar besin agar ortamının yüzeyine yayılmıştır. 15 mm çapındaki film örnekleri her plakaya yerleştirilmiştir. 24 saat boyunca 37 °C'de inkübe edilmiştir. İnhibisyon bölgeleri bir kumpasla ölçülmüştür ve milimetre olarak kaydedilmiştir (Maftoonazad ve diğerleri, 2019).

2.4.7. İstatistiksel Analiz

Tüm sonuçlar Minitab 17.3.1 (Amerika Birleşik Devletleri) yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Grafikler Origin yazılımı (SR, b9.5.1.195, ABD) kullanılarak çizilmiştir. Üç deneyden standart sapmalar hesaplanmıştır. Ortalamalar arasındaki farklar, $p < 0,05$ anlamlılık düzeyinde Tukey testi kullanılarak analiz edilmiştir.



3. BÖLÜM

BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1.Filmlerin Karakterizasyon Analizleri

3.1.1.Fourier dönüşümü kızılötesi (FT-IR) spektrumları

FTIR matematiksel Fourier dönüşümü yöntemi ile ışığın infrared yoğunluğuna karşı dalga sayısını ölçen kimyasal analitik bir yöntemdir. FTIR analizi, moleküller arası etkileşimleri ve film matrisinin yapısındaki değişiklikleri anlamaya olanak sağlamaktadır. Dalga sayısına karşılık gelen bileşenler Şekil 15’de gösterilmiştir.

Dalga sayısı/aralık cm^{-1}	Baskın bileşenler
3000-2800	Yağ asitleri
1700-1500	Amid bölgesi; amid I amid II bantları (proteinler ve peptitler)
1500-1200	Karma bölge; proteinlerin karboksilik grupları, serbest aminoasitler, polisakkaritler, yağ asitleri ve fosfat taşıyan bileşenler
1250-1200	RNA/DNA, fosfolipitler
1200-900	Polisakkarit bölge; hücre duvarında bulunan karbohidratların parmak izi benzeri absorpsiyon bantlar
<900	Doğru parmak izi bölgesi; bazı belirli spektral desenleri ifade eden, henüz tam tanımlanmamış hücre bileşenleri veya fonksiyonel gruplar

Şekil 15. Dalga sayısına karşılık gelen bileşenler

Deney, her film numunesi için üç tekrar halinde gerçekleştirilmiştir. FT-IR analizinin sonuçları Şekil 16 ve 17 'da gösterilmektedir.

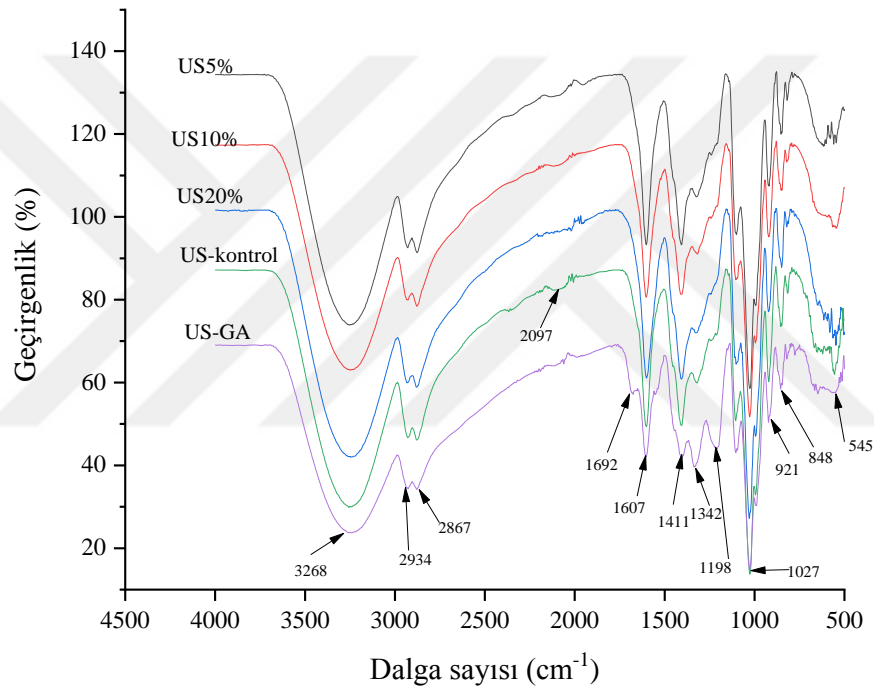
Üretilen tüm filmler, farklı genliklerde benzer tepeler göstermiş ve ek tepe oluşmamıştır. Bu da aljinat ve PL, gallik asit içeren filmler arasında yeni kovalent

bağların oluştuğunu gösteriyor. Bu nedenle, bileşikler arasındaki etkileşimlerin fiziksel tepkiyle ilişkili olma olasılığı daha yüksektir (Wu ve ark., 2019). Bu, literatürdeki önceki bulgularla iyi örtüşmektedir. (Lei ve ark., 2019; Sun ve ark., 2017; Shivangi ve ark., 2021). Tüm film örnekleri için, 3271 cm^{-1} 'de güçlü ve geniş bir tepe O-H gerilme titreşimlerine atanmıştır. Aljinat filmlerin diğer karakteristik zirveleri 2941, 2886 ve 2065 cm^{-1} 'de gözlenmiştir. Bunlar sırasıyla C-H'nin gerilmesi, COO'nun asimetrik gerilme titreşimi ve CO grubunun uzamasıyla ilişkilendirilmiştir. 3271 cm^{-1} 'deki absorbans US ile işlenmiş film örneklerinde daha yoğun olduğu gözlenmiştir. En güçlü O-H etkileşimlerini göstermiştir. Ultrason tedavisinin etkileşimleri desteklediğini göstermiştir. Bu da önceki bir çalışmaya benzemektedir (Xing ve diğerleri, 2019). 2941 cm^{-1} 'deki ikinci tepe, C-H'nin gerilme titreşim emilimine atfedilebilir. 2886 cm^{-1} 'deki üçüncü tepe, karboksil grubu C–O'nun gerilmesini temsil etmektedir.

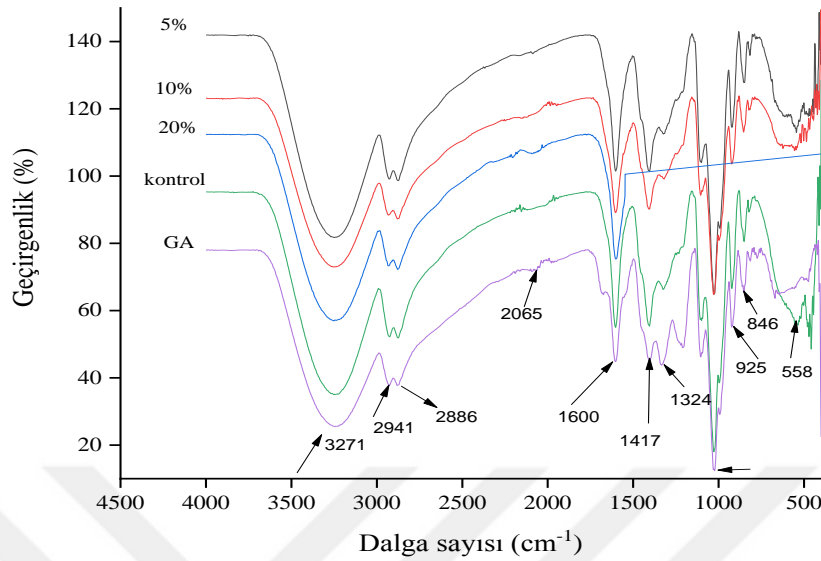
Kontrol-US, gallik asit, gallik asit -US ve PL-US film örnekleri kontrol ve PL'den daha güçlü C=O etkileşimleri göstermiştir. Yaklaşık $3000\text{--}3200 \text{ cm}^{-1}$ 'deki örneklerde -COOH grubundan kaynaklanan hidrojen bağları US maruziyetinden sonra önemli ölçüde değişti. Kontrol ve PL'nin $3000\text{--}3500 \text{ cm}^{-1}$ 'deki tepe yoğunluğu diğer örneklerden daha azdır. Ancak, US ile tedavi edilen örneklerin tepe yoğunluğu artmıştır. Bu sonuç, US'nin -COOH dimerlerini kırmada etkili olduğunu ve -COOH veya su moleküllerinden gelen serbest OH gruplarının popülasyonunu artırdığını göstermektedir. Örneklere US maruziyetiyle, 1700 cm^{-1} 'deki bantın yoğunluğu artmıştır. Bu sonuç, su moleküllerinin US maruziyetinden sonra örneklerdeki (Kontrol-US, gallik-US ve PL-US) C=O grubuyla ilişki kurabileceğini göstermektedir. $3100\text{--}3400 \text{ cm}^{-1}$ 'deki zirvenin saf gallikasit'teki ilişkili hidroksil grubundan gerilme emilimini ve 1612 cm^{-1} 'in C=O gerilmesini ifade ettiğini ortaya koymaktadır (Wang ve diğerleri, 2020). Bu nedenle, zirve yoğunluğu PL'den daha fazladır. Gallik asit ve aljinat arasındaki hidrojen bağı etkileşimine katkıda bulunan $3000 \sim 3500 \text{ cm}^{-1}$ arasındaki emilim bandı, gallik asit'in film çözeltisine başarıyla gömüldüğünü göstermektedir. Tüm bu veriler, US maruziyetinin film çözeltisindeki -C=O grubuna suda çözünmeyi artırdığını göstermektedir. Ayrıca, 1411 cm^{-1} ve 1027 cm^{-1} 'de gözlenen pikler, US ile tedavi edilen film örneklerinde daha yoğun olan C-O-H gerilme titreşimleriyle ilişkili olduğu gözlenmiştir.

Gbassi ve arkadaşları (2012) dalga boyu 3500-3100 cm^{-1} arasındaki bant O-H arasındaki germe titreşimine atfedildiğini belirtmişlerdir (Kher ve ark., 2007).

Tian ve arkadaşları (2018) sitralin FTIR spektrum piklerini incelemiş 2918 cm^{-1} - 2852 cm^{-1} civarındaki piklerin sırasıyla CH₃ ve CH₂ esneme titreşimlerine atfetmişlerdir. 1674 cm^{-1} tepe noktası C=O germe titreşimine, 1445 cm^{-1} tepe noktası C=C titreşimine, 1349 cm^{-1} tepe noktası CH₃ esneme titreşimine bağlamışlardır (Martiny ve ark., 2020).



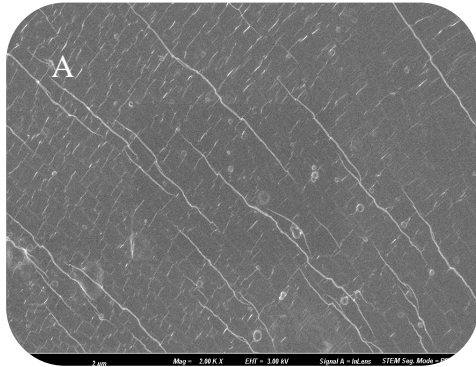
Şekil 16. US Uygulanan Film Örneklerin FTIR spektrumları



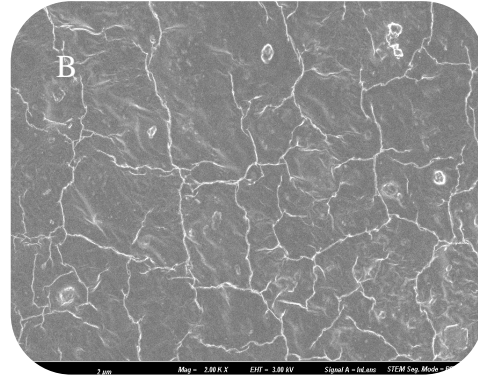
Şekil 17. US Uygulanmayan Örneklerin FTIR spektrumları

3.2.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi

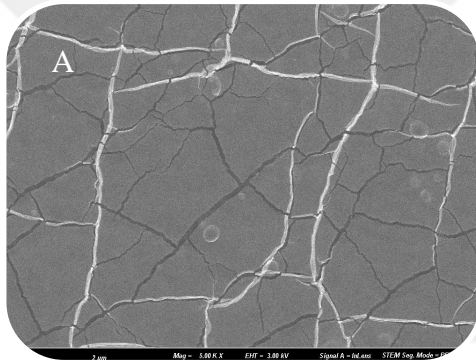
Aljinat bazlı filmlerin morfolojik değişimleri, filmler hakkında ayrıntılı yapısal bilgi sağlayan taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Şekil 19'den, kontrol filmleri hariç, filmlerin yüzeyinin çatlak veya gözenek olmadan homojen, pürüzsüz ve mikro yapılara sahip olduğu gözükmemektedir. Bu, biyoaktif bileşiklerin (gallik asit ve PL) eklenmesinin uyumluluğu ve film oluşturma özelliklerini artırdığını göstermektedir. PL'nin eklenmesinden sonra, filmin yüzeyi kontrolden daha pürüzsüz hale geldi ve bu da aljinat ile özüt arasında iyi yapışma ve bütünlük olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, dut yaprağı özütüyle harmanlanmış pektin bazlı yenilebilir filmler üzerinde çalışan Shivangi ve ark. (2021) de pürüzsüz ve homojen mikro yapılar bulmuştur. Benzer gözlemler Wu ve ark. (2019) tarafından da bildirilmiştir.



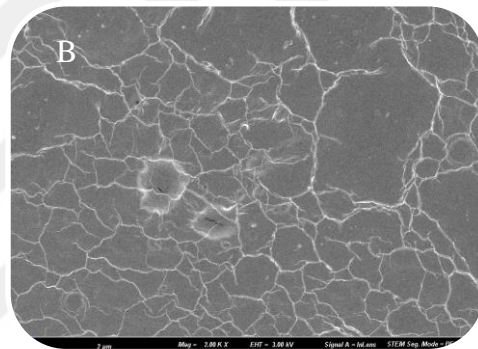
kontrol US-, 2 μm, 2KX



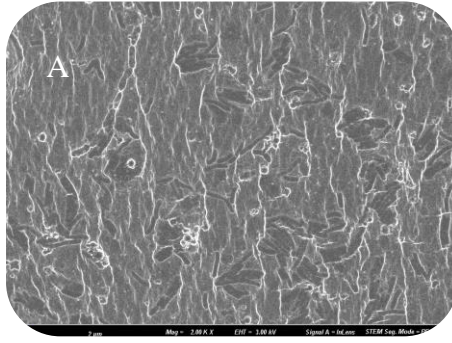
kontrol US+, 2 μm, 2KX



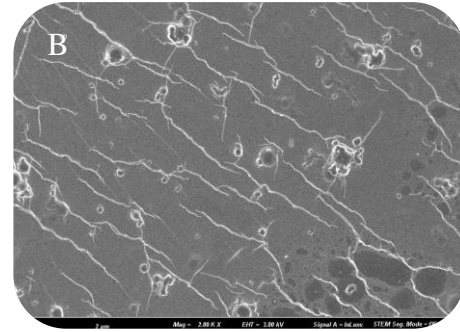
Gallik US-,
2 μm, 2KX



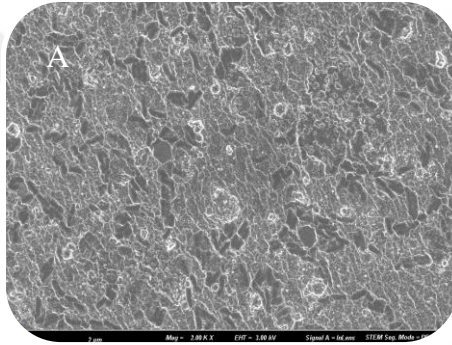
Gallik US+,
2 μm, 2KX



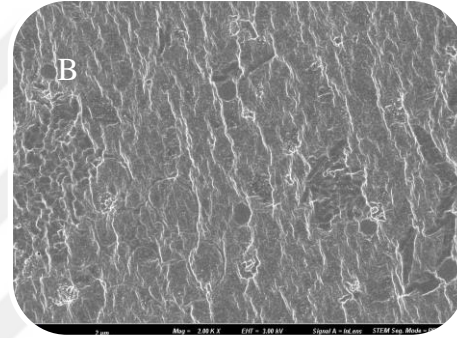
%5 US-,
2 μm , 2KX



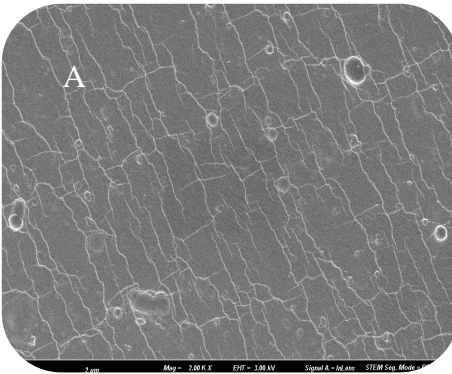
%5US+,
2 μm , 2KX



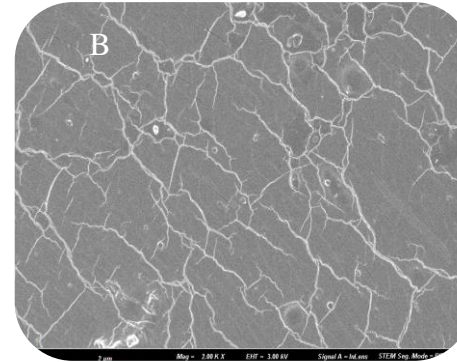
%10 US-,
2 μm , 2KX



%10 US+,
2 μm , 2KX



%20 US-,
2 μm , 2KX



%20 US+,
2 μm , 2KX

Şekil 19. Film örneklerinin SEM görüntüleri a) US ön işlemi uygulanmamış film örnekleri, b) US ile ön işlem uygulanmış film örnekleri

Vera ve diğeri (2020) tarafından yapılan çalışma, kinoa proteini/kitosan yenilebilir filmlerinin US ile ön işlem uygulanmasının gözenekler ve kanallar olmadan yüzeyi daha homojen hale getirdiğini göstermiştir.

US ile önceden ön işlem uygulanan zein film örnekleri, uygulamayan filmlere göre daha pürüzsüz ve daha homojen yüzeylere sahip olduğu gözlenmiştir. Ancak, US ile önceden ön işlem uygulanan PL film örneklerinde, uygulamayan PL filmlere kıyasla bazı granüller olduğu ancak çatlakların bulunmadığı gözlenmiştir.

3.2.4. Renk Parametreleri (Film rengi ve beyazlık indeksi analizi)

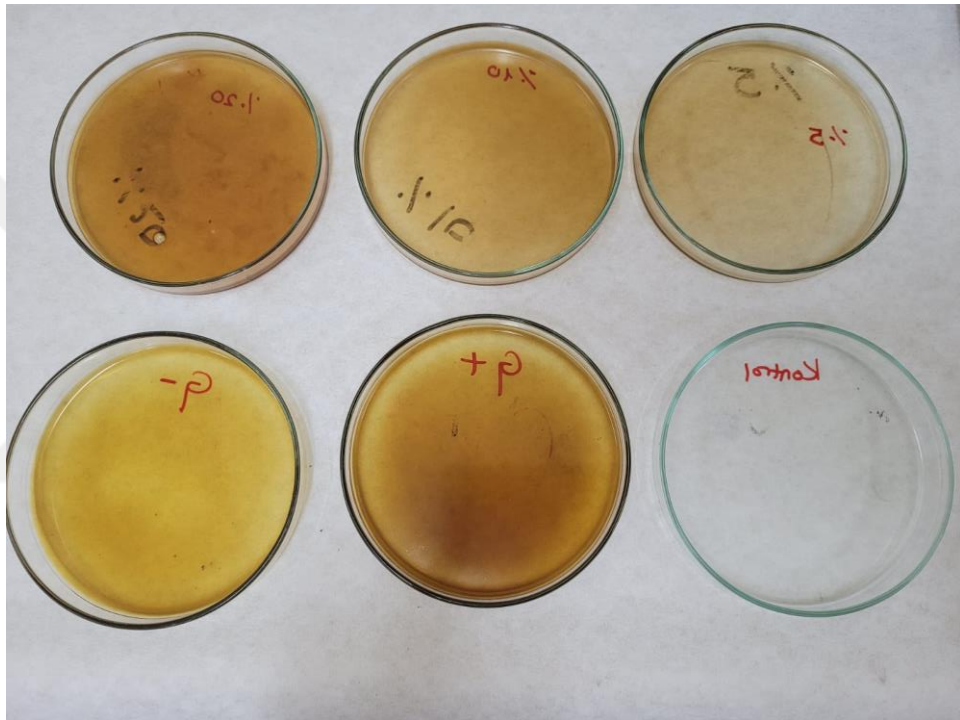
Yenilebilir film örneklerinin Tablo 2’de renk parametreleri L^* (açıklık-koyuluk), a^* (kırmızı-yeşil) ve b^* (sarı-mavi) değerleri, beyazlık indeksi (WI) hesaplanmıştır.

Tablo 2. Ölçümü yapılan renk parametreleri ve beyazlık indeksi

Film Renk Özellikler				
	L^*	a^*	b^*	Beyazlık indeksi (WI)
Kontrol	46,77 ^a	-0,54 ^f	0,68 ^d	32,1559 ^a
Kontrol -US	46,77 ^b	0,54 ^{cf}	0,47 ^d	46,76 ^b
Gallik asit	17,74 ^d	0,59 ^d	6,15 ^a	17,5 ^c
Galli asit-US	18,52 ^d	3,13 ^a	3,83 ^c	18,36 ^c
5%	19,41 ^d	0,2 ^{de}	3,68 ^{bc}	19,32 ^c
%5-US	22,91 ^c	0,22 ^{de}	3,41 ^c	22,83 ^c
10%	17,83 ^d	1,76 ^c	5,01 ^b	17,65 ^c
%10-US	24,68 ^c	1,36 ^c	2,83 ^c	24,61 ^{bc}
20%	18,11 ^d	1,68 ^c	1,22 ^d	18,08 ^c
%20-US	19,08 ^d	2,4 ^b	3,76 ^{bc}	18,95 ^c

Yenilebilir filmlerin renk özellikleri, tüketici kabul edilebilirliğini etkileyen ürünün görünümü üzerindeki etkileri nedeniyle önemlidir (Lei ve ark., 2019). Üretilen filmlerin resimleri Şekil 20’de sunulmuştur. US'nin uygulanması kontrol filminin renk özelliklerini önemli ölçüde ($p < 0,05$) değiştirmemiştir. Ancak, PL'nin eklenmesi film örneklerinin L^* değerini ve beyazlık indeksini (WI) önemli ölçüde ($p < 0,05$) düşürmüştür. Gallik asit eklenmesi, kontrol film örneklerine kıyasla L^* değerini, a^* , b^* değerini ve beyazlık indeksi önemli ölçüde düşürmüştür. Kontrol US ve kontrol film örnekleri en yüksek L^* değerini göstermiştir. Bunu %10-US, %5-US, %5 ve %20-US izlemiştir. En yüksek b^* değerini gallik asit örnekleri göstermiştir. Bunu PL ile

birleştirilmiş %10 film örnekleri takip etmiştir. Bu da film örneklerinin daha sarı hale geldiğini göstermektedir. Bu, literatürdeki önceki bulgularla tutarlıdır (Lei ve ark., 2019; Shivangi ve ark., 2021). Ekstrakt içeren filmlerin renk farkı, PL'de bulunan çeşitli fenolik bileşiklerden kaynaklanıyor olabilir ve bu da PL eklenen filmlerin düşük beyazlık indeksini (WI) açıklamaktadır.



Şekil 20. Üretilen filmlerin resimleri

3.2.4. Kalınlık, su aktivitesi ve nem içeriği

Film örneklerinin fiziksel özellikleriyle ilgili sonuçlar Tablo 3'te karşılaştırılmıştır. Film örneklerinin kalınlığı dijital bir mikrometre ile ölçülmüştür. Örneklerin kalınlığı istatistiksel olarak ($p < 0,05$) farklıdır. En düşük film kalınlığı kontrol uygulanan örneklerde gözlenirken en yüksek kalınlık %10-US filmlerinde gözlenmiştir. Filmlerin kalınlığı, daha küçük parçacıkların oluşumu ve aljinat molekülleri arasındaki etkileşimin artması nedeniyle US uygulamasının uygulanmasıyla azalmıştır (Gul ve

ark., 2018a; Guo ve ark., 2021).PL'nin eklenmesi film örneklerinin kalınlığını artırmıştır. Ancak bu artış kontrol örneğinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Su aktivitesi, kontaminasyona ve bozulmaya yol açan bakteri büyümesi nedeniyle gıda kaplama malzemesi için önemli bir parametredir (Shivangi ve ark., 2021). Film örneklerinin su aktivitesi, gallik asit ve PL'nin eklenmesiyle değişiklik göstermemiştir ($p< 0,05$). Kontrol örneğinin su aktivitesi 0,15 olarak bulundu, ancak PL'nin eklenmesi ve US uygulamasıyla su aktivitesi artmıştır.

Kontrol örneğinin nem içeriği %12,9 olarak bulunurken, US işleminin uygulanması nem içeriğini %16,7'ye çıkılmaktadır. Gallik asit ve PL'nin dahil edilmesi nem içeriğini sırasıyla %14,3 ve %16,8 'e çıkılmaktadır. Bu, gallik asit, PL ve biyopolimer arasındaki yeni hidrojen bağı etkileşimleriyle açıklanabilmektedir. Hidroksil gruplarının kullanılabilirliğini azaltabilir ve matris-su etkileşimlerini sınırlayabilmektedir (Lei ve diğerleri, 2019). US işleminin uygulanması, her tür film örneğinin nem içeriğini ($p< 0,05$) düşürmektedir.

PL ve gallik asit dahil edilmesi, artan kuru madde içeriği nedeniyle kontrol filmlerine kıyasla filmlerin yoğunluğunu önemli ölçüde ($p< 0,05$) azaltılmaktadır. Benzer şekilde, Lei ve ark. (2019) ve Shen ve ark. (2021), sırasıyla karanfil esansiyel yağı ve genç elma polifenollerinin artan konsantrasyonuna bağlı olarak yenilebilir filmlerin daha yüksek yoğunlukta olduğunu bildirmekteler. ABD ön işlemleri, moleküler yapı üzerindeki ABD etkisi nedeniyle filmlerin yoğunluğunda bir artışa neden olmaktadır. Bu, literatürdeki önceki bulgularla (Guo ve ark., 2021; Shen ve ark., 2021) iyi örtüşmektedir.

Tablo 3. Film örneklerinin kalınlık, su aktivitesi, nem ve yoğunluk sonuçları

	Film ağırlık	Film kalınlık	Su aktivitesi	Nem	Yoğunluk
	g	mm		%	g/cm ³
Kontrol	0,6538 ^j	0,074 ^c	0,153 ^{cd}	12,9 ^j	0,12 ^a
Kontrol -US	0,7447 ^g	0,092 ^{bc}	0,15 ^d	16,7 ^c	0,1 ^b
Gallik asit	0,8688 ^b	0,128 ^{ab}	0,16 ^{abc}	14,3 ^e	0,08 ^d
Galli asit-US	0,86 ^c	0,126 ^{ab}	0,157 ^{bcd}	13,6 ^g	0,08 ^c
5%	0,6629 ⁱ	0,096 ^{ab}	0,156 ^{bcd}	12,9 ⁱ	0,07 ⁱ
%5-US	0,7536 ^f	0,136 ^{ab}	0,156 ^{bcd}	18,9 ^a	0,07 ^j
10%	0,7427 ^h	0,108 ^{abc}	0,164 ^{ab}	13,3 ^h	0,08 ^g
%10-US	0,8071 ^e	0,166 ^a	0,154 ^{cd}	16,3 ^d	0,08 ^h
20%	0,8343 ^d	0,134 ^a	0,165 ^a	13,7 ^f	0,08 ^e
%20-US	0,8797 ^a	0,144 ^a	0,157 ^{bcd}	16,8 ^b	0,08 ^f

3.2.5. Tekstür Analizi

Çekme mukavemeti ve kopma uzaması, filmlerin moleküler yapılarıyla ilişkili olan mekanik özelliklerini açıklamak için yararlı parametrelerdir (Shivangi ve diğerleri, 2021). Kimyasal olarak benzer matrisler veya parçacıklar yayıldığında, daha güçlü bir şekilde etkileşime girerler ve zincir hareketliliğini azaltmaktadır. Ayrıca çekme mukavemetini artırmaktadır. Çekme mukavemeti, Young modülü ve kopma uzamasında belirgin ve anlamlı ($p < 0,05$) bir fark göstermektedir.

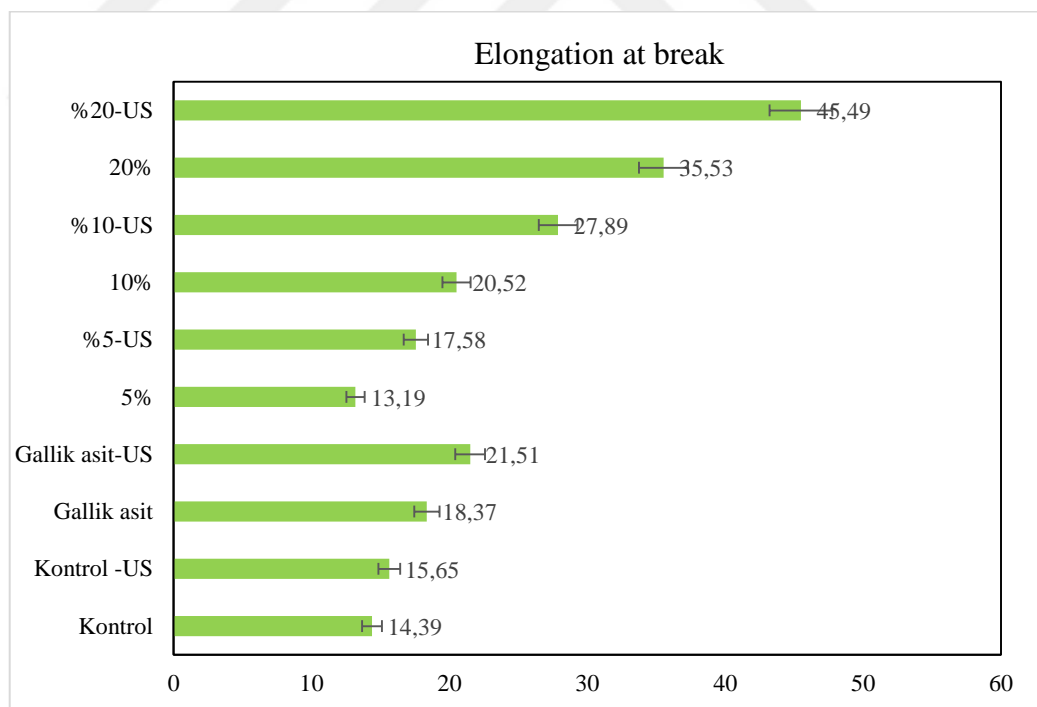
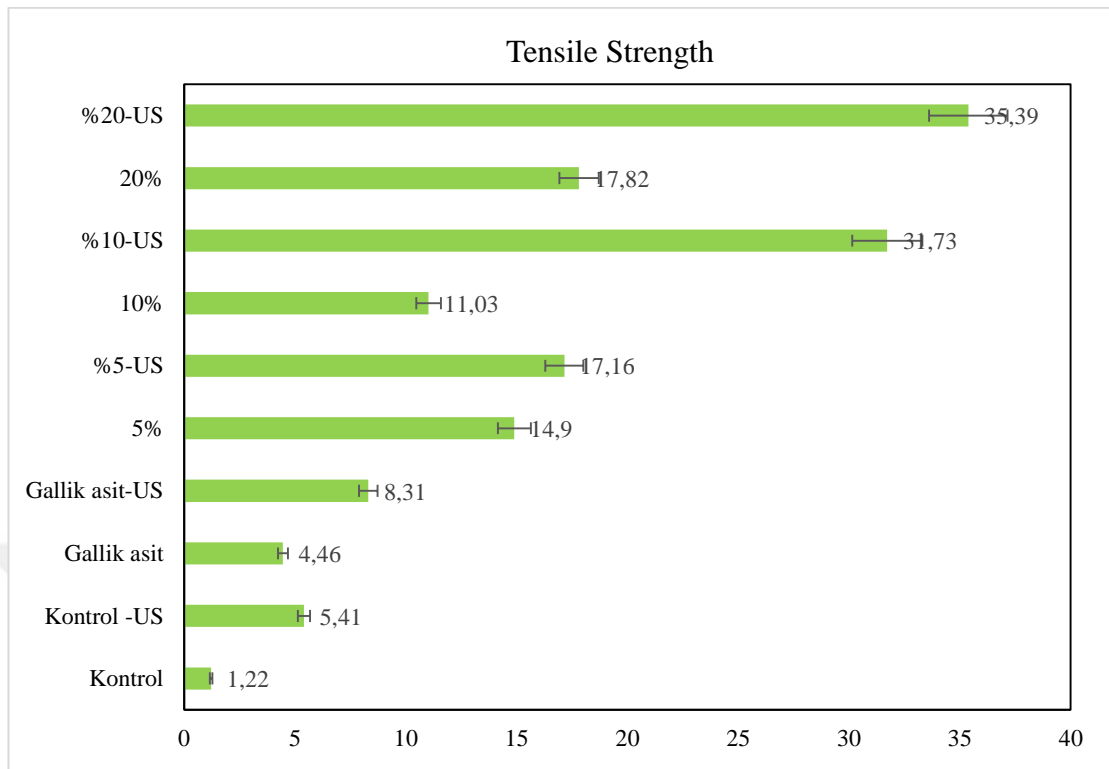
Gallik asit -US (28.00 MPa), %20 PL-US (101.00 MPa) ve %10 PL-US (138.00 MPa) ; %10 PL (41.00 MPa), gallik asit (16.00 MPa) ve %20 PL'den (86.00 MPa) daha yüksek çekme mukavemetine sahiptir. Ultrason destekli ön işlem film örneklerinin çekme mukavemeti üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Ayrıca, gallik ve PL'nin eklenmesi, kontrol film örnekleriyle karşılaştırıldığında çekme mukavemetini önemli ölçüde artırmaktadır ($p < 0.05$).

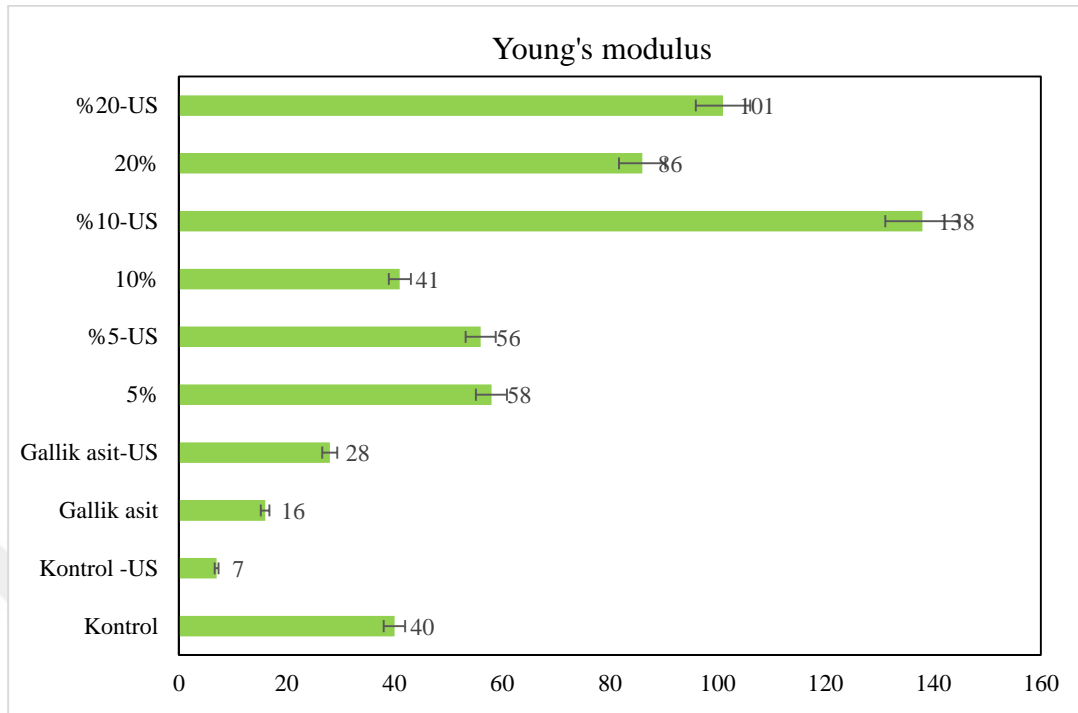
Gallik asit ve PL içeren aljinat bazlı filmlerin çekme mukavemetinin artması, aljinatların hidroksil ve karboksil grupları arasındaki güçlü hidrojen bağı etkileşiminden kaynaklanıyor olabilmektedir. Aljinat bazlı filme PL'nin dahil edilmesi, çekme mukavemeti ve kopma uzamasında önemli ($p < 0.05$) farklılıklara yol açmaktadır. Kopma anındaki uzama, bir malzemenin uzayabilirliğinin ölçümüdür. Ölçüm, bir malzemenin kopmadan ne kadar uzayabileceğini göstermektedir. Ultrason destekli

işlemin uygulanması, kontrol-US'de (%15,65), gallik asit-US'de (%21,51) ve %20 PL-US'de (%45,49) uzamayı, işlenmemiş filmlere kıyasla istatistiksel olarak önemli ölçüde artırmıştır. Bu da US ile yapısal değişim işleminin, aljinat ile su molekülleri arasındaki hidrojen bağlarından daha fazla etkileşimi kolaylaştırabileceğini göstermektedir (Vera ve ark., 2020). Ancak gallik asit ve %20 PL'nin eklenmesi, kopma anındaki uzamayı filmlerin sırasıyla %18,37 ve %35,53'e çıkarmaktadır. Bu artış, özütün ve gallik asit'in plastikleştirici etkisi ve film uzayabilirliğinin iyileştirilmesiyle açıklanabilmektedir. Bu, literatürdeki önceki bulguları doğrulamaktadır (Gul ve ark., 2018a; Lei ve ark., 2019).

Tablo 4. Film örneklerinin çekme mukavemeti (TS), kopma uzaması (EAB) ve elastik modülü (EM) özellikleri

Film örnekleri	Tensile strength	YoungModulus	Elongation at break
	MPa	MPa	%
Kontrol	1,22 ^a	40,00 ^d	14,39 ^b
Kontrol -US	5,41 ^c	7,00 ^a	15,65 ^c
Gallik asit	4,46 ^b	16,00 ^b	18,37 ^e
Gallik asit-US	8,31 ^d	28,00 ^c	21,51 ^g
5%	14,9 ^f	58,00 ^g	13,19 ^a
%5-US	17,16 ^g	56,00 ^f	17,58 ^d
10%	11,03 ^e	41,00 ^e	20,52 ^f
%10-US	31,73 ^h	138,00 ^j	27,89 ^h
20%	17,82 ^g	86,00 ^h	35,53 ⁱ
%20-US	35,39 ⁱ	101,00 ⁱ	45,49 ^j





Şekil 21. Gallik asit ve PL ile birleştirilmiş aljinat bazlı filmlerin mekanik özellikleri üzerine ultrason destekli ön işlemin etkileri

3.3. Biyoaktivite Analizleri

3.3.1. Antioksidan (DPPH), Antimikrobiyal Aktivite ve Toplam fenolik içeriği

Bitki özleri ve uçucu yağlar gibi doğal biyoaktif bileşikler, antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteleri nedeniyle yenilebilir film kaplamalarında başarıyla kullanılmaktadır (Lei ve ark., 2019; Shivangi ve ark., 2021). Üretilen filmlerin antioksidan ve antimikrobiyal sonuçları Tablo 5'de sunulmuştur. Biyoaktif bileşiklerin (gallik asit ve PL) eklenmesi, filmlerin TPC ve DPPH radikal temizleme aktivitesini önemli ölçüde artırmıştır ($p < 0,05$). Kontrol film örnekleri, antioksidan aktivite gösterebilen aljinatların hidroksil grupları nedeniyle hafif bir DPPH radikal temizleme aktivitesi %6,2^a göstermiştir. (Wang ve ark., 2016). Gallik asit-US ön işlemler film örnekleri, kontrol filmine kıyasla en yüksek antioksidan %270,42^j ve fenolik içeriği 4155,7^j mg GAE/g) bulunmuştur. US ön işlemler, tüm film örneklerinin toplam fenolik içeriğini ve DPPH radikal temizleme aktivitelerini artırmıştır. Bu sonuçlar, karanfil esansiyel yağıyla zenginleştirilmiş fındık unu proteininden üretilen US hazırlanmış nanoemülsiyon filmlerinin kontrol filmlerine kıyasla daha yüksek DPPH %'si gösterdiğini bulan Gul ve ark. (2018b) ile tutarlıdır.

Farklı örneklerin antimikrobiyal aktivitesi, *Escherichiacoli*'ye karşı disk difüzyon yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Gallik asit-US ön işlem görmüş örnekler en yüksek antimikrobiyal aktiviteyi gösterirken, kontrol örnekleri patojenlere karşı etkili değildir (Tablo). US ön işlemi antimikrobiyal aktiviteyi önemli ölçüde artırmıştır ($p < 0,05$). Ultrasonikasyon sırasında, bakterinin hücre zarı akustik enerjiyi emmekte ve zarda delikler oluşturmaktadır. Bu da geçirgenliği artırmakta ve bakteri büyümesini engellemektedir (Yang ve ark., 2021). Bu sonuçlar, gallik asit ve PL gibi biyoaktif bileşiklerin dahil edilmesinin ve US ön işleminin yenilebilir filmlerin antimikrobiyal aktivitesini artırdığını göstermektedir. Bu, önceki bulguları desteklemektedir (Shivangi ve ark., 2021; Sun ve ark., 2017). Bu bulgular, PL ve US ön işleminin gıda endüstrisinde ambalaj malzemelerini hazırlamak ve raf ömrünü uzatmak için umut verici bir yol olarak kullanılabileceğini doğrulamaktadır.

Tablo 5. Film örneklerinin antioksidan aktivitesi ve antimikrobiyal aktiviteleri

Film Örnekleri	Antioksidan Özellikler		Antimikrobiyal Etki
	DPPH	Toplam Fenolik Miktarı	<i>Escherichia coli</i>
	%	mg GAE/ g	İnhibisyon bölgesinin çapı (mm) 10 mm çapında film
5%	6,81 ^b	303,7 ^c	13 ^b
10%	7,01 ^c	514,08 ^e	15 ^c
20%	8,48 ^f	853,92 ^g	15 ^c
% 10-US	9,79 ^g	585,08 ^f	18 ^d
% 20-US	11,13 ^h	871,16 ^h	18 ^d
% 5-US	8,35 ^e	449,91 ^d	15 ^c
Gallikasit	115,3 ⁱ	2162,45 ⁱ	15 ^c
Gallikasit-US	270,42 ^j	4155,7 ^j	20 ^e
Kontrol	6,2 ^a	6,42 ^a	11 ^a
Kontrol -US	7,33 ^d	22,05 ^b	13 ^b

4. BÖLÜM

ÖNERİLER

4.1. Öneriler

Tatlı kiraz, organoleptik özellikleri ve biyoaktif bileşikler açısından çok zengin olmasıyla dünya çapında en çok beğenilen meyvelerden biridir. Kirazların üretimi ve işlenmesi, yüksek sömürü potansiyeline sahip yapraklar, sapsar ve çiçekler gibi büyük miktarda tarımsal yan ürün üretir ve bu da değerlendirilebilecek tonlarca biyolojik atığı temsil etmektedir. P. avium yan ürünlerinin, yani bitkisel kısımlarının sömürülmesine ilişkin en son bulgular açıklanmıştır. Kiraz yaprakları, sapsarı ve çiçekleri, biyoaktif bileşiklerin mükemmel ve umut verici bir kaynağı olduğu kanıtlanmıştır. Mevcut literatür hala sınırlı olsa da, kiraz yan ürünlerinin fenolikbileşimine ilişkin veriler ilginçtir . Bu alandaki çalışmalar gelecekteki çalışmalar için iyi bir başlangıç noktası olmaktadır.

Bu çalışmada, yenilebilir filmlere PL aljinat baz eklenmiştir. Yeni nesil yenilebilir gıda ambalajı nano ölçekli film çözeltileri oluşturmak amacıyla ultrasonla işlenmiştir.

Sonuçlar, PL'nin dahil edilmesinin yenilebilir filmlerin özelliklerini kontrol filmlerine kıyasla artırdığı sonucuna varmaktadır. Ayrıca, US ön işleme film özelliklerini artırmıştır. US'nin film parçacık boyutunu nanopartiküle düşürmek için uygulanması, PL film örneklerinin beyazlık indeksini önemli ölçüde azaltmıştır.

Sonuçlar ayrıca, PL ile dahil edilen ve US ile ön işlem gören filmlerin en yüksek fenolik içeriğe, antioksidan aktiviteye ve antimikrobiyal özelliklere sahip olduğunu ortaya koymaktadır. 20% PL-US filmleri, aljinatların hidroksil ve karboksil grupları arasında güçlü hidrojen bağı etkileşimini gösteren en yüksek çekme mukavemetine (35,39MPa) sahiptir.

Bu fenomen, SEM ile tutarlı olan PL'nin homojen dağılımıyla ilişkilendirilmiştir. US ön işlemi, filmlerin moleküler etkileşimini iyileştirmekte ve işlem görmemiş film örneklerine kıyasla daha kararlı bir moleküler ağ yapısı oluşturmaktadır. Birlikte ele alındığında, bu bulgular, PL'nin dahil edilmesinin ve aljinat zein bazlı yenilebilir filmlerde US ön işlemimin film damlacık boyutunun azaltılmasının film özelliklerini, antioksidan aktivitelerini ve antimikrobiyal özelliklerini artırdığını göstermektedir. Farklı bitki özlerinin ve ultrasonikasyon işleminin optimizasyonunun yenilebilir filmlerin film özellikleri ve gıda muhafazası üzerindeki etkileri üzerindeki etkilerini tahmin etmek için daha fazla deneysel çalışmaya ihtiyaç vardır.

Yenilebilir kaplama olarak aljinat veya zein kullanımı, solunum hızını ve etilen üretimini yavaşlatarak olgunlaşma sürecini geciktirme ve renk değişiklikleri ve sertlik kaybı gibi bu bitki hormonunun tetiklediği değişiklikler açısından yararlı bir etki göstermektedir.

ALG-Zein kompozit filmlerinin özellikleri FTIR ve SEM sonuçları, zein ve ALG arasındaki daha yüksek moleküler etkileşimler göstermektedir. Bu da kompozit filmlerin uyumluluğunu ve karışabilirliğini artırabilmektedir. Elde edilen kompozit filmler, ALG'nin oktenilsüksinasyonu üzerine uygun mekanik ve su direnci özellikleri göstermektedir. Bu gelişmeler genellikle zein ve ALG arasındaki daha yüksek uyumlulukla ilişkilidir. Genel olarak, zein ve ALG arzu edilen mekanik ve bariyer özellikleri sergilemiştir. Zein ve ALG yenilebilir film çözeltilerinin fiziksel/mechanik özelliklerini ve su direncini iyi bir şekilde iyileştirebilmektedir. Sonuç olarak geliştirilen film, gıda ambalajlama uygulamaları için istenilen özelliklere sahip yeni bir biyolojik olarak parçalanabilir ve biyouyumlu film olarak uygulanabilmektedir.

KAYNAKÇA

- Abramson, S.B.Amin, A.R. Clancy, R.M. Attur, M. 2001.The role of nitric oxide in tissue destruction. *Best Pract. Res. Clin. Rheumatol.* **15**, 831-845.
- Adom, K. K. Liu, R. H. 2002.Antioxidant Activity of Grains. *J. Agric. Food Chem.* **50**(21), 6182–6187. DOI: 10.1021/jf0205099.
- Aires, A. Dias, C. Carvalho, R. Saavedra, M. J. 2017.Analysis of Glycosylated Flavonoids Extracted from Sweet-cherry Stems, as Antibacterial Agents against **Pathogenic Escherichia Coli Isolates. Acta Biochim. Pol.** **64**, 1–7. DOI: 10.18388/abp.2016_1374.
- Aires, A. Dias, C. Carvalho, R. Saavedra, M. J. 2017.Analysis of Glycosylated Flavonoids Extracted from Sweet-cherry Stems, as Antibacterial Agents against Pathogenic Escherichia Coli Isolates. *Acta Biochim. Pol.* **64**, 1–7. DOI:10.18388/abp.2016_1374.
- Akyuz, L., Kaya, M., Koc, B., Mujtaba, M., Ilk, S., Labidi, J., et al. 2017. Diatomite as a novel composite ingredient for chitosan film with enhanced physicochemical properties.*International Journal of Biological Macromolecules*, **105**, 1401–1411.
- Alam, M. A. Subhan, N. Hossain, H. Hossain, M. Reza, H. M. Rahman, M. M. Ullah, M. O. 2016.Hydroxycinnamic Acid Derivatives: A Potential Class of Natural Compounds for the Management of Lipid Metabolism and Obesity. *Nutr. Metab.* **13**(1), 27.
- Aloui, H., Deshmukh, A. R., Khomlaem, C., & Kim, B. S. 2021. Novel composite films based on sodium alginate and gallnut extract with enhanced antioxidant, antimicrobial, barrier and mechanical properties. *Food Hydrocolloids*, **113**, 106508. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106508>
- Al-Saif, A. M., Abdel-Sattar, M., Aboukarima, A. M., Eshra, D. H., & Gornik, K. 2022. Physico-chemical properties prediction of flame seedless grape berries using an artificial neural network model. *Foods*, **11**(18), 2766. <https://doi.org/10.3390/foods11182766>
- Alvarez-Castillo, E., Bengoechea, C., Felix, M., & Guerrero, A. 2021. Protein-Based Bioplastics from Biowastes: Sources, Processing, Properties and Applications BT - Bioplastics for Sustainable Development (M. Kuddus & Roohi (eds.); pp. 137-

- 176). Springer Singapore. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-16-1823-9_5
- Amanatidou A, Slump RA, Gorris LGM and Smid EJ, 2000.High oxygen and high carbon oxide modified atmospheres for shelf life extension of minimally processed carrots. **J Food Sci** **65**:61–66
- Amigo, J. M., del Olmo Alvarez, A., Engelsen, M. M., Lundkvist, H., & Engelsen, S. B. 2016. Staling of white wheat bread crumb and effect of maltogenic α -amylases. Part 1: Spatial distribution and kinetic modeling of hardness and resilience. **Food Chemistry**, **208**, 318–325. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.162>
- Amin, U., Khan, M. U., Majeed, Y., Rebezov, M., Khayrullin, M., Bobkova, E., Shariati, M. A., Chung, I. M., & Thiruvengadam, M. 2021. Potentials of polysaccharides, lipids and proteins in biodegradable food packaging applications. In **International Journal of Biological Macromolecules (Vol. 183**, pp. 2184-2198). Elsevier B.V. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbio mac.2021.05.182>
- Ansarifar, E., & Moradinezhad, F. 2021. Preservation of strawberry fruit quality via the use of active packaging with encapsulated thyme essential oil in zein nanofiber film. **International Journal of Food Science & Technology**, **56**(9), 4239-4247. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15130>
- Antonić, B., Jančíkova, S., Dordević, D., & Tremlova, B. 2020. Grape pomace valorization: A systematic review and meta-analysis. **Foods**, **9**(11), 1627. <https://doi.org/10.3390/foods9111627>
- Artés F, Gómez PA and Artés-Hernández F, 2006.Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Stewart Postharvest Rev** **2**:1–13
- Arts, I. van de Putte, B. Hollman, P. 2000.Catechin Contents of Foods Commonly Consumed in the Netherlands. 2. Tea, Wine, Fruit Juices, and Chocolate Milk. **J. Agric. Food Chem.** **48**(5), 1752–1757.
- B.W.S. Souza, M.A. Cerqueira, J.A. Teixeira, A.A. 2010.Vicente, Food Engineering Reviews **2** (4) 244–255.
- Bai J, Alleyne V, Hgenmaier RD, Mattheis JP and Baldwin EA, 2003.Formulation of zein coatings for apples (*Malus domestica* Borkh). **Postharvest Biol Technol** **28**:259–268

- Balat, A. 2013. From past to present: Traditional herbs used in the treatment of nephrologic diseases in southeast Turkey. **J. Nephrology** **26**, S187
- Balbinot-Alfaro, E., Craveiro, D. V., Lima, K. O., Costa, H. L. G., Lopes, D. R., & Prentice, C. 2019. Intelligent Packaging with pH Indicator Potential. **Food Engineering Reviews**, **11**(4), 235-244. <https://doi.org/10.1007/s12393-019-09198-9>
- Ballistreri, G. Continella, A. Gentile, A. Amenta, M. Fabroni, S. Rapisarda, P. 2013. Fruit Quality and Bioactive Compounds Relevant to Human Health of Sweet Cherry (*Prunus Avium* L.) Cultivars Grown in Italy. **Food Chem.** **140**(4), 630–638. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.11.024
- Bastos, C. Barros, L. Duenas, M. Calhella, R. C. Queiroz, M. J. R. 2015. Santos-Buelga, C. Ferreira, I. C. Chemical Characterisation and Bioactive Properties of *Prunus Avium* L.: The Widely Studied Fruits and the Unexplored Stems. **Food Chem.** **173**, 1045–1053. DOI:10.1016/j.foodchem.2014.10.145.
- Bauer, H. Treutter, D. Schmid, P. Schmitt, E. Feucht, W. 1989. Specific Accumulation of O-diphenols in Stressed Leaves of *Prunus Avium*. **Phytochemistry.** **28**(5), 1363–1364. DOI: 10.1016/S0031-9422(00)97746-X.
- Beconcini D, Felice F, Fabiano A, Sarmiento B, Zambito Y, et al. 2020. Antioxidant and anti-inflammatory properties of cherry extract: Nanosystems-based strategies to improve endothelial function and intestinal absorption. **Foods**, **9**(2): 207.
- Bernalte, M.J. Sabio, E. Hernandez, M.T. Gervasini, C. 2003. Influence of storage delay on quality of “Van” sweet cherry. **Postharvest. Biol. Technol.** **28**, 303-312.
- Bertan, L. C., Tanada-Palmu, P. S., Siani, A. C., & Grosso, C. R. F. 2005. Effect of fatty acids and ‘Brazilian elemi’ on composite films based on gelatin. **Food Hydrocolloids**, **19**, 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.04.017>
- Biliaderis, C. G. 2009. Chapter 8 - structural transitions and related physical properties of starch. In J. BeMiller, & R. Whistler (Eds.), *Starch* (3rd ed., pp. 293–372). San Diego: **Academic Press**. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-746275-2.00008-2>.
- Biliaderis, C. G., Lazaridou, A., & Arvanitoyannis, I. 1999. Glass transition and physical properties of poly-plasticized pullulan-starch blends at low moisture.

- Carbohydrate **Polymers**, **40**, 29–47. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(99\)00026-0](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(99)00026-0)
- Blau, L.W. 1950. Cherry diet control for gout and arthritis. **Tex. Rep. Biol. Med.** **8**, 309-311.
- Boukhatem, M. N., & Setzer, W. N. 2020. Aromatic herbs, medicinal plant-derived essential oils, and phytochemical extracts as potential therapies for coronaviruses: **Future perspectives.** **Foods**, **9**(6), 800. <https://doi.org/10.3390/plants9060800>
- Bourtoom, T. 2008. Edible films and coatings: Characteristics and properties. **International Food Research Journal**, **15**, 237-248.
- Boyacı, D., Iorio, G., Sozbilen, G. S., Alkan, D., Trabattoni, S., Pucillo, F., Farris, S., & Yemenicioğlu, A. 2019. Development of flexible antimicrobial zein coatings with essential oils for the inhibition of critical pathogens on the surface of whole fruits: Test of coatings on inoculated melons. **Food Packaging and Shelf Life**, **20**. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100316>
- Boyer, J. Liu, R. H. 2004. Apple Phytochemicals and Their Health Benefits. **Nutr. J.** **3**(1), 5. DOI: 10.1186/1475-2891-3-5.
- Bravin, B., Peressini, D., & Sensidoni, A. 2006. Development and application of polysaccharide–lipid edible coating to extend shelf-life of dry bakery products. **Journal of Food Engineering**, **76**, 280–290. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.05.021>
- Burkhardt, S. Tan, D.X. Manchester, L.C. Hardeland, R. Reiter, R.J. 2001. Detection and quantification of the antioxidant melatonin in Montmorency and Balaton tart cherries (*Prunus cerasus*). **J. Agric. Food Chem.** **49**, 4898-4902.
- Bursal, E. Koksall, E. Gulcin, İ. Bilsel, G. Goren, A. C. 2013. Antioxidant Activity and Polyphenol Content of Cherry Stem (*Cerasus Avium L.*) Determined by LC–MS/MS. **Food Res. Int.** **51**(1), 66–74. DOI: 10.1016/j. foodres.2012.11.022.
- Bursal, E. Koksall, E. Gulcin, İ. Bilsel, G. Goren, A. C. 2013. Antioxidant Activity and Polyphenol Content of Cherry Stem (*Cerasus Avium L.*) **Determined by LC–MS/MS.** **Food Res. Int.** **51**(1), 66–74. DOI: 10.1016/j. foodres.2012.11.022.

- Bursal, E. Koksal, E. Gulcin, İ. Bilsel, G. Goren, A. C. 2013. Antioxidant Activity and Polyphenol Content of Cherry Stem (*Cerasus Avium* L.) Determined by LC-MS/MS. **Food Res. Int.** **51**(1), 66–74. DOI: 10.1016/j. foodres.2012.11.022.
- Cao, J. Jiang, Q. Lin, J. Li, X. Sun, C. Chen, K. 2015. Physicochemical Characterisation of Four Cherry Species (*Prunus* Spp.) Grown in China. **Food Chem.** **173**, 855–863. DOI: 10.1016/j. foodchem.2014.10.094.
- Castaneda-Ovando, A. 2009. de Lourdes Pacheco-hernandez, M. Paez-Hernandez, M. E. Rodriguez, J. A. Galan-Vidal, C. A. Chemical Studies of Anthocyanins: A Review. **Food Chem.** **113**(4), 859–871. DOI: 10.1016/j. foodchem.2008.09.001.
- Cha DS, 2004. and Chinnan M, Biopolymer-based antimicrobial packaging: a review. **Crit Rev Food Sci Nutr** **44**:223–237
- Cha DS, Choi JH, Chinnan MS and Park HJ, 2002. Antimicrobial films based on Na-alginate and κ -carrageenan. **Lebensm Wiss Technol** **35**:715–719
- Chandra, A. Nair, M.G. Iezzoni, A. 1992. Evaluation and characterization of the anthocyanin pigments in tart cherries (*Prunus cerasus* L.). **J. Agric. Food Chem.** **40**, 967-969.
- Chandra, A. Rana, J. Li, Y. 2001. Separation, identification, quantification, and method validation of anthocyanins in botanical supplement raw materials by HPLC and HPLC-MS. **J. Agric. Food Chem.** **49**, 3515-3521.
- Chaovanalikit, A. Wrolstad, R. 2004. Anthocyanin and Polyphenolic Composition of Fresh and Processed Cherries. **J. Food Sci.** **69**(1), 73–83.
- Chaovanalikit, A. Wrolstad, R.E. 2004. Total anthocyanins and total phenolics of fresh and processed cherries and their antioxidant properties. **J. Food Sci.** **69**, FST67-FST72.
- Chaovanalikit, A. Wrolstad, R.E. 2004. Total anthocyanins and total phenolics of fresh and processed cherries and their antioxidant properties. **J. Food Sci.** **69**, FST67-FST72.
- Chen, K., Yu, G., He, F., Zhou, Q., Xiao, D., Li, J., et al. 2017. A pH-responsive emulsion stabilized by alginate-grafted anisotropic silica and its application in the controlled release of lambda-cyhalothrin. **Carbohydrate Polymers**, **176**, 203–213.

- Chen, Y., Gavaliatsis, T., Kuster, S., Stadel, C., Fischer, P., & Windhab, E. J. 2021. Crust treatments to reduce bread staling. **Current Research in Food Science**, **4**, 182–190. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.004>
- Cheng TS and Shewfelt RL, 1988. Effect of chilling exposure of tomatoes during subsequent ripening. **J Food Sci** **53**:1160–1162
- Cheng, S. Y., Wang, B. J., & Weng, Y. M. 2015. Antioxidant and antimicrobial edible zein/chitosan composite films fabricated by incorporation of phenolic compounds and dicarboxylic acids. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology*, **63**, 115–121.
- Cheyrier, V..2012. Phenolic Compounds: From Plants to Foods. *Phytochem. Rev.* **11**(2–3), 153–177. DOI: 10.1007/s11101-012-9242-8.
- Chitravathi, K., Chauhan, O. P., & Kizhakkedath, J. 2020. Shelf life extension of green chillies (*Capsicum annuum* L.) using passive modified atmosphere packaging and gamma irradiation. **Journal of Food Processing and Preservation**, **44**(8), 33. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14622>
- Christos-Konstantinos Mouzakis , Vasileia Sereti , Anthia Matsakidou , Kali Kotsiou , Costas G. Biliaderis , Athina Lazaridou , 2022. Laboratory of Food Chemistry and Biochemistry, Department of Food Science and Technology, School of Agriculture, **Aristotle University of Thessaloniki, P.O. Box 235**, 54124, Thessaloniki, Greece
- Connolly, D.A. McHugh, M.P. Padilla-Zakour, O.I. Carlson, L. Sayers, S.P. 2006. Efficacy of a tart cherry juice blend in preventing the symptoms of muscle damage. **Br. J. Sports Med.** **40**, 679-683.
- Corradini, E. Foglia, P. Giansanti, P. Gubbiotti, R. Samperi, R. Lagana, A. 2011. Flavonoids: Chemical Properties and Analytical Methodologies of Identification and Quantitation in Foods and Plants. **Nat. Prod. Res.** **25**(5), 469–495. DOI: 10.1080/14786419.2010.482054.
- Corradini, E. Foglia, P. Giansanti, P. Gubbiotti, R. Samperi, R. Lagana, 2011. A. Flavonoids: Chemical Properties and Analytical Methodologies of Identification and Quantitation in Foods and Plants. *Nat. Prod. Res.* **25**(5), 469–495. DOI: 10.1080/14786419.2010.482054.
- Corzo-Rios, L. J., Drago, S. R., Gallegos-Tintore, S., Betancur-Ancona, D., & Chel-Guerrero, L. 2018. Study of the interaction of *Phaseolus lunatus* hydrolysed

- proteins and delonix regia carboxymethylated gum using capillary electrophoresis. **Chiang Mai Journal of Science**, **45**(1), 308-317.
- Corzo-Rios, L. J., Solorza-Feria, J., Betancur-Ancona, D., & Chel- Guerrero, L. 2014. Rheological properties and gel strength of Phaseolus lunatus protein/carboxymethylated flamboyant gum systems. **International Journal of Food Science and Technology**, **49**(6), 1513-1521. [https:// doi. org/ 10. 1111/ ijfs. 12448](https://doi.org/10.1111/ijfs.12448)
- Cowan, M. M. 1999. Plant Products as Antimicrobial Agents. **Clin Microbiol Rev.** **12**(4), 564–582.
- Crupi P, Genghi R, Antonacci D. 2014. In-time and in-space tandem mass spectrometry to determine the metabolic profiling of flavonoids in a typical sweet cherry (Prunus avium L.) cultivar from Southern Italy. **Journal of Mass Spectrometry**, **49**(10): 1025-1034.
- Cui, H. Y., Yuan, L., Li, W., & Lin, L. 2016. Edible film incorporated with chitosan and Artemisia annua oil nanoliposomes for inactivation of Escherichia coli O157:H7 on cherry tomato. **International Journal of Food Science and Technology**, **52**, 687–698.
- Cui, H. Y., Yuan, L., Li, W., & Lin, L. 2016. Edible film incorporated with chitosan and Artemisia annua oil nanoliposomes for inactivation of Escherichia coli O157:H7 on cherry tomato. **International Journal of Food Science and Technology**, **52**, 687–698.
- Curti, E., Carini, E., & Vittadini, E. 2017. Staling and water dynamics in high-gluten bread. **European Food Research and Technology**, **243**, 1173–1182. [https://doi.org/ 10.1007/s00217-016-2832-8](https://doi.org/10.1007/s00217-016-2832-8)
- Dai, J. Mumper, R. J. 2010. Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. **Molecules**. **15**(10), 7313–7352. DOI: 10.3390/molecules15107313.
- de Oliveira Filho, J. G., Silva, G. da C., Cipriano, L., Gomes, M., & Egea, M. B. 2021. Control of postharvest fungal diseases in fruits using external application of RNAi. **Journal of Food Science**, **86**(8), 3341-3348. [https:// doi. org/ 10. 1111/ 1750- 3841. 15816](https://doi.org/10.1111/1750-3841.15816)
- del Mar Castro López, M., García, S. D., Pernas, A. A., Vilariño, J. M. L., & Rodríguez, M. V. G. 2012. Effect of PPG-PEG-PPG on the tocopherol-controlled release

- from films intended for food-packaging applications. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **60**, 8163–8170.
- Dhall, R. K. 2013. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, **53**, 435–450. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.541568>
- Dirlewanger E, Quero-Garcia J, Le Dantec L, Lambert P, Ruiz D, et al. 2012; Comparison of the genetic determinism of two key phenological traits, flowering and maturity dates, in three Prunus species: peach, apricot and sweet cherry. **Heredity**, **109**(5): 280-292.
- Dixon, R. A. Pasinetti, G. M. Flavonoids and Isoflavonoids: From Plant Biology to Agriculture and Neuroscience. *Plant Physiol.* 2010, 154(2), 453–457. DOI: 10.1104/pp.110.161430.
- Dong, Y., Rao, Z., Liu, Y., Zheng, X., Tang, K., & Liu, J. 2023. Soluble soybean polysaccharide/gelatin active edible films incorporated with curcumin for oil packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, **35**, Article 101039.
- Dou, L. X., Li, B. F., Zhang, K., Chu, X., & Hou, H. 2018. Physical properties and antioxidant activity of gelatin-sodium alginate edible films with tea polyphenol. **International Journal of Biological Macromolecules**, **118**, 1377–1383.
- Dou, L., Li, B., Zhang, K., Chu, X., & Hou, H. 2018. Physical properties and antioxidant activity of gelatin-sodium alginate edible films with tea polyphenols. **International Journal of Biological Macromolecules**, **118**, 1377–1383. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.121>
- Doudin, K., & Al-Malaika, S. 2016. Vitamin E-stabilised UHMWPE for surgical orthopaedic implants: Quantification of vitamin E and characterisation of its transformation products. **Polymer Degradation and Stability**, **125**, 59–75.
- Draget, K. I., B, G. S., & Smidsrød, O. 1994. Alginic acid gels: The effect of alginate chemical composition and molecular weight. *Carbohydrate Polymers*, **25**, 31–38.
- Duarte, A. P. Silva, B. M. Nutritional and Phytochemical Potential of “Prunus avium L.”. In *Natural Products: Research Reviews*; Gupta, V.K., Ed. Daya Publishing House: New Delhi, India, 185-202.
- Dursun Capar, T., & Yalcin, H. 2021. Protein/polysaccharide conjugation via Maillard reactions in an aqueous media: Impact of protein type, reaction time and temperature. *LWT*, **152**, Article 112252.

- Bioplastics, E. 2020. Bioplastics market development update. <https://www.european-bioplastics.org/news/publications/#MarketData>,
- Ebrahimzadeh, S., Biswas, D., Roy, S., & McClements, D. J. 2023. Incorporation of essential oils in edible seaweed-based films: A comprehensive review. **Trends in Food Science & Technology**, **135**, 43–56.
- Ekezie, F. G. C., Sun, D. W., & Cheng, J. H. 2017. Acceleration of microwave-assisted extraction processes of food components by integrating technologies and applying emerging solvents: A review of latest developments. **Trends in Food Science & Technology**, **67**, 160–172.
- El-Seedi, H. R. El-Said, A. M. Khalifa, S. A. Gooransson, U. Bohlin, L. Borg-Karlson, A.-K. Verpoorte, R. 2012. Biosynthesis, Natural Sources, Dietary Intake, Pharmacokinetic Properties, and Biological Activities of Hydroxycinnamic Acids. **J. Agric. Food Chem.** **60**(44), 10877–10895. DOI: 10.1021/jf301807g.
- Erlund, I. 2004. Review of the Flavonoids Quercetin, Hesperetin, and Naringenin. Dietary Sources, Bioactivities, Bioavailability, and Epidemiology. **Nutr. Res.** **24**(10), 851–874. DOI: 10.1016/j.nutres.2004.07.005.
- Erlund, I. 2004. Review of the Flavonoids Quercetin, Hesperetin, and Naringenin. Dietary Sources, Bioactivities, Bioavailability, and Epidemiology. **Nutr. Res.** **24**(10), 851–874. DOI: 10.1016/j.nutres.2004.07.005.
- Fakhouri, F. M., Martelli, S. M., Caon, T., Velasco, J. I., & Mei, L. H. I. 2015. Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated red crimson grapes. **Postharvest Biology and Technology**, **109**, 57–64.
- Falguera, V., Quintero, J. P., Jimenez, A., Munoz, J. A., & Ibarz, A. 2011. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. **Trends in Food Science & Technology**, **22**, 292–303. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.02.004>
- Falguera, V., Quintero, J. P., Jimenez, A., Munoz, J. A., & Ibarz, A. 2011. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. **Trends in Food Science & Technology**, **22**(6), 292–303. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.02.004>
- Fang, Z. X., Zhao, Y. Y., Warner, R. D., & Johnson, S. K. 2017. Active and intelligent packaging in meat industry. **Trends in Food Science & Technology**, **61**, 60–71.

- Yao, W. W., Peng, H. M., & Webster, R. D. 2009. Electrochemistry of α -tocopherol (Vitamin E) and α -tocopherol quinone films deposited on electrode surfaces in the presence and absence of lipid multilayers. **Journal of Physical Chemistry B**, **113**, 21805–21814.
- Fernandes, F., Ramalhosa, E., Pires, P., Verdial, J., Valentão, P., Andrade, P., Bento, A., & Pereira, J. A. 2013. Vitis vinifera leaves towards bioactivity. **Industrial Crops and Products**, **43**, 434–440.
- Fernandes, I. Nave, F. Goncalves, R. de Freitas, V. Mateus, N. 2012. On the Bioavailability of Flavanols and Anthocyanins: Flavanol–anthocyanin Dimers. **Food Chem.** **135**(2), 812–818. DOI:10.1016/j.foodchem.2012.05.037
- Fonseca LR, Silva GR, Luís Â, Cardoso HJ, Correia S, et al. 2021. Sweet Cherries as Anti-Cancer Agents: From Bioactive Compounds to Function. **Molecules**, **26**(10): 2941.
- Friedrich, J. Lee, C. 1998, Identification of Non-anthocyanin Phenolic Compounds in Sweet and Sour Cherries. In IFT Annual Meeting Book of Abstracts, June 20-4; Atlanta, Ga. Chicago; pp 20–24.
- Gao, L. Mazza, G. 1995. Characterization, quantitation, and distribution of anthocyanins and colorless phenolics in sweet cherries. **J. Agric. Food Chem.** **43**, 343–346.
- Gao, L. Mazza, G. 1995. Characterization, quantitation, and distribution of anthocyanins and colorless phenolics in sweet cherries. **J. Agric. Food Chem.** **43**, 343–346.
- Gebhardt, S. Harnly, J. Bhagwat, S. Beecher, G. Doherty, R. Holden, J. Haytowitz, D. Eldridge, A. Peterson, J. Dwyer, J. USDA's Flavonoid Database: Flavonoids in Fruit, Agricultural Research Service, 2002.
- Gebhardt, S. Harnly, J. Bhagwat, S. Beecher, G. Doherty, R. Holden, J. Haytowitz, D. Eldridge, A. Peterson, J. Dwyer, J. USDA's Flavonoid Database: Flavonoids in Fruit, Agricultural Research Service, 2002.
- Geibel, M. Gross, D. C. Mo, Y. Bonsall, R. F. Geiger, H. 1993. Identification of Flavonol Glycosides from Prunus avium Leaves Which Induce the Production of Syringomycin by Pseudomonas syringae pv. syringae. **Acta Hortic.** **381**, 662–666
- George, V. C. Dellaire, G. Rupasinghe, H. V. 2017. Plant Flavonoids in Cancer Chemoprevention: Role in Genome Stability. **J. Nutr. Biochem.** **45**, 1–14. DOI: 10.1016/j.jnutbio.2016.11.007.

- Gimenez, M. J. Valverde, J. M. Valero, D. Guillen, F. Martinez-Romero, D. Serrano, M. Castillo, S. 2014. Quality and Antioxidant Properties on Sweet Cherries as Affected by Preharvest Salicylic and Acetylsalicylic Acids Treatments. **Food Hem.** **160**, 226–232.
- Goncalves, A. C. Bento, C. Silva, B. M. Silva, L. R. 2017. Sweet Cherries from Fundao Possess Antidiabetic Potential and Protect Human Erythrocytes against Oxidative Damage. **Food Res. Int.** **95**, 91–100. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.02.023.
- Goncalves, A. C. Bento, C. Silva, B. M. Silva, L. R. 2017. Sweet Cherries from Fundao Possess Antidiabetic Potential and Protect Human Erythrocytes against Oxidative Damage. **Food Res. Int.** **95**, 91–100. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.02.023.
- Goncalves, A. C. Bento, C. Silva, B. M. Silva, L. R. 2017. Sweet Cherries from Fundao Possess Antidiabetic Potential and Protect Human Erythrocytes against Oxidative Damage. **Food Res. Int.** **95**, 91–100. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.02.023.
- Goncalves, A. C. Bento, C. Silva, B. M. Silva, L. R. 2017. Sweet Cherries from Fundao Possess Antidiabetic Potential and Protect Human Erythrocytes against Oxidative Damage. **Food Res. Int.** **95**, 91–100. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.02.023.
- Goncalves, B. Landbo, A. K. Let, M. Silva, A. P. Rosa, E. Meyer, A. S. 2004. Storage Affects the Phenolic Profiles and Antioxidant Activities of Cherries (*Prunus Avium* L) on Human Low-density Lipoproteins. **J. Sci. Food Agric.** **84**(9), 1013–1020. DOI: 10.1002/jsfa.1752.
- Goncalves, B. Landbo, A. K. Let, M. Silva, A. P. Rosa, E. Meyer, A. S. 2004. Storage Affects the Phenolic Profiles and Antioxidant Activities of Cherries (*Prunus Avium* L) on Human Low-density Lipoproteins. **J. Sci. Food Agric.** **84**(9), 1013–1020. DOI: 10.1002/jsfa.1752.
- Goncalves, B. Moutinho-Pereira, J. Santos, A. Silva, A. P. Bacelar, E. Correia, C. Rosa, E. 2006. Scion–rootstock Interaction Affects the Physiology and Fruit Quality of **Sweet Cherry. Tree Physio.** **26**(1), 93–104. DOI: 10.1093/treephys/26.1.93.
- Goncalves, B. Silva, A. Valor Nutricional Da Cereja. Efeitos Na Saude. In *Cerejais. A Arvore E O Fruto*. Santos, A.S.A Ed., 2008.

- Gonçalves AC, Bento C, Silva B, Simões M, Silva LR. 2019. Nutrients, bioactive compounds and bioactivity: The health benefits of sweet cherries (*Prunus avium* L.). **Current Nutrition & Food Science**, **15**(3): 208-227.
- Graciano-Verdugo, A. Z., Soto-Valdez, H., Peralta, E., Cruz-Zárate, P., Rosa-Islas-Rubio, A., Sánchez-Valdes, S., et al. 2010. Migration of α -tocopherol from LDPE films to corn oil and its effect on the oxidative stability. **Food Research International**, **43**, 1073–1078.
- Gray, J. A., & Bemiller, J. N. (2003). Bread staling: Molecular basis and control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **2**, 1–21. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00011.x>
- Gray, J. A., & Bemiller, J. N. 2003. Bread staling: Molecular basis and control. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, **2**, 1–21. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00011.x>
- Grayer, R. J. Veitch, N. C. 2005. Flavanones and Dihydroflavonols. In *Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and Applications*, O. M. Anderson, K. R., Markham, Eds. CRC Press, pp 917–1002.
- Guill'en F, Castillo S, Zapata PJ, Mart'inez-Romero D, Valero D and Serrano M, 2006. Efficacy of 1-MCP treatment in tomato fruit. 2. Effect of cultivar and ripening stage at harvest. **Postharvest Biol Technol** **42**:235–242
- Gul, O., Saricaoglu, F. T., Besir, A., Atalar, I., & Yazici, F. 2018a. Effect of ultrasound treatment on the properties of nano-emulsion films obtained from hazelnut meal protein and clove essential oil. **Ultrasonics Sonochemistry**, **41**, 466–474.
- Gul, O., Saricaoglu, F. T., Besir, A., Atalar, I., & Yazici, F. 2018a. Effect of ultrasound treatment on the properties of nano-emulsion films obtained from hazelnut meal protein and clove essential oil. **Ultrasonics Sonochemistry**, **41**, 466–474.
- Gul, O., Saricaoglu, F. T., Besir, A., Atalar, I., & Yazici, F. 2018b. Effect of ultrasound treatment on the properties of nano-emulsion films obtained from hazelnut meal protein and clove essential oil. **Ultrasonics Sonochemistry**, **41**, 466–474.
- Guo, Z., Ge, X., Yang, L., Gou, Q., Han, L., & Yu, Q.-L. 2021. Utilization of watermelon peel as a pectin source and the effect of ultrasound treatment on pectin film properties. *LWT*, **147**, Article 111569.

- Güçbilmez CM, Yemenicioğlu A and Arslanoğlu A, 2007. Antimicrobial and antioxidant activity of edible zein films incorporated with lysozyme, albumin proteins and disodium EDTA. *Food Res Int* 40:80–91
- Hammam, A. R. 2019. Technological, applications, and characteristics of edible films and coatings: **A review. SN Applied Sciences**, **1**, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0660-8>
- Harborne, J. B. Turner, B. L. Harborne, J. 1984. *Plant Chemosystematics*; **Academic Press: London**, **123**, 56-65.
- Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M., & Akhtar, N. 2018. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, **109**, 1095–1107. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097>
- Hayaloglu, A. A. Demir, N. 2016. Phenolic Compounds, Volatiles, and Sensory Characteristics of Twelve Sweet Cherry (*Prunus Avium* L.) Cultivars Grown in Turkey. **J. Food Sci.** **81**(1), 7–18. DOI: 10.1111/1750-3841.13175.
- Henning, W. Herrmann, K. 1980. Flavonol Tetraglycosides from the Leaves of *Prunus Cerasus* and *P. Avium*. **Phytochem.** **19**(12), 2727–2729. DOI: 10.1016/S0031-9422(00)83951-5.
- Henning, W. Herrmann, K. 1980. Flavonol Tetraglycosides from the Leaves of *Prunus Cerasus* and *P. Avium*. **Phytochem.** **19**(12), 2727–2729. DOI: 10.1016/S0031-9422(00)83951-5.
- Herrmann, K. Nagel, C. W. 1989. Occurrence and Content of Hydroxycinnamic and Hydroxybenzoic Acid Compounds in Foods. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** **28**(4), 315–347. DOI: 10.1080/10408398909527504.
- Howatson, G. McHugh, M.P. Hill, J.A. Brouner, J. Jewell, A.P. van Someren, K.A. Shave, R.E. Howatson, S.A. 2009. Influence of tart cherry juice on indices of recovery following marathon running. *Scand. J. Med. Sci. Sports* doi:10.1111/j.1600-0838.2009.01005.x.
- Wang, J. JShang,. F. Ren, X.2010. Leng, **European Food Research and Technology****231** (1) 109–116.
- Jacob, R.A. Spinozzi, G.M. Simon, V.A. Kelley, D.S. Prior, R.L. Hess-Pierce, B. Kader, A.A.2003. Consumption of cherries lowers plasma urate in healthy women. **J. Nutr.** **133**, 1826-1829.

- Jiménez, A., Fabra, M. J., Talens, P., & Chiralt, A. 2012. Effect of re-crystallization on tensile, optical and water vapour barrier properties of corn starch films containing fatty acids. **Food Hydrocolloids**, **26**, 302–310.
- Jiménez, M. Fabra, P. Talens, A. Chiralt, 2012. Edible and biodegradable starch films: a review, **Food Bioprocess Technol.** **5** (6) 2058–2076.
- K.S. Miller, J.M.1997. Krochta, **Trends in Food Science and Technology** 8 (7) 228–237.
- Kelebek, H. Selli, S. 2011.Evaluation of Chemical Constituents and Antioxidant Activity of Sweet Cherry (*Prunus Avium* L.) **Cultivars. Int. J. Food Sci. Technol.** **46**(12), 2530–2537. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2011.02777.x.
- Kelebek, H. Selli, S. 2011.Evaluation of chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars. **Int. J. Food Sci. Technol.** **46**, 2530- 2537
- Kelley, D.S. Rasooly, R. Jacob, R.A. Kader, A.A. Mackey, B.E. 2006.Consumption of Bing sweet cherries lowers circulating concentrations of inflammation markers in healthy men and women. **J. Nutr.** **136**, 981-986
- Kher A, Udabage P, McKinnon I, McNaughton D, Augustin MA. 2007. FTIR investigation of spray-dried milk protein concentrate powders. **Vib. Spectrosc.**, **44**(2): 375-381.
- Kim D-O, Heo HJ, Kim YJ, Yang HS, Lee CY. 2005.Sweet and sour cherry phenolics and their protective effects on neuronal cells. **Journal of agricultural and food chemistry**, **53**(26): 9921-9927.
- Kim, D.-O. Heo, H. J. Kim, Y. J. Yang, H. S. Lee, C. Y. 2005.Sweet and Sour Cherry Phenolics and Their Protective Effects on Neuronal Cells. **J. Agric. Food Chem.** **53**(26), 9921–9927. DOI: 10.1021/jf0518599.
- Kim, S., Baek, S.-K., & Song, K. B. 2018. Physical and antioxidant properties of alginate films prepared from *Sargassum fulvellum* with black chokeberry extract. **Food Packaging and Shelf Life**, **18**, 157–163.
- Kocira, A., Kozłowicz, K., Panasiewicz, K., Staniak, M., Szpunar-Krok, E., & Hortyńska, P. 2021. Polysaccharides as Edible Films and Coatings: Characteristics and Influence on Fruit and Vegetable Quality—A Review. **Agronomy**, **11**(5), 813. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050813>

- Kotsiou, K., Sacharidis, D. D., Matsakidou, A., Biliaderis, C. G., & Lazaridou, A. 2022. Physicochemical and functional aspects of composite wheat-roasted chickpea flours in relation to dough rheology, bread quality and staling phenomena. **Food Hydrocolloids**. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107322>. Article 107322.
- Kuehl, K.S. Perrier, E.T. Elliot, D.L. Chesnutt, J.C. 2010. Efficacy of tart cherry juice in reducing muscle pain during running: A randomized controlled trial. *JISSN* 7, 17.
- Küçük, G. S., Celik, O. F., Mazi, B. G., & Ture, H. 2020. Evaluation of alginate and zein films as a carrier of natamycin to increase the shelf life of kashar cheese. **Packaging Technology and Science**, **33**(1), 39-48. <https://doi.org/10.1002/pts.2483>
- Lazaridou, A., & Biliaderis, C. G. 2020. Edible films and coatings with pectin. In V. Kontogiorgos (Ed.), *Pectin: Technological and physiological properties* (pp. 99–123). Cham Switzerland: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-53421-9>
- Lee, C. H., An, D. S., Lee, S. C., Park, H. J., & Lee, D. S. 2004. A coating for use as an antimicrobial and antioxidative packaging material incorporating nisin and α -tocopherol. **Journal of Food Engineering**, **62**, 323–329.
- Lei, Y., Wu, H., Jiao, C., Jiang, Y., Liu, R., Xiao, D., Lu, J., Zhang, Z., Shen, G., & Li, S. 2019. Investigation of the structural and physical properties, antioxidant and antimicrobial activity of pectin-konjac glucomannan composite edible films incorporated with tea polyphenol. **Food Hydrocolloids**, **94**, 128–135.
- Lien, D. T. P. Tram, P. T. B. Toan, H. T. T. 2016. Antioxidant Properties of Food Natural Phenolic compounds—A Review. **Innov. Food Res.** **2**, 1–5.
- Lin D and Zhao Y, 2007. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. **Compr Rev Food Sci Food Safety** **6**:60–75
- Lin, D., & Zhao, Y. 2007. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, **6**, 60–75. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2007.00018.x>
- Lin, L., Liao, X., Surendhiran, D., & Cui, H. Y. 2018. Preparation of ϵ -polylysine/chitosan nanofibers for food packaging against Salmonella on chicken. **Food Packaging and Shelf Life**, **17**, 134–141.

- Lobo, A. M. Lourenco, A. M. 2007. *Biossintese De Produtos Naturais*, Ana. Lobo, Ana M. Lourenco, Eds., Instituto Superior Tecnico; Lisbon,
- Luesuwan, S., Naradisorn, M., Shiekh, K. A., Rachtanapun, P., & Tongdeesontorn, W. 2021. Effect of active packaging material fortified with clove essential oil on fungal growth and post-harvest quality changes in table grape during cold storage. **Foods**, **13**(19), 3445. <https://doi.org/10.3390/polym13193445>
- M. Abdollahi, M. Alboofetileh, R. Behrooz, M. Rezaei, R. Miraki, 2013. Reducing water sensitivity of alginate bio-nanocomposite film using cellulose nanoparticles, **Int. J. Biol. Macromol.** **54** 166–173.
- M. Mastromatteo, G. Barbuzzi, A. Conte, M.A. 2009. Del Nobile, **Innovative Food Science and Emerging Technologies** **10** 222–227.
- M. Mastromatteo, G. Barbuzzi, A. Conte, M.A. 2009. Del Nobile, **Innovative Food Science and Emerging Technologies** **10** 222–227.
- M. Omar-Aziz, M. Gharaghani, S.S. Hosseini, F. Khodaiyan, M. Mousavi, G. Askari, J.F. Kennedy, 2021. Effect of octenylsuccination of pullulan on mechanical and barrier properties of pullulan-chickpea protein isolate composite film, **Food Hydrocoll.** **107**. 047 121.
- Maftoonazad, N., Shahamirian, M., John, D., & Ramaswamy, H. 2019. Development and evaluation of antibacterial electrospun pea protein isolate-polyvinyl alcohol nanocomposite mats incorporated with cinnamaldehyde. **Materials Science and Engineering: C**, **94**, 393–402.
- Martins, J. T., Cerqueira, M. A., & Vicente, A. A. 2012. Influence of α -tocopherol on physicochemical properties of chitosan-based films. **Food Hydrocolloids**, **27**, 220–227.
- Martiny, T. R., Pacheco, B. S., Pereira, C. M. P., Mansilla, A., Astorga-España, M. S., Dotto, G. L., Moraes, C. C., & Rosa, G. S. 2020. A novel biodegradable film based on κ -carrageenan activated with olive leaves extract. **Food science & nutrition**, **8**(7), 3147–3156. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1554>.
- Mattila, P. Hellstrom, J. 2007. Phenolic Acids in Potatoes, Vegetables, and Some of Their Products. **J. Food Compost Anal.** **20**(3), 152–160. DOI: 10.1016/j.jfca.2006.05.007.

- Mattila, P. Hellstrom, J. Torronen, R. 2006. Phenolic Acids in Berries, Fruits, and Beverages. **J. Agric. Food Chem.** **54**(19), 7193–7199. DOI: 10.1021/jf0615247.
- McCune L.M. Kubota, C. Stendell-Hollis, N.R. Thomson, C.A. 2011. Cherries and health: A review. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** **51**, 1-12.
- Mikiciuk, G. Mikiciuk, M. Mozdzer, E. Statkiewicz, M. Chylewska, U. 2015. The Effects of Foliar Nutrition with InCa Fertilizer on the Chemical Composition of Leaves and Fruits of Sweet Cherry. **J. Ecol. Eng.** **16**(2), 116–119. DOI: 10.12911/22998993/1865.
- Mikiciuk, G. Mikiciuk, M. Mozdzer, E. Statkiewicz, M. Chylewska, U. 2015. The Effects of Foliar Nutrition with InCa Fertilizer on the Chemical Composition of Leaves and Fruits of Sweet Cherry. **J. Ecol. Eng.** **16**(2), 116–119. DOI: 10.12911/22998993/1865.
- Mo, -Y.-Y. Geibel, M. Bonsall, R. F. Gross, D. C. 1995. Analysis of Sweet Cherry (*Prunus avium* L.) Leaves for Plant Signal Molecules that Activate the *syrB* Gene Required for Synthesis of the Phytotoxin, Syringomycin, by *Pseudomonas syringae* pv *syringae*. **Plant Physiol.** **107**(2), 603–612. DOI: 10.1104/pp.107.2.603
- Mo, -Y.-Y. Geibel, M. Bonsall, R. F. Gross, D. C. 1995. Analysis of Sweet Cherry (*Prunus avium* L.) Leaves for Plant Signal Molecules that Activate the *syrB* Gene Required for Synthesis of the Phytotoxin, Syringomycin, by *Pseudomonas syringae* pv *syringae*. **Plant Physiol.** **107**(2), 603–612. DOI: 10.1104/pp.107.2.603.
- Mohamed, A., El Galiou, O., Zantar, S., Arakrak, A., Laglaoui, A., & Zerrouk, M. H. 2022. Edible Films and Coatings: Major Challenges and Potential Applications in Food Packaging. A Review. In A. K. Shukla (Ed.), *Food Packaging: The Smarter Way* (pp.187-224). Springer Nature Singapore. [https:// doi. org/ 10. 1007/978- 981- 16- 7196-8_8](https://doi.org/10.1007/978-981-16-7196-8_8)
- Mohamed, S. A., El-Sakhawy, M., & El-Sakhawy, M. A.-M. 2020. Polysaccharides, protein and lipid-based natural edible films in food packaging: A review. *Carbohydrate Polymers*, 238, Article 116178.
- Mortensen, A. Kulling, S. E. Schwartz, H. Rowland, I. Ruefer, C. E. Rimbach, G. Cassidy, A. Magee, P. Millar, J. Hall, W. L. 2009. Analytical and Compositional

- Aspects of Isoflavones in Food and Their Biological Effects. **Mol. Nutr. Food Res.** **53**(S2), 266–309.
- Mouzakitis, C.-K., Sereti, V., Matsakidou, A., Kotsiou, K., Biliaderis, C. G., & Lazaridou, A. 2022. Physicochemical properties of zein-based edible films and coatings for extending wheat bread shelf life. **Food Hydrocolloids**, **132**, 107856. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107856>
- Mozetič, B., Trebšič, P., Hribar, J. 2002. Determination and quantitation of anthocyanins and hydroxycinnamic acids in different cultivars of sweet cherries (*Prunus avium* L.) from Nova Gorica Region (Slovenia). **Food Technol. Biotechnol.** **40**, 207-212.
- Mulabagal, V., Lang, G.A., DeWitt, D.L., Dalavoy, S.S., Nair, M.G. 2009. Anthocyanin content, lipid peroxidation and cyclooxygenase enzyme inhibitory activities of sweet and sour cherries. **J. Agric. Food Chem.** **57**, 1239-1246
- Musialik, M., Kuzmicz, R., Pawłowski, T. S., Litwinienko, G. 2009. Acidity of Hydroxyl Groups: An Overlooked Influence on Antiradical Properties of Flavonoids. **J. Org. Chem.** **74**(7), 2699–2709. DOI: 10.1021/jo802716v.
- Naczka, M., Shahidi, F. 2004. Extraction and Analysis of Phenolics in Food. **J. Chromatogr. A.** **1054**(1), 95–111. DOI: 10.1016/S0021-9673(04)01409-8.
- Nair, M. S., Tomar, M., Punia, S., Kukula-Koch, W., & Kumar, M. 2020. Enhancing the functionality of chitosan-and alginate-based active edible coatings/films for the preservation of fruits and vegetables: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, **164**, 304–320.
- Nezamdoost-Sani, N., Khaledabad, M. A., Amiri, S., & Mousavi Khaneghah, A. 2023. Alginate and derivatives hydrogels in encapsulation of probiotic bacteria: An updated review. **Food Bioscience**, **52**.41-49.
- Nilsuwan, K., Benjakul, S., & Prodpran, T. 2016. Emulsion stability and properties of fish gelatin-based films as affected by palm oil and surfactants. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, **96**, 2504–2513. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7371>
- O'Donoghue, E. M., Somerfield, S., McLachlan, A., Olsson, S., & Woolf, A. 2013. High-pressure water washing and continuous high humidity during storage and shelf conditions prolongs quality of red capsicums (*Capsicum annuum* L.).

- Postharvest Biology and Technology**, **81**, 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.02.012>
- Olivas GI and Barbosa-Cánovas GV, 2008. Alginate-calcium films: water vapour permeability and mechanical properties as affected by plasticizer and relative humidity. **Lebensm Wiss Technol** **41**:359–366
- Onur, O. Akinci, A.S. Akbiyik, F. Unsal, I. 2001. Elevated levels of nitrate in rheumatoid arthritis. **Rheumatol. Int.** **20**, 154-158.
- Pacholak, E. Zydlik, Z. Rutkowski, K. 2011. Effect of Cherry Nitrogen Fertilization on the Content of Minerals in the Leaves and Soil. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*. **10**(1), 105–112.
- Parreidt, T. S., Schott, M., Schmid, M., & Muller, K. 2018. Effect of presence and concentration of plasticizers, vegetable oils, and surfactants on the properties of sodium-alginate-based edible coatings. **International Journal of Molecular Sciences**, **19**(3), 1-22 <https://doi.org/10.3390/ijms19030742>.
- Pawar, S. N. 2017. Chemical modification of alginate. In *Seaweed polysaccharides* (pp. 111–155).
- Pawar, S. N., & Edgar, K. J. 2012. Alginate derivatization: A review of chemistry, properties and applications. **Biomaterials**, **33**, 3279–3305.
- Pazmino-Duran, E. A. Giusti, M. M. Wrolstad, R. E. Gloria, M. B. A. 2001. Anthocyanins from *Oxalis Triangularis* as Potential Food Colorants. **Food Chem.** **75**(2), 211–216. DOI: 10.1016/S0308-8146(01)00201-1.
- Phan, H. T. L., Nam, Y. R., Kim, H. J., Woo, J. H., NamKung, W., Nam, J. H., et al. 2022. In-vitro and in-vivo anti-allergic effects of magnolol on allergic rhinitis via inhibition of ORAI1 and ANO1 channels. **Journal of Ethnopharmacology**, **289**, Article 115061. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115061>
- Polenta G, Lucangeli C, Budde C, González CB and Murray R, 2006. Heat and anaerobic treatments affected physiological and biochemical parameters in tomato fruits. **LebensmWiss Technol** **39**:27–34
- Pranoto Y, Salokhe VM and Rakshit SP, 2005. Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic acid. **Food Res Int** **38**:267–272

- Vasanthi, R ShriShriMal, H. N. K Das, D. 2012. Phytochemicals from Plants to Combat Cardiovascular Disease. *Curr. Med. Chem.* **19**(14), 2242–2251. DOI: 10.2174/092986712800229078.
- Rakotonirainy AM, Wang Q and Padua GW, 2001. Evaluation of zein films as modified atmosphere packaging for fresh broccoli. *J Food Sci* **66**:1108–1111
- Ramadhan, T., Ching, S. H., Prakash, S., & Bhandari, B. 2020. Physical and mechanical properties of alginate based composite gels. *Trends in Food Science & Technology*, **106**, 150–159.
- Randhir, R. Lin, Y.-T. Shetty, K. 2004. Phenolics, Their Antioxidant and Antimicrobial Activity in Dark Germinated Fenugreek Sprouts in Response to Peptide and Phytochemical Elicitors. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* **13**(3), 295–307.
- Ranjbaryan, S., Pourfathi, B., & Almasi, H. 2019. Reinforcing and release controlling effect of cellulose nanofiber in sodium caseinate films activated by nanoemulsified cinnamon essential oil. *Food Packaging and Shelf Life*, **21**, Article 100341.
- Ridker, P.M. 2001. High-sensitivity C-reactive protein: potential adjunct for global risk assessment in primary prevention of cardiovascular disease. *Circulation* **103**, 1813-1818.
- Riseh, R. S., Skorik, Y. A., Thakur, V. K., Pour, M. M., Tamanadar, E., & Noghabi, S. S. 2021. Encapsulation of plant biocontrol bacteria with alginate as a main polymer material. *International Journal of Molecular Sciences*, **22**, 41-49.
- Robards, K. Antolovich, M. 1997. Analytical Chemistry of Fruit Bioflavonoids: A review. *Analyst*. **122**(2), 11–34. DOI: 10.1039/a606499j
- Robbins, R. J. 2003. Phenolic Acids in Foods: An Overview of Analytical Methodology. *J. Agric. Food Chem.* **51** (10), 2866–2887. DOI: 10.1021/jf026182t.
- Rojas-Grau MA, Raybaudi-Massilia RM, Soliva-Fortuny RC, Avena-Bustillos RJ, 2007. McHugh TH and Martín-Belloso O, Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Postharvest Biol Technol* **45**:254–264
- Ross, J. A. Kasum, C. M. 2002. Dietary Flavonoids: Bioavailability, Metabolic Effects, and Safety. *Ann Rev Nutr.* **22**(1), 19–34. DOI: 10.1146/annurev.nutr.22.111401.144957.

- Saberi, B., Chockchaisawasdee, S., Golding, J. B., Scarlett, C. J., & Stathopoulos, C. E. 2017. Physical and mechanical properties of a new edible film made of pea starch and guar gum as affected by glycols, sugars and polyols. **International Journal of Biological Macromolecules**, **104**, 345-359. [https:// doi. org/ 10.1016/j. ijbio mac. 2017. 06. 051](https://doi.org/10.1016/j.ijbio mac.2017.06.051)
- Saldierna Guzmán, J. P., Nguyen, K., & Hart, S. C. 2020. Simple methods to remove microbes from leaf surfaces. **Journal of Basic Microbiology**, **60**, 730–734.
- Saltveit ME, 2005. Influence of heat shocks on the kinetics of chilling-induced ion leakage from tomato pericarp discs. **Postharvest Biol Technol** **36**:87–92
- Sarić, A. Sobocanec, S. Balog, T. Kusić, B. Sverko, V. Dragović-Uzelac, V. Levaj, B. Cosić, Z. Macak Safranko, Z. Marotti, T. 2009. Improved antioxidant and anti-inflammatory potential in mice consuming sour cherry juice (*Prunus cerasus* cv. Maraska). **Plant Foods Hum. Nutr.** **64**, 231-237.
- Schuller, E. Halbwirth, H. Mikulic-Petkovsek, M. Slatnar, A. Veberic, R. Forneck, A. Stich, K. Spornberger, A. 2015. High Concentrations of Anthocyanins in Genuine Cherry-juice of Old Local Austrian *Prunus Avium* Varieties. **Food Chem.** **173**, 935–942. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.10.113.
- Sellimi, S., Younes, I., Ben Ayed, H., Maalej, H., Montero, V., Rinaudo, M., et al. 2015. Structural, physicochemical and antioxidant properties of sodium alginate isolated from a Tunisian brown seaweed. **International Journal of Biological Macromolecules**, **72**, 1358–1367.
- Serra, A. T. Duarte, R. O. Bronze, M. R. Duarte, C. M. 2011. Identification of Bioactive Response in Traditional Cherries from Portugal. **Food Chem.** **125**(2), 318–325. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.07.088.
- Serra, A.T. Duarte, R.O. Bronze, M.R. Duarte, C.M.M. 2011. Identification of bioactive response in traditional cherries from Portugal. **Food Chem.** **125**, 318-325.
- Serra, A.T. Seabra, I.J. Braga, M.E.M. Bronze, M.R. de Sousa, H.C. Duarte, C.M.M. 2010. Processing cherries (*Prunus avium*) using supercritical fluid technology. Part 1: Recovery of extract fractions rich in bioactive compounds. **J. Supercrit. Fluids** **55**, 184-191.
- Serradilla, M. J. Lozano, M. Bernalte, M. J. Ayuso, M. C. Lopez-Corrales, M. Gonzalez-Gomez, D. 2011. Physicochemical and Bioactive Properties Evolution

- during Ripening of ‘Ambrunes’ Sweet Cherry Cultivar. **Food Sci. Technol.** **44(1)**, 199–205.
- Serrano, M. Guille'n, F. Marti'nez-Romero, D. Castillo, S. Valero, D. 2005. Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. **J. Agric. Food Chem.** **53**, 2741-2745.
- Shahidi, F. Ambigaipalan, P. 2015. Phenolics and Polyphenolics in Foods, Beverages and Spices: Antioxidant Activity and Health effects—A Review. **J. Funct. Foods.** **18B**, 820–897. DOI: 10.1016/j.jff.2015.06.018.
- Shen, Y., Ni, Z.-J., Thakur, K., Zhang, J.-G., Hu, F., & Wei, Z.-J. 2021. Preparation and characterization of clove essential oil loaded nanoemulsion and pickering emulsion activated pullulan-gelatin based edible film. **International Journal of Biological Macromolecules**, **181**, 528–539.
- Shetty, K..1997. Biotechnology to Harness the Benefits of Dietary Phenolics; Focus on Lamiaceae. **Asia Pac. J. Clin. Nutr.** **6**, 162–171.
- Shimizu, T., Kono, A., & Suzaki, K. 2019. Transcriptional analysis of defense-related genes induced by infection with the causal agent of downy mildew, *Plasmopara viticola*, in grapevine cultivar Shine Muscat. **Journal of General Plant Pathology**, **85** (3), 182–188. <https://doi.org/10.1007/s10327-019-00840-2>
- Shivangi, S., Dorairaj, D., Negi, P. S., & Shetty, N. P. 2021. Development and characterisation of a pectin-based edible film that contains mulberry leaf extract and its bio-active components. **Food Hydrocolloids**, **121**, Article 107046.
- Shukla R and Cheryan M.2001. Zein: the industrial protein from corn. **Ind Crop Prod** **13**:171–192
- Silva, L. R. Costa, R. 2014. In Health Benefits of Nongallated and Gallated Flavan-3-ols: A Prospectus, Amanda L. Kinsey, Ed., **Nova Science Publishers**, **20**, pp. 1–50.
- Spasojević, L., Katona, J., Bučko, S., Savić, S. M., Petrović, L., Budinčić, J. M., et al. 2019. Edible water barrier films prepared from aqueous dispersions of zein nanoparticles. **Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology**, **109**, 350–358.
- Suhag, R., Kumar, N., Petkoska, A. T., & Upadhyay, A. 2020. Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. **Food**

- Research International**, **136**, 109582. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109582>
- Suhag, R., Kumar, N., Petkoska, A. T., & Upadhyay, A. 2020. film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. **Food Research International**, **136**. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109582>. Article 109582.
- Sun, C., Dai, L., & Gao, Y. 2017a. Interaction and formation mechanism of binary complex between zein and propylene glycol alginate. *1016/j.carbpol.2016.11.046*
- Sun, C., Dai, L., & Gao, Y. 2017b. Formation and characterization of the binary complex between zein and propylene glycol alginate at neutral pH. **Food Hydrocolloids**, **64**, 36-47. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.10.031>
- Sun, H. T., Shao, X. R., Jiang, R. P., Shen, Z. M., & Ma, Z. S. 2018. Mechanical and barrier properties of corn distarch phosphate-zein bilayer films by thermocompression. **International Journal of Biological Macromolecules**, **118**, 2076–2081.
- Sun, L., Sun, J., Chen, L., Niu, P., Yang, X., & Guo, Y. 2017. Preparation and characterization of chitosan film incorporated with thinned young apple polyphenols as an active packaging material. **Carbohydrate Polymers**, **163**, 81–91.
- Sun, X., Wang, J., Dong, M., Zhang, H., Li, L., & Wang, L. 2022. Food spoilage, bioactive food fresh-keeping films and functional edible coatings: Research status, existing problems and development trend. **Trends in Food Science & Technology**, **119**, 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.004>
- Sun, Y., Liu, Z., Zhang, L., Wang, X., & Li, L. 2020. Effects of plasticizer type and concentration on rheological, physico-mechanical and structural properties of chitosan/zein film. **International Journal of Biological Macromolecules**, **143**, 334-340. <https://doi.org/10.1016/j.ijbio mac.2019.12.035>
- Tall, J.M. Seeram, N.P. Zhao, C. Nair, M.G. Meyer, R.A. Raja, S.N. 2004. Tart cherry anthocyanins suppress inflammation-induced pain behavior in rat. **Behav. Brain Res.** **153**, 181-188.

- Thi Nguyen, T., Pham, B.-T. T., Nhien Le, H., Bach, L. G., & Thuc, C. N. H. 2022. Comparative characterization and release study of edible films of chitosan and natural extracts. **Food Packaging and Shelf Life**, **32**, Article 100830.
- Tierra, M. 1998. *The way of herbs*; Pocket books: New York.
- Tsai, M. J., & Weng, Y. M. 2019. Novel edible composite films fabricated with whey protein isolate and zein: preparation and physicochemical property evaluation. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology*, **101**, 567–574.
- Tsao, R. 2010. Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols. **Nutrients**. **2**(12), 1231–1246.
- United States Department of Agriculture (USDA): 2015. <http://fnic.nal.usda.gov/food-composition> (accessed Sep 6, 2016).
- Usenik, V. Fabčič, J. Štampar, F. 2008. Sugars, Organic Acids, Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Sweet Cherry (*Prunus Avium L.*). **Food Chem.** **107**(1), 185–192. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.08.004
- Vera, A., Tapia, C., & Abugoch, L. 2020. Effect of high-intensity ultrasound treatment in combination with transglutaminase and nanoparticles on structural, mechanical, and physicochemical properties of quinoa proteins/chitosan edible films. **International Journal of Biological Macromolecules**, **144**, 536–543.
- Wang, H. Nair, M.G. Strasburg, G.M. 1999. Antioxidant and anti-inflammatory activities of anthocyanins and their aglycon, cyanidin, from tart cherries. **J. Nat. Prod.** **62**, 294-296.
- Wang, J. Mazza, G. 2002. Effects of anthocyanins and other phenolic compounds on the production of tumor necrosis factor alpha in LPS/IFN-gamma-activated RAW 264.7 macrophages. **J. Agric. Food Chem.** **50**, 4183-4189.
- Wang, J. Mazza, G. 2002. Inhibitory effects of anthocyanins and other phenolic compounds on nitric oxide production in LPS/IFN-gamma-activated RAW 264.7 macrophages. **J. Agric. Food Chem.** **50**, 850-857.
- Wang, Q., Wei, H., Deng, C., Xie, C., Huang, M., & Zheng, F. 2020. Improving stability and accessibility of quercetin in olive oil-in-soy protein isolate/pectin stabilized O/W emulsion. *Foods*, **9**, 123.
- Wang, W., Ma, X., Jiang, P., Hu, L., Zhi, Z., Chen, J., Ding, T., Ye, X., & Liu, D. 2016. Characterization of pectin from grapefruit peel: a comparison of ultrasound-

- assisted and conventional heating extractions. **Food Hydrocolloids**, **61**, 730–739.
- Watson, R. R. Preedy, V. R. Zibadi, S. 2013. Polyphenols in Human Health and Disease; Ronald R. Watson, Victor R. Preedy, Sherma, Zibadi, Eds. Academic Press,
- Willits, M. G. Giovanni, M. T. Prata, R. T. Kramer, C. M. De Luca, V. Steffens, J. C. Graser, G. 2004. Biofermentation of Modified Flavonoids: An Example of in Vivo Diversification of Secondary Metabolites. **Phytochem.** **65**(1), 31–41. DOI: 10.1016/j.phytochem.2003.10.005.
- Wu, H., Lei, Y., Zhu, R., Zhao, M., Lu, J., Xiao, D., Jiao, C., Zhang, Z., Shen, G., & Li, S. 2019. Preparation and characterization of bioactive edible packaging films based on pomelo peel flours incorporating tea polyphenol. **Food Hydrocolloids**, **90**, 41–49.
- Wu, H., Lei, Y., Zhu, R., Zhao, M., Lu, J., Xiao, D., Jiao, C., Zhang, Z., Shen, G., & Li, S. 2019. Preparation and characterization of bioactive edible packaging films based on pomelo peel flours incorporating tea polyphenol. **Food Hydrocolloids**, **90**, 41–49.
- Xing, Q., Zhang, X., Wu, D., Han, Y., Nirmali Wickramaratne, M., Dai, H., & Wang, X. 2019. Ultrasound-assisted synthesis and characterization of heparin-coated Eu³⁺ doped hydroxyapatite luminescent nanoparticles. *Colloid and Interface Science Communications*, *29*(17–25).
- Xu, H., Chai, Y., & Zhang, G. 2012. Synergistic effect of oleic acid and glycerol on zein film plasticization. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **60**, 10075–10081. <https://doi.org/10.1021/jf302940j>
- Xue, F., Gu, Y., Wang, Y., Li, C., & Adhikari, B. 2019. Encapsulation of essential oil in emulsion based edible films prepared by soy protein isolate-gum acacia conjugates. **Food Hydrocolloids**, **96**, 178–189. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.014>
- Yamaguchi, K. Liggett, J.L. Kim, N-C. Baek, S.J. 2006. Anti-proliferative effect of horehound leaf and wild cherry bark extracts on human colorectal cancer cells. **Oncol. Rep.** **15**, 275-281
- Yang, J. S., Xie, Y. J., & He, W. 2011. Research progress on chemical modification of alginate: A review. **Carbohydrate Polymers**, **84**, 33–39.

- Yang, M., Wang, L., & Xia, Y. 2019. Ammonium persulphate induced synthesis of polymethyl methacrylate grafted sodium alginate composite films with high strength for food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, **124**, 1238-1245. [https:// doi. org/ 10. 1016/j. ijbio mac. 2018. 12. 012](https://doi.org/10.1016/j.ijbio mac.2018.12.012)
- Yang, S., Yuan, Z., Aweya, J. J., Huang, S., Deng, S., Shi, L., Zheng, M., Zhang, Y., & Liu, G. 2021. Low-intensity ultrasound enhances the antimicrobial activity of neutral peptide TGH2 against Escherichia coli. **Ultrasonics Sonochemistry**, **77**, Article 105676.
- Zhang, B., Lan, W., & Xie, J. 2022. Chemical modifications in the structure of marine polysaccharide as serviceable food processing and preservation assistant: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, **223**, 1539–1555.
- Zhang, J. N., Zhang, J. J., Guan, Y. F., Huang, X. W., Arslan, M., Shi, J. Y., et al. 2022. High- sensitivity bilayer nanofiber film based on polyvinyl alcohol/sodium alginate/ polyvinylidene fluoride for pork spoilage visual monitoring and preservation. **Food Chemistry**, **394**.41-50.
- Zhang, L. M., Liu, Z. L., Wang, X. Y., Dong, S., Sun, Y., & Zhao, Z. T. 2019. The properties of chitosan/zein blend film and effect of film on quality of mushroom (*Agaricus bisporus*). **Postharvest Biology and Technology**, **155**, 47–56.
- Zhang, L., Liu, Z., Han, X., Sun, Y., & Wang, X. 2019. Effect of ethanol content on rheology of film-forming solutions and properties of zein/chitosan film. **International Journal of Biological Macromolecules**, **134**, 807-814. [https:// doi. org/ 10. 1016/j. ijbio mac. 2019. 05. 085](https://doi.org/10.1016/j.ijbio mac.2019.05.085)
- Zhang, Y. Neogi, T. Chen. C. Chaisson, C. Hunter, D. Choi, H.K. 2012. Cherry consumption and decreased risk of recurrent gout attacks. **Arthritis Rheumatol.** **64**, 4004-4011.
- Zou, Z., Zhang, B., Nie, X., Cheng, Y., Hu, Z., Liao, M., et al. 2020. A sodium alginatebased sustained-release IPN hydrogel and its applications. **RSC Advances**, **10**, 39722–39730.

EKLER**EK 1.**

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Zeynep ULAŞ

Uyruğu: T.C.

Doğum Tarihi ve Yeri:

Medeni Durum:

e-mail:

Yazışma Adresi:

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Gıda Müh. Fak.	2024
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Gıda Müh. Fak.	2013
Lise	75.Yıl Cumhuriyet Lisesi (YDA), Kayseri	2007

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2024-Halen	Kızılay Hastanesi	Gıda Mühendisi
2015	Memorial Hastanesi	Gıda Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce