

T.C.

İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**ESANSİYEL YAĞ İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ PİRİNÇ
PROTEİNİ VE MISIR NIŞASTASI BAZLI YENİLEBİLİR FİLM
ÜRETİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Melike KURTFAKI

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

ARALIK, 2022

T.C.

İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**ESANSİYEL YAĞ İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ PİRİNÇ
PROTEİNİ VE MISIR NIŞASTASI BAZLI YENİLEBİLİR FİLM
ÜRETİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Melike KURTFAKI

(Y1913.040001)

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Meral YILDIRIM YALÇIN

ARALIK, 2022

ONAY FORMU



ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum ‘Esansiyel Yağ ile Zenginleştirilmiş Pirinç Proteini ve Mısır Nişastası Bazlı Yenilebilir Film Üretimi’ adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakça’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (14/12/2022)

Melike KURTFAKI

ÖNSÖZ

“Esansiyel Yağ ile Zenginleştirilmiş Pirinç Proteini ve Mısır Nişastaslı Bazlı Yenilebilir Film Üretimi” adlı bu çalışma İstanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü’nde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca benden kıymetli bilgi, birikim ve tecrübelerini esirgemeyen ve çalışmalarımı yönlendirmemde büyük emekleri olan, tez konumun seçilmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesinde göstermiş olduğu desteklerinden dolayı değerli danışman hocam Sn. Dr. Öğr. Üyesi Meral YILDIRIM YALÇIN’a, kıymetli zamanlarını ayırarak katkılarını benden esirgemeyen değerli jüri üyelerim Sn. Prof. Dr. Zeynep Dilek HEPERKAN ve Sn. Dr. Öğr. Üyesi Özlem AKTÜRK GÜMÜŞAY’a, son olarak bütün yaşamım boyunca zorluklara karşı yılmadan mücadeleyi öğreten, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve her konuda yanımda olan çok kıymetli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aralık, 2022

Melike KURTFAKI

ESANSİYEL YAĞ İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ PİRİNÇ PROTEİNİ VE MISIR NIŞASTASI BAZLI YENİLEBİLİR FİLM ÜRETİMİ

ÖZET

Bu çalışmada bitkisel bir protein olan pirinç proteini mısır nişastasına ek olarak dökme yöntemi ile yenilebilir film üretilip bazı fiziksel, mekanik ve geçirgenlik özellikleri incelenmiştir. Nişasta bazlı film örneğine pirinç proteini konularak nişastanın suya dayanımı daha yüksek ve gıda ambalajlarında kullanıma uygun özelliklere sahip yenilebilir film üretilmesi amaçlanmıştır. Ham nişastanın kırılğan, higroskopik ve düşük mekanik özelliklere sahip yapısı değiştirilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla; filmlerde kalınlık (dijital kumpas), yoğunluk, suda çözünürlük (gravimetrik), suda şişme (gravimetrik), renk (kolorimetre), optik geçirgenlik (spektrofotometre), su buharı geçirgenliği (su metodu), FTIR ve çekme testleri (çekme mukavemeti ve maksimum kopma uzaması) gerçekleştirilmiştir. Esansiyel yağlar kullanılarak gıdaların kalitesini, tazeliğini ve güvenliğini korumak için doğal, çevre dostu, toksik olmayan ve biyolojik olarak parçalanabilen yenilebilir film elde edilmektedir. Bu çalışmada, defne yaprağı esansiyel yağı ilave edilerek aktif içeriği artırılmış filmlerin antimikrobiyal aktivitesi, toplam fenolik madde miktarı (Folin Ciocalteou metodu) ve antioksidan aktivitesi (DPPH radikal süpürme metodu) incelenmiştir. Üretilen yenilebilir filmler, çileklerin üzerinde denenerek görsel olarak kalitesi ve raf ömrünün olumlu bir şekilde etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yenilebilir film, Yenilebilir kaplama, Bitkisel bazlı proteinler, Pirinç proteini, Mısır nişastası, Esansiyel yağlar, Defne yaprağı esansiyel yağı.

PRODUCTION EDIBLE FILM BASED ON RICE PROTEIN AND CORN STARCH ENRICHED WITH ESSENTIAL OIL

ABSTRACT

In this study, rice protein, which is a vegetable protein, was produced as edible film by pouring method. In addition to corn starch and some physical, mechanical and permeability properties were investigated. It is aimed to produce edible film with higher water resistance of starch and suitable properties for use in food packaging by adding rice protein to the starch-based film sample. The structure of raw starch, which is brittle, hygroscopic and has low mechanical properties, has been tried to be changed. For this purpose,; the thickness of the films (digital compass), density, solubility in water (gravimetric), swelling in water (gravimetric), color (colorimeter), optical transmittance (spectrophotometer), water vapor permeability (water method), FTIR and tensile tests (tensile strength and maximum elongation) was carried out. Using essential oils, a natural, environmentally friendly, non-toxic and biodegradable edible film is obtained to preserve the quality, freshness and safety of food. In this study, the antimicrobial activity, total phenolic substance amount (Folin Ciocalteou method) and antioxidant activity (DPPH radical scavenging method) of the films whose active content was increased by adding bay leaf essential oil were investigated. The edible films produced were tested on strawberries and it was concluded that their visual quality and shelf life were positively affected.

Keywords: Edible film, Edible coating, Plant-based proteins, Rice protein, Corn starch, Essential oils, Bay leaf essential oil.

İÇİNDEKİLER

ONUR SÖZÜ	ii
ÖNSÖZ.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	x
I. GİRİŞ	1
II. LİTERATÜR İNCELEMESİ	4
A.Yenilebilir Film ve Kaplamalar.....	4
1.Yenilebilir Filmlerin Bileşimi ve Çeşitleri.....	4
a.Polisakkarit bazlı yenilebilir filmler	5
b.Lipid bazlı yenilebilir filmler.....	6
c.Protein bazlı yenilebilir filmler	6
2.Yenilebilir Filmlerin Özellikleri ve Fonksiyonları.....	7
3.Yenilebilir Film Hazırlama Yöntemleri	8
a.Döküm yöntemi	8
b.Ekstrüzyon yöntemi	9
4.Gıdalara Uygulama Yöntemleri	9
B.Yenilebilir Kaplama Üzerine Yapılan Çalışmalar	11
1.Bitkisel Kaynaklı Protein Bazlı Yenilebilir Filmler ile Yapılan Çalışmalar	11
2.Mısır Nişastası ile Yapılan Çalışmalar.....	12
3.Esansiyel Yağlar ile Yapılan Çalışmalar.....	14
4.Defne Yapağı Yağı	15
III. MATERYAL VE METOD	16
A.Materyal	16
B.Metod.....	16
1.Yenilebilir Film Yapımı	16

a.Mısır nişastası ile yenilebilir film yapılması	17
b.Pirinç proteini ve mısır nişastası ile yenilebilir film yapılması	17
c.Mısır nişastası, pirinç proteini ve defne yaprağı esansiyel yağ ile yenilebilir film yapılması	18
2.Film Analizleri	19
a.Kalınlık.....	19
b.Yoğunluk	19
c.Suda çözünürlük	19
d.Suda şişme	20
e.Su buharı geçirgenliği	20
f.Mekanik özellikler.....	21
g.Optik geçirgenlik	22
h.Renk	22
i.Toplam fenolik madde	22
j.Antioksidan aktivite.....	23
k.Antimikrobiyal aktivite ve çileklerin zamanla değişimi	23
l.Fourier transform kızılötesi (FT-IR) spektroskopisi.....	24
m.İstatistiksel analiz	24
IV. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	25
A.Kalınlık, Yoğunluk, Suda Çözünürlük, Suda şişme	25
B.Su Buharı Geçirgenliği	27
C.Mekanik Özellikler.....	29
D.Görsel Analiz.....	31
E.Optik Geçirgenlik	33
F.Renk	34
G.Toplam Fenolik İçerik ve Antioksidan Aktivite.....	35
H.Antimikrobiyal Aktivite ve Çileklerin Zamanla Değişimi.....	37
İ.Fourier Transform Kızılötesi (FT-IR) Spektroskopisi	40
V. SONUÇ	42
VI. KAYNAKÇA.....	43
ÖZGEÇMİŞ.....	61

KISALTMALAR LİSTESİ

g	: Gram
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
rpm	: Rounds per minute
vd.	: ve diğerleri
°C	: Sıcaklık (Santigrad derece)
%	: Yüzde oranı
µL	: Mikrolitre
Kontrol	: Mısır nişastası bazlı film
PP	: Pirinç proteini
EY	: Defne yaprağı esansiyel yağı
10PP	: %10 Pirinç protein ilaveli mısır nişastası filmi
20PP	: %20 Pirinç protein ilaveli mısır nişastası filmi
10PP+EY	: %10 Pirinç proteini ve defne yaprağı esansiyel yağ ilaveli mısır nişastası filmi
20%PP+EY	: %20 Pirinç proteini ve defne yaprağı esansiyel yağ ilaveli nişastası filmi.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Yenilebilir film ve kaplama örnekleri.....	2
Şekil 2. Yenilebilir film yapımında döküm yöntemi.....	8
Şekil 3. Yenilebilir film yapımında ekstrüzyon yöntemi.....	9
Şekil 4. Sebze ve meyvelere yenilebilir kaplama uygulama yöntemleri.....	11
Şekil 5. Buzdolabı şartlarında 21 gün saklandıktan sonra Red Crimson üzümleri kontrol numunesi (i) ve gliserol ile plastikleştirilmiş değiştirilmiş mumsu mısır nişastası/ jelatin (1:1) karışımı ile kaplanmış üzümler.....	14
Şekil 6. Su buharı geçirgenliği analizinde kullanılan dairesel alüminyum test kapları.....	21
Şekil 7. Mukavemet ölçme cihazı.....	21
Şekil 8. Film örneklerinin % Uzama miktarı.....	30
Şekil 9. Film örneklerinin çekme mukavemeti (N/mm ²).....	30
Şekil 10. Film örneklerinin görüntüleri.....	32
Şekil 11. Film örneklerinin opaklık (Abs600nm/kalınlık) değerleri.....	33
Şekil 12. Film örneklerinin 500 µL ile hazırlanan gallik asit standard eğrisi.....	36
Şekil 13. Film örneklerinin toplam fenolik içerik (mg GAE 100 g ⁻¹ dm) grafiği.....	36
Şekil 14. Film örneklerinin 100 g film için %DPPH inhibisyon değerleri grafiği.....	37
Şekil 15. <i>Salmonella</i> , Gram (-).....	37
Şekil 16. <i>B. cereus</i> , Gram (+).....	37
Şekil 17. Çilek numunesinin kontrol filmi üzerinde zamanla değişimi.....	38
Şekil 18. Çilek numunesinin %10 PP filmi üzerinde zamanla değişimi.....	39
Şekil 19. Çilek numunesinin %10 PP + EY filmi üzerinde zamanla değişimi.....	39
Şekil 20. Mısır Nişastası, PP, Kontrol filmi, %10PP, %20PP, %10PP+EY, %20PP+EY örneklerinin Fourier transform kızılötesi (FT-IR) spektroskopisi sonuçları.....	41

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1. Yenilebilir film ve kaplama çeşitleri.....	5
Çizelge 2. Çalışmada kullanılan örnek kodları ve bileşenleri.....	16
Çizelge 3. Film örneklerinin kalınlık, yoğunluk, suda çözünürlük, suda şişme analiz sonuçları.....	26
Çizelge 4. Film örneklerinin su buharı geçirgenliği değerleri	28
Çizelge 5. Film örneklerinin L^* , a^* , b^* , ΔE , SI , BI değerleri	35

I. GİRİŞ

Gıda sektöründe üretim, işleme, dağıtım ve depolama aşamalarında gıda, kimyasal ve mikrobiyolojik süreçler yüzünden bozulmaya uğrar. Gıda bozulmalarını kontrol altına almak için çok çeşitli gıda muhafaza yöntemleri kullanılmaktadır. Gıda ambalajlama, muhafaza yöntemlerinden bir tanesidir. Plastik ambalaj atıkları küresel bir problem olduğundan çevre kirliliğini azaltan, doğaya zarar vermeyen, insan sağlığı ve gıda güvenliğini sağlayan ambalaj malzemelerine olan istek sürekli artmaktadır (Galanakis, 2020; Galanakis vd., 2020; Galanakis vd., 2021). Son yıllarda, gıdaların korunması, gıda kalitesinin ve gıda güvenliğinin sağlanması için biyolojik olarak parçalanabilen filmlerin veya kaplamaların geliştirilmesine olan ilgi artmaktadır (Gómez-Estaca vd., 2014; Zhang ve Rhim, 2022). Yenilebilir filmler/kaplamalar, gıdalarda uygulandığında gıda-çevre arasındaki ve aynı gıdanın farklı kısımları arasındaki molekül alışverişini değiştirebilen, gıdalarda neme, gazlara ve çözünen madde hareketine karşı bariyer özellik sağlayabilen ince yenilebilir malzemelerdir (Maan vd., 2022; Milani ve Maleki, 2012). Doğal yenilebilir polimerler, hayvanlar veya insanlar tarafından sağlık riski olmadan tüketilebilen güvenilir doğal kaynaklardan elde edilir. Yenilebilir film ve kaplamalar, mikrobiyal bozulmayı geciktirerek, nem ve gaz bariyeri özellikleri geliştirilerek, gıda kalitesini korumaya ve gıdaların tazeliğini koruması için raf ömrünü iyileştirmeye yönelik alternatif yöntemlerdir (Suhag vd., 2020).

Yenilebilir ambalaj uygulama yöntemleri olarak kaplama ve film ile sarma sayılabilir. Kaplama uygulaması, doğrudan gıda ürünü üzerine daldırma veya püskürtme gibi yöntemlerle gerçekleştirilir. Film ile sarma uygulamasında ise gıda ürününün üzerine kaplama yapılmadan önce kaplama malzemesi çeşitli yöntemlerle ayrıca bir film olarak elde edilmelidir (Suhag vd., 2020). Yenilebilir film ve kaplamalar arasındaki ayrımlardan biri, kaplamaların çoğunlukla gıdaları kaplamak için kullanılması, filmlerin ise gıdalara veya gıda ürünlerinin farklı kısımları arasında kullanılabilen bağımsız yapılar olmasıdır (Kenawi ve Abdel-Salam, 2011; Dehghani vd., 2018). Bir diğer fark ise kaplamanın gıdaların üzerine sıvı halde uygulanırken;

film önce tabaka halinde elde edilir ve sonrasında bir sarma malzemesi olarak uygulanır. Yenilebilir filmler/kaplamalar, taze ve işlenmiş ürünlerin taşınmasını, depolanmasını ve teşhir edilmesini kolaylaştırır, mikrobiyal kontaminasyonu ve bozulmayı engelleyerek ürünlerin kalite ve güvenliğini sağlarlar, gıdadaki aktif içeriklerin daha iyi korunmasını sağlar (Tavassoli-Kafrani vd., 2016; Galanakis, 2021, Kumar vd., 2021).

Parçalanabilir gıda ambalaj filmleri, geleneksel petrol bazlı plastik ambalaj filmlerine oranla daha iyi parçalanabilirliğe sahiptir ve belirli optik, mekanik, bariyer ve biyoyumluluk özelliklerine sahip oldukları için gıda ambalajı olarak kullanılabilirler (Kumar vd., 2020; Zhang vd., 2021). Yenilebilir filmlerin ve kaplamaların geleneksel petrol bazlı plastik ambalaj filmlere kıyasla ana avantajı, ürünlerle birlikte tüketilebilir olmaları ve çevre ve insan sağlığı açısından güvenli olmalarıdır. Bozunabilir gıda ambalaj filmleri genellikle polisakaritler, proteinler, lipidler ve bunların kombinasyonları şeklinde üretilir. Bunlara ek olarak çeşitli gıda katkı maddeleri de eklenebilir (Han, 2014). Gıda katkı maddeleri ile uygulanarak üretilen yenilebilir filmlerin ve kaplamaların kullanımı gıda endüstrisinde devamlı olarak artmaktadır. Şekil 1'deki görselde yenilebilir film ve kaplamalara örnek gösterilmiştir (Nešić vd., 2019).



Şekil 1. Yenilebilir film ve kaplama örnekleri (Nešić vd., 2019).

Bu çalışmada, pirinç proteini (PP) ve mısır nişastası ile yenilebilir film elde edilip ve defne yaprağı esansiyel yağı ile (EY) zenginleştirilerek bazı özelliklerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Yenilebilir filmler, çevresel problemlere neden olmaması nedeniyle polimer filmlere iyi bir alternatif olarak görülmektedir. Bu nedenle son yıllarda çeşitli yenilebilir ve biyobozunur kaynaklardan ambalaj materyali üretim çalışmaları önem kazanmıştır. Mevcut kaynakların giderek azalması, insanların yeni protein kaynaklarına yönelmesi bitkisel proteinlere olan

ilgiyi arttırmıştır. Vegan ve vejetaryan beslenen tüketicilerin de tercih ettiği bitkisel proteinler zengin besin içeriğine sahiptir. Gıda ambalajında kullanılan bitkisel proteinler vegan diyetleri için uygundur ve aktif bileşenler, makro çeşitlilik ve ekonomik sürdürülebilirlik gibi farklı avantajlar sağlar. Ayrıca eklenen esansiyel yağ ile filmlere antioksidan ve antimikrobiyal aktivite kazandırılması hedeflenir.



II. LİTERATÜR İNCELEMESİ

A. Yenilebilir Film ve Kaplamalar

1. Yenilebilir Filmlerin Bileşimi ve Çeşitleri

Yenilebilir film ve kaplamalar, proteinler, lipitler, polisakkaritler gibi farklı sürdürülebilir malzemelerden ya da farklı kombinasyonlarından elde edilebilir. Polisakkaritler (kitosan, aljinat, karagenan, nişasta), plastikleştiriciler (polioller), çözücüler (aseton, etanol), proteinler (jelatin, zein, glüten, peynir altı suyu proteini), lipitler (mumlar, parafinler) gibi çeşitli bileşenler kullanılır (Al-Hassan ve Norziah, 2012). Çizelge 1’de yenilebilir film ve kaplama çeşitleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 1. Yenilebilir film ve kaplama çeşitleri

Proteinler	Polisakkaritler	Lipidler	Plastikleştiriciler	Çözücüler	Diğer katkı maddeleri
Jelatin	Gamlar	Mum	Lipitler	Aseton	Antioksidan
Keratin	Aljinat	Esansiyel yağlar	Polioller	Su	Emülsifiyerler
Kazein	Kitosan	Gliserit	Mono ve disakkaritler	Etanol	Aroma vericiler
Peynir altı suyu proteini	Selüloz vb.				Renklendiriciler
Mısır zeini	Nişasta vb.				Esmerleşmeyi önleyiciler
Buğday gluteni	Pektin				Antimikrobiyel madde
Soya proteini					
Yumurta akı proteini					
Kollajen					
Balık miyofibriller proteini					
Pirinç proteini					

a. Polisakkarit bazlı yenilebilir filmler

Nişasta, selüloz, pektin, zamlar, kitosan, agar, karagenan, aljinat, dekstran gibi çeşitli polisakkaritler, farklı gıda ürünlerinin depolama süresini uzatmak, geleneksel plastik ambalajları azaltmak, kaplamalar ve yenilebilir filmler üretmek için kullanılan biyopolimer malzemelerdir (Espitia vd., 2014).

Polisakkaritler, günümüzde kaplamalarda ve yenilebilir film formülasyonlarında kullanılan sürdürülebilir bir materyaldir (Mellinas vd., 2016). Polisakkaritler toksik değildir ve doğada yaygın olarak bulunan maddelerdir ve karbondioksit ve oksijene karşı seçici geçirgenliğe sahiptirler (Erginkaya vd., 2014).

Polisakaritler, hidrojen bağlarının oluşturduğu ağısı yapılarından dolayı iyi bir oksijen engelleyici olarak düşünülür. Fakat hidrofilik özelliklerinden dolayı nem bariyerleri özellikleri iyi değildir (Nisperos-Carriedo vd., 1994; Yang ve Paulson, 2000; Alves vd., 2010). Polisakkarit kaplamalar renksizdir, yağsız bir görünüme ve düşük kalori içeriğine sahiptir. Meyve, sebze, deniz ürünlerinde veya et ürünlerinin dehidrasyonunda, yüzeyin kararmasını ve oksidatif acılaşmayı etkili bir şekilde düşürerek raf ömrünü uzatmak için kullanılabilir (Hassan vd., 2018).

b. Lipid bazlı yenilebilir filmler

Lipitler, hayvanlar, böcekler ve bitkiler gibi doğal kaynaklardan üretilen bileşiklerdir. Lipid fonksiyonel gruplarının çeşitliliği, terpenler, serebrositler, fosfolipidler, fosfatid, mono-, di- ve tri-gliseritler, yağ alkolü ve yağ asitlerinden oluşur (Mohamed vd., 2020). Lipitler, nem geçişine karşı kusursuz bariyerlerdir (Debeaufort ve Voilley, 2009). Proteinler ve polisakaritler ile lipidlerin kompozit halinde kullanılmasıyla daha fazla mekanik ve bariyer özelliğe sahip kaplamalar elde edilebilir. Ayrıca, bu kompozit filmler saf lipid filmlere oranla daha fazla nem geçirgenliğine sahiptir (Bravin vd., 2004). Lipid bazlı bileşenler, bitkisel mum, asetillenmiş monogliseritler ve yüzey aktif maddelerden elde edilen koruyucu film/kaplama olarak kullanılır. En yaygın kullanılan lipid bileşikler parafin ve balmumudur. Lipit bazlı yenilebilir kaplamalara, bitki bazlı mumlar (karnauba mumu ve kandelilla mumu gibi), parafin, bal mumu, gliseritler literatürde örnektir (Díaz-Montes ve Castro-Muñoz, 2021; Hassan vd., 2018). Normalde lipitten yapılan filmler veya kaplamalar, hidrofobiklik yapıları nedeniyle ekstra kırılkan ve daha kalındır (Perez-Gago vd., 2002).

c. Protein bazlı yenilebilir filmler

Protein, peptit bağlarıyla bağlı 100'den fazla amino asitten (monomer) oluşan bir heteropolimerdir . Bu amino asitlerin her biri,

- I. bir karboksil grubuna,
- II. bir hidrojene,
- III. bir amino grubuna ve
- IV. R grubuna bağlı bir merkezi karbon içerir (Hanani vd., 2014).

Buğday glütenu, soya proteini, jelatin, mısır zeini, peynir altı suyu proteini genellikle incelenen protein yapıdaki yenilebilir kaplama malzemeleridir. Proteinlerin fizyokimyasal özellikleri, polimer zinciri boyunca bağl miktarlarına ve amino asit sübstütüentlerinin düzenlenmesine bağlıdır. Filmleri ve kaplamaları sentezlemek için protein solüsyonu veya dispersiyonu kullanılır ve bu nedenle kullanılan solvent çoğunlukla etanol, su veya etanol-su kombinasyonlarıyla sınırlıdır (Donhowe ve Fennema, 1993).

Protein filmlerinin mekanik özellikleri, kusursuz yapıları nedeniyle polisakkaritlerden daha iyidir. Sentetik polimer filmlerle kıyaslandığında ise protein filmlerinin mekanik dayanımları daha zayıf ve su buharı geçirgenliği daha fazladır (Bourtoom, 2008).

2. Yenilebilir Filmlerin Özellikleri ve Fonksiyonları

Yenilebilir film ve kaplamalar ambalajlanmış ürün ile birlikte tüketilebilirken tüketilmediği zaman doğada polimerik materyallerden daha hızlı parçalanırlar. Yenilebilir film ve kaplama gıda ürünlerinin işlenmesi, taşınması ve depolanması esnasında koruyucu bariyer görevi görerek gıdanın bozulmasını engeller, kalitesini düzenler ve raf ömrünü uzatır (Irimia vd., 2021).

Proteinler, gazların taşınmasını ve aynı zamanda aromatik tatların kaybını engelleme özellikleri nedeniyle yenilebilir filmler/kaplamalar için faydalı biyopolimerlerdir; fakat polisakkaritler gibi, genellikle hidrofiliktirler ve nem emme ve su buharına karşı hassastırlar, film/kaplama matrisinde yapısal bütünlüklerini kaybederler (Dhall, 2013). Parlak ve mumsu bir görünüm sergileyen lipid bazlı filmler/kaplamalar, hidrofobik karakterleri nedeniyle nem bariyeri özelliklerini geliştirir, fakat zayıf mekanik özellik gösterirler (Falguera vd., 2011). Protein bazlı yenilebilir kaplamalar, aroma ve yağ için kusursuz bariyer özellikleri sağlarken polisakkaritler nem kaybına karşı başarılı bir bariyer sağlayamazlar (Zubair ve Ullah, 2020).

Kaplamalar ve filmler, gıdalarda bazı fonksiyonel gereksinimler sunmalıdır. Bu özelliklerden bazıları şunlardır: toksik içermemeli ve sağlık açısından güvenilir olmalıdır, gıdadan nem, gaz (O₂, CO₂) ve sıvıların geçişine engel olarak bozulmaları önlemeli, yapıyı ve dokuyu koruyarak görünümü ve mekanik özellikleri iyileştirmelidir (Baldwin, 1994; Otoni vd., 2017). Üretim ve uygulama maliyetlerini

azaltıp basit teknolojilerle üretilmelidir. Gıdaları mekanik darbelere karşı korumalıdır. Bileşimindeki maddeler uygulandıkları gıdaların organoleptik özelliklerini geliştirip besin değerini korumalıdır. Antimikrobiyal ve antioksidan maddeler için taşıyıcı görevi üstlenmelidir. Pişme sırasında dağılmayı önlemelidir. Gıda yüzeyindeki koruyucu maddelerin iç kısımlara geçiş hızını denetlemelidir. Gıdanın görünüşüne, tadına ve kokusuna faydada bulunup albenisini arttırarak raf ömrünü uzatmalıdır.

Yenilebilir film ve kaplamanın temel hedefleri, solunum hızını, gaz değişimini ve oksidatif esmerleşmeyi kontrol etmek, tekstür kaybını ve nem kaybını azaltmak, mikroorganizma gelişmesini yavaşlatmak, CO₂, su ve etilene karşı bariyer özelliklerini geliştirmek, renk bozulmasını engelleyerek raf ömrünü arttırmak ve görünüm ve kaliteyi düzeltmektir (Cakmak vd., 2018).

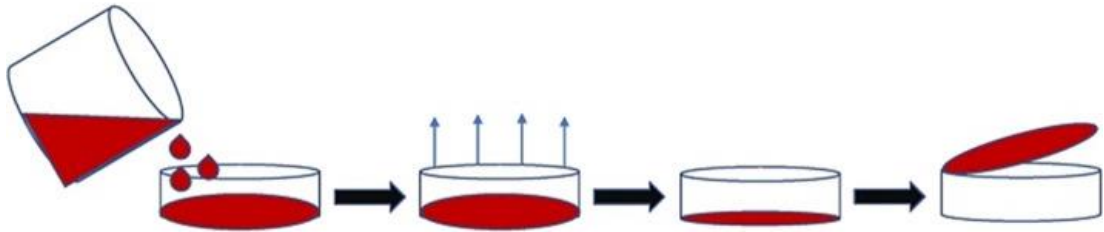
3. Yenilebilir Film Hazırlama Yöntemleri

a. Döküm yöntemi

Döküm yöntemi, yenilebilir film oluşumu için en sık kullanılan metottur. Bu metod, biyopolimerlerden film üretmek için üç aşama içerir:

- Biyopolimerin uygun bir çözücü madde içinde çözündürülmesi,
- Çözeltinin kalıba dökülmesi,
- Dökme çözeltinin kurutulması (Rhim vd., 2006).

Şekil 2’de dökme yöntemi ile film üretim prosesi gösterilmektedir (Suhag vd., 2020).



Şekil 2. Yenilebilir film yapımında döküm yöntemi (Suhag vd., 2020).

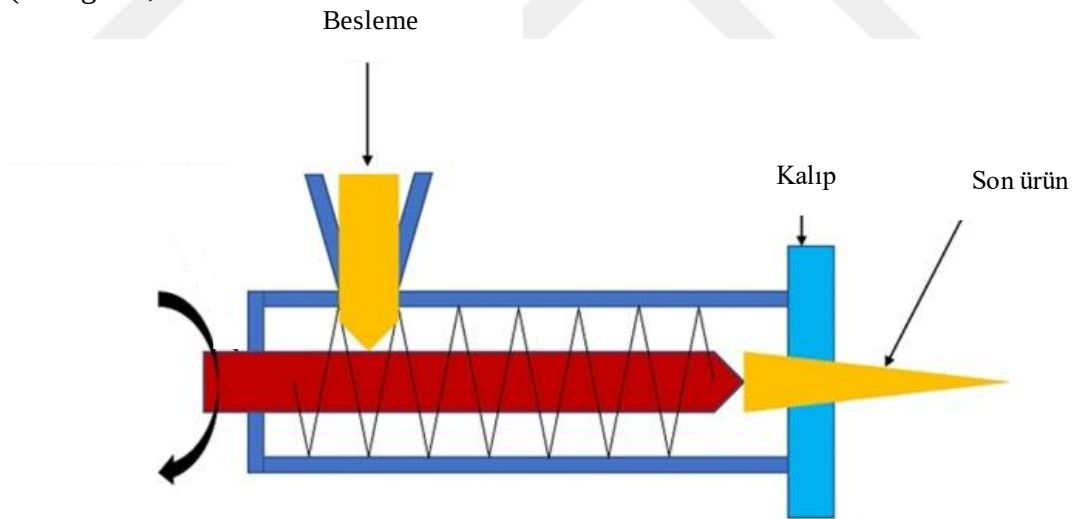
b. Ekstrüzyon yöntemi

Ekstrüzyon, polimerik filmler oluşturmak için kullanılan diğer bir tekniktir ve halihazırda ticari alanda kullanılan polimer işleme yöntemlerinden biridir (Hernandez-Izquierdo ve Krochta, 2008).

Ekstrüzyon metodu üç kısımdan oluşur:

- besleme alanı,
- yoğurma alanı
- makineden son parça/çıkışta ısıtma alanı (Hauck ve Huber, 1989; Calderon-Castro, 2018).

Film bileşenleri karışımı, besleme alanına taşınan ve hava ile sıkıştırılan ilk aşamadır. Bu metod minimum su veya solvent içeriğiyle çalışır, bu yüzden kuru işlem metodu olarak da adlandırılır. Fakat film esnekliğini yükseltmek için plastikleştiricilere (polietilen glikol veya sorbitol) gibi gereksinimi vardır (Peressini vd., 2003). Şekil 3’de ekstrüzyon yöntemi ile film üretim prosesi gösterilmektedir (Suhag vd., 2020).



Şekil 3. Yenilebilir film yapımında ekstrüzyon yöntemi (Suhag vd., 2020).

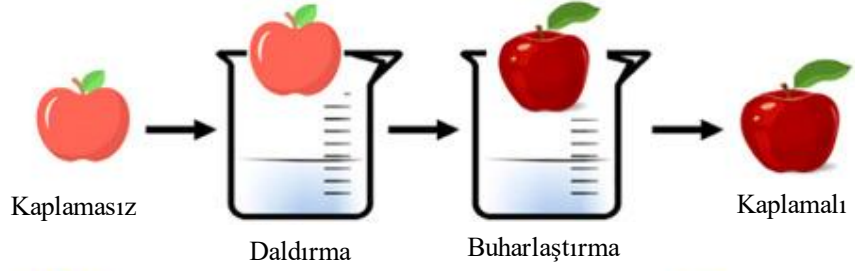
4. Gıdalara Uygulama Yöntemleri

Et, balık, meyve, sebze vb. gibi gıda maddelerinde yenilebilir film kaplama daldırma, püskürtme, akışkan yatak ve kaydırma gibi çeşitli yöntemlerle yapılır. Yenilebilir ambalaj materyalleri, kaplandıkları gıda ile birlikte yenebilen ve biyolojik olarak parçalanabilme özelliğine sahip bir ambalaj çeşitidir (Alirezalu vd., 2021; Jafarzadeh vd., 2020; Jafarzadeh vd., 2017). Son zamanlarda, taze meyve ve

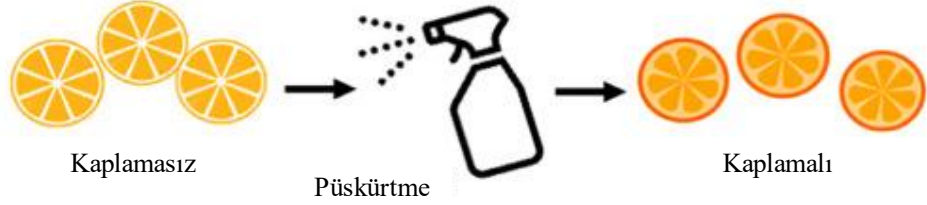
sebzelerin raf ömrünü uzatıp korumak için farklı antimikrobiyal/antioksidan bileşenlerin ve yenilebilir bitkilerin katılmasıyla yenilebilir kaplama üretim yöntemleri daha çok ilerlemiştir. Yenilebilir kaplamalar, gıda maddelerine mikroorganizmalara, gazlara ve neme karşı bir bariyer özelliği sağlayan çevre dostu ve yenilebilir malzemelerden üretilmiş ince bir tabaka ($< 0,3$ mm) olarak belirtilebilir (Chong vd., 2019; Jafarzadeh vd., 2017; Garavand vd., 2022). Günümüzdeki, bu ambalaj malzemelerine farklı bitkisel bileşenler katılarak bariyer ve mekanik güç sağlamanın yanında aktif bir özellik kazandırılmaya çalışılmaları sıklıkla uygulanmaktadır (Flores-Martínez vd., 2017).

En sık kullanılan metodlardan olan döküm tekniği, biyopolimerlerin uygun bir çözücü içinde çözündürülmesini, bir kalıba dökümünü ve kurutmayı içeren bir tekniktir (Lazaridou ve Biliaderis, 2020; Suhag vd., 2020). Gıda ürününün kaplanması döküm yöntemi ile film üretildikten sonra, filmin gıdaya sarılması şeklinde yapılmaktadır. Daldırma yöntemi ise bir ürünün kaplama oluşturan sıvı dispersiyon içine daldırılması, biriktirilmesi ve ısıtma veya kurutma yoluyla çözücünün buharlaştırılmasından elde edilir. Daldırma metodunun bazı dezavantajları vardır, örneğin kaplama-çözelti seyrelmesine ve yüksek miktarda kaplama malzemesi kalıntısına neden olur ve yoğunlukla daldırma tankında mikroorganizma çoğalmasına sebep olur (Andrade vd., 2012; Hirlekar vd., 2010). Püskürtme, ince bölünmüş damlacıkları püskürterek ürün yüzeyinde sıvı bir tabaka oluşturan alternatif bir metoddur. Daldırma ile kıyaslandığında, püskürtme, yoğunlukla düzensiz yüzeylerde daha düzgün bir kaplama tabakası sağlar. Ayrıca kaplama çözeltisinin kirlenmesi de engellenmiş olur sağlar (Bravin vd., 2006). Günümüzde, gıda endüstrisinde püskürtme metodu kullanımı artmaktadır. Bu metod ile damlacık boyutu kontrol edilebilir, homojen dağılım sağlanabilir ve israf düşürülebilir (Maski ve Durairaj, 2010). Daha az çalışma bulunan bir diğer methodda film çözeltisinin yumuşak bir fırça ile ürün yüzeyine sürülmesi yöntemidir (Mouzakis vd., 2022). Şekil 4'te sebze ve meyvelere yenilebilir kaplama uygulama yöntemleri gösterilmektedir (Jafarzadeh vd., 2021).

Daldırma



Püskürtme



Fırçalama



Şekil 4. Sebze ve meyvelere yenilebilir kaplama uygulama yöntemleri (Jafarzadeh vd., 2021).

B. Yenilebilir Kaplama Üzerine Yapılan Çalışmalar

1. Bitkisel Kaynaklı Protein Bazlı Yenilebilir Filmler ile Yapılan Çalışmalar

Film üretiminde bitkisel ve hayvansal kaynaklı proteinlerinden yararlanılmaktadır. Hayvansal kaynaklı olanlar; kreatin, kollagen, yumurta beyazı proteini, kazein, jelatin, balık miyofibriler proteini ve peyniraltı suyu proteindir. Bitkisel kaynaklı olanlar ise; buğday glütenu, mısır zeini, yerfıstığı proteini, soya proteini ve pamuk çekirdeği proteindir. Geniş çeşitlilik, aktif bileşenler ve ekonomik sürdürülebilirlik gibi farklı avantajlar sağlayan ve gıda ambalajlamada kullanılan bitkisel kaynaklı proteinler, vegan diyetler için uygundur (Wang vd., 2012).

Bitkisel kaynaklı proteinlerden olan pirinç proteini, arzu edilen bir gıda bileşenidir bunun sebebi içerdiği protein oldukça besleyici ve hipoalerjeniktir. Ancak pirinç proteini suda çözünürlüğünün düşük olması nedeniyle diğer bitkisel proteinlere oranla az kullanılmaktadır (Henson vd., 1981; Fabian & Ju, 2011; Xia vd., 2012). Pirinç proteini, esansiyel amino asitler bakımından zengin ve nutrasötik özellikleri nedeniyle önemli bir protein çeşitidir (Saunders, 1990). Pirinç proteini gluten içermez, bu özellik onu gıda alerjisi veya diğer intoleransları olan bireyler

tarafından kullanılabilecek hipoalerjenik bir öge haline getirir (Helm ve Burks, 1996). Pirinç proteini, iyi dengelenmiş amino asit, hipoalerjenite, hipokolesterolemik ve hipolipidemik etkiler gibi yüksek beslenme ve sağlık özelliklerinin yanı sıra yüksek anti-kanser aktivitesi sebebiyle oldukça dikkat çekmiştir (Xia vd., 2012). Proteinlerden yapılan filmlerin, düzenli hidrojen bağlı ağ yapıları sebebiyle mükemmel oksijen bariyerleri olması beklenir. Pirinç, düşük maliyetli ve az miktarlarda kullanılan bir üründür. Pirince oranla pirinç kepeği büyük miktarlarda kullanılan yüksek beslenme kalitesine ve üstün protein verimliliğine sahip bir gıda ürünüdür (Adebiyi vd., 2008). Pirinç tanesinde bulunan proteinin çoğu genellikle kepekte bulunur. Pirinç kepeği, pirinç öğütme işlemi sırasında bir yan ürün olarak elde edilen ve % 12-15 protein içeriğine sahip olan ham pirincin dış bileşenidir. Ayrıca pirincin protein sindirilebilirliği ve biyolojik değerinin diğer tahıllardan (buğday, mısır vb.) daha yüksek olduğu bilinmektedir (Rani, 2018). Gelişmekte olan ülkelerin çoğunda, pirinç yan ürünleri henüz insan tüketimi için verimli bir şekilde kullanılmamaktadır. Çoğunlukla, pirinç yan ürünleri düzenli olarak bir hayvan yemi bileşeni olarak kullanılır veya atık olarak atılır (Fabian & Ju, 2011).

2. Mısır Nişastası ile Yapılan Çalışmalar

Nişasta, bitkilerde bulunan polisakkarittir. Amilopektin ve amiloz olmak üzere iki biyopolimerden oluşur (Buléon vd.,1998; Carriere,1998). Nişasta, bitkilerin tahıllarında, köklerinde, yumru köklerinde, saplarında ve baklagil tohumlarında bulunur.

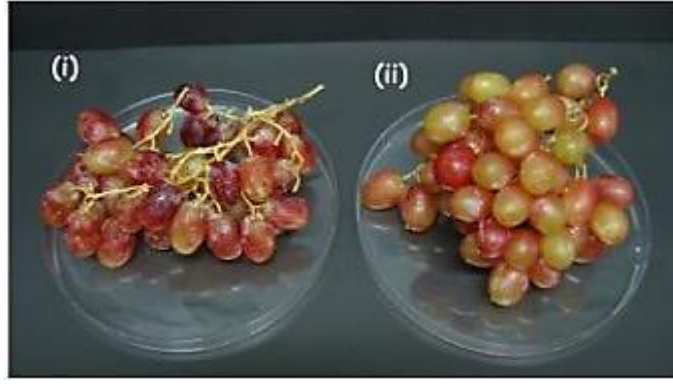
Nişasta bazlı filmlerin elde edilmesi için çoğunlukla döküm yöntemi kullanılmaktadır. Film yapımı sırasında nişasta su ile karıştırılır ve ısıtılır. Isıtılan nişasta jelatinleşip düzgün bir plaka yüzeyine dökülür. Dökülen homojen çözelti kurutularak, suyu buharlaştırılır. Kurutulmuş nişasta filmi sonrasında plakadan soyulur (Zhang vd., 2014). Saf nişasta bazlı filmlerin kırılma yapısı nedeniyle genellikle plastikleştirici (sorbitol, gliserol ve ksitol gibi) eklenerek filmin esnekliği artırılır (Rodríguez vd., 2006; Lourdin vd., 1997) .

Kolay ulaşılabilen, ucuz ve oldukça değerli bir tarımsal hammadde olan nişasta mısır, patates, tapyoka, buğday ve manyok gibi farklı botanik kaynaklardan üretilir. Mısır koçanları nişasta elde edilmesi için en iyi hammaddedir. Mısır nişastası, dünya nişasta pazarının ortalama %80'ini kapsar (Berghaller ve Hollmann,

2007). Mısır nişastasının ana üreticileri Çin ve ABD'dir. Günümüzde mısır nişastası genellikle mısır şurubu elde edilmesi için kullanılmaktadır (Kowalczyk vd., 2021).

Fitch-Vargas ve diğerlerine (2016) göre, ekstrüzyon teknolojisi ile gliserol ve sorbitol kullanılarak yapılan mısır nişastası bazlı yenilebilir filmlerin daha düşük su buharı geçirgenliğine sahip olarak daha yüksek kırılma mukavemetine sahip olduğu gözlenmiştir. Buna ek olarak Aguilar-Méndez ve diğerlerinin (2008) yaptığı çalışmada, jelatin ve gliserol kullanılarak üretilen mısır nişastası bazlı yenilebilir filmlerde gaz geçirgenliğinin ve mekanik özelliklerinin önemli ölçüde etkilendiği görülmüştür. Nişasta konsantrasyonundaki ve pH'taki artışların daha yüksek karbondioksit geçirgenliği ile sonuçlandığını göstermiştir. Nişasta konsantrasyonu azaldığında ise film delinme mukavemeti arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Daha önceki çalışmalarda sığır filetosunda karanfil ve tarçın esansiyel yağ kullanılarak yapılan mısır nişastası filmlerinde antibakteriyel ajanlar sayesinde toplam canlı sayımı, Laktik asit bakterileri, *Pseudomonas* spp., *Enterobacteriaceae* bakterileri engellenerek raf ömrü uzatılmıştır (Radha Krishnan vd., 2015). Raf ömrünü uzatmak için mısır nişastası ve plastikleştirilmiş jelatin (gliserol veya sorbitol ile) kaplanmış Red Crimson üzümünün, buzdolabında 21 günlük depolamadan sonra kontrol grubuna göre daha iyi bir görüntü sergilediği ve daha düşük ağırlık kaybı olduğu açıkça görülmektedir. Şekil 5'de buzdolabı şartlarında 21 gün saklandıktan sonra Red Crimson üzümleri kontrol numunesi (i) ve gliserol ile plastikleştirilmiş değiştirilmiş mumsu mısır nişastası/ jelatin (1:1) karışımı ile kaplanmış üzümler gösterilmektedir (Fakhouri vd., 2015).



Şekil 5. Buzdolabı şartlarında 21 gün saklandıktan sonra Red Crimson üzümleri kontrol numunesi (i) ve gliserol ile plastikleştirilmiş değiştirilmiş mumsu mısır nişastası/ jelatin (1:1) karışımı ile kaplanmış üzümler (Fakhouri vd., 2015).

3. Esansiyel Yağlar ile Yapılan Çalışmalar

Uçucu yağlar kekik, zencefil, karanfil, zerdeçal özü, nane gibi farklı kaynaklardan üretilir. Bitkisel kaynaklar, sağlığa yararlı, nutrasötik ve ilaç vazifesi gören doğal vitamin, mineral ve antioksidan kaynağıdır (Salama vd., 2019; Heydari-Majd vd., 2019; Lamb, 2019).

Uçucu yağ takviyesi film yapısını değiştirebilir ve yenilebilir filmlerin şeffaflığını zayıflatır, fakat su bariyeri özelliklerini geliştirmesi, antioksidanlar ve antibakteriyel özellikler kazandırması beklenir (Salama vd., 2019; Moghimi vd., 2017; Atarés ve Chiralt, 2016). Uçucu yağlar içerisindeki terpenoidler, terpenler ve diğer aromatik bileşenler yardımıyla önemli bir antimikrobiyal aktiviteye sahiptirler (Han, 2014; Du vd., 2009; Zhang vd., 2020 ve Randazzo vd., 2016).

Randazzo ve diğerlerinin (2016) yaptığı çalışmada metilselüloz veya kitosan filmlerinde limon, mandalina ve portakaldan elde edilen narenciye esansiyel yağlarını kullanarak antimikrobiyal etkisini ve özelliklerini gözlemledi. Çalışmanın sonucuna göre narenciye esansiyel yağları, *L. monocytogenes*'e karşı biyoaktif özellik göstermiştir. Du ve diğerleri (2009) tarçın, yenibahar ve karanfil esansiyel yağları kullanılarak üretilen filmlerin antibakteriyel aktiviteye sahip olduğunu bulmuştur. Esansiyel yağlarla zenginleştirilmiş çeşitli filmlerin karakterizasyonuna dair çalışmalar, kompozit filmlerin fonksiyonel özelliklerinde polimer matrisin önemli ölçüde etkilendiğini göstermiştir (Zivanovic vd., 2005; Sánchez-González vd., 2009; Sánchez-González vd., 2010).

4. Defne Yaprığı Yağı

Defne yaprağı (*Laurus nobilis*), defne Lauraceae familyasına ait çok yıllık bir çalı ve ağaçtır. Asya, Avrupa, subtropikal ve tropikal ülkelerinde yetiştirilmektedir. Yıllardır uçucu yağ uygulamaları, gıda aroması olarak ya da geleneksel tıpta kullanılmaktadır. Genellikle tanenler, flavonlar, flavonoidler, alkaloidler, öjenol, linalol ve antosiyaninler içerir ve bu kimyasal komponentlerin her birinin kapsamı, türlerin veya çeşitlerin türüne ve toprak tipi, hava durumu, sulama, budama ve diğer bahçecilik uygulamaları gibi yetiştirme koşullarına bağlı olarak farklılık gösterir. Defne yaprağı, gıdadan kozmetiğe ve farmasötik ürünlere kadar çeşitli endüstriyel uygulamaların önemli bir maddesidir. Defne yaprağı, antioksidan aktivite, antikolinerjik aktivite, yara iyileşmesi aktivitesi, antimutajenik aktivite, antifungal aktivite, antiviral aktivite, antibakteriyel aktivite, immünoestimulan aktivite, böcek kovucu aktivite, antikonvülsan aktivite, antimutajenik aktivite, analjezik ve antienflamatuar aktivite gibi birçok biyolojik etkinliğe sahiptir (Batool vd., 2020).

Defne yapraklarının yağ içeriği, ağırlık bazında %1 ve %3 arasında değişmektedir (Demir vd., 2004). Defne yaprağı yağı, bir anti-romatizmal, antiseptik, terletici, sindirim ve idrar söktürücü olarak kullanılmasının yanında koku bileşeni olarak da kullanılabilir (Simic vd., 2004; Sangun vd., 2007). Ayrıca defne yaprağı yağının antimikrobiyal aktivitesi olduğu da bilinmekle beraber bu aktivitenin, defne yaprağı yağındaki ana komponent (%45-50) olan 1-8-sineol ile bağlantılı olduğu söylenebilir (Demir vd., 2004; Taban vd., 2018).

Marques ve diğerlerine (2016) göre antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri sebebiyle et, deniz ürünleri ve seçilmiş tarım ürünlerini muhafaza etmek için defne yaprağı yağının, katkı maddesi olarak kullanıldığını bildirmiştir. Biyolojik aktivitesi, lezzet özellikleri ve aroma-aktif bileşenleri sebebiyle, defne yaprağı esansiyel yağının gıda ve kozmetik endüstrilerinde katkı maddesi olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (De Corato vd., 2010; Jemâa vd., 2012). Birçok rapor, esansiyel yağların biyolojik potansiyelinin yanı sıra antimikrobiyal ve antioksidan aktivitelerinin, ekstraksiyon metodlarından ve bitki materyalinden etkilendiğini belirtmiştir (Franco-Vega vd., 2019) Bu sebeple, farklı bölgelerin defne yapraklarından elde edilen esansiyel yağların biyolojik aktivitesi, sıcaklık, mevsim, habitat ve toprak bileşimi dahil olmak üzere farklı parametrelere göre değişebilir (Marques vd., 2016).

III. MATERYAL VE METOD

A. Materyal

Mısır nişastası Dr Oetker'den (İzmir, Türkiye) satın alınmıştır. Pirinç protein tozu (%100) SAF (İstanbul, Türkiye) satın alınmıştır. Defne yaprağı esnasyel yağı (%100 pure) Bade Natural (İstanbul, Türkiye) satın alınmıştır. Glycerol solution ve DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) Sigma-Aldrich (Steinheim, Germany) firmasından satın alınmıştır. Türkiye'nin Muğla bölgesinden 2022 yılında hasat edilen çilekler (*Fragaria x ananassa*) yerel bir meyve pazarından (İstanbul, Türkiye) satın alınmıştır. Soya Lesitini (%100) Alfamol (İstanbul, Türkiye) satın alınmıştır. Katı vazelin (Parafin 50-56 C) Tekkim'den (Bursa, Türkiye) satın alınmıştır.

B. Metod

1. Yenilebilir Film Yapımı

Film yapımında mısır nişastası, pirinç proteini ve defne yaprağı esansiyel yağı kullanılmıştır. Bu amaçla çalışmada kullanılan örneklerin bileşen oranları ve örneklerin kısaltmaları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan örnek kodları ve bileşenleri.

Örnek	Mısır nişastası (%, w/v)	Pirinç Proteini (%, w/v)	Defne yaprağı yağı (%, v/v)
Kontrol	5	-	-
10PP	4,5	0,5	-
20PP	4	1	-
10PP+EY	4,5	0,5	1
20PP+EY	4	1	1

a. Mısır nişastası ile yenilebilir film yapılması

- %5 mısır nişastalı yenilebilir film kaplama için 10 g mısır nişastası hassas terazide (HR-250AZ, And, Japonya) tartılarak üzerine 200 ml distile su eklenmiştir.
- %5 konsantrasyona sahip mısır nişastalı sulu çözelti 30 dk mekanik karıştırıcı (IKA RW 20, Almanya) ile 80 °C'lik su banyosunda 400 rpm'de karıştırılmıştır.
- Karıştırıldıktan sonra çözeltiye 2,5 gram gliserol eklenir ve homojen karışım oluşması için 10 dk karıştırılmıştır.
- Çözelti oda sıcaklığına gelene kadar oda koşullarında bekletilmiştir.
- Çözeltide oluşan hava kabarcıklarının uzaklaştırılması amacıyla ultrasonik su banyosunda (PMUY4LD, Protech, İstanbul, Türkiye) 15 dk süreyle tutulmuştur.
- Film, iç çapı 12 cm olan teflon Petrilere pipet yardımıyla 17 ml dökülmüştür.
- Teflonlar sekiz çizecek şekilde karıştırılarak film çözeltisinin homojen bir kalınlıkta yayılması sağlanmıştır.
- Etüvde (ED53, Binder, Almanya) 24 saat 50 °C'de bekletilen filmler, süre sonunda teflon kaplardan çıkarılmıştır.
- Filmler, tüm testlerden önce 48 saat boyunca doymuş $Mg(NO_3)_2$ içeren desikatörde (%50 RH) 25 °C'de saklanmıştır. Bu şekilde üretilen film Kontrol örneği olarak adlandırılmıştır.

b. Pirinç proteini ve mısır nişastası ile yenilebilir film yapılması

- %10 ve %20 oranında pirinç proteinli yenilebilir film kaplama için sırasıyla 1 g ve 2 g pirinç unu, 9 g ve 8 g mısır nişastası hassas terazide tartılarak üzerine 200 ml distile su eklenmiştir.
- Farklı konsantrasyona sahip pirinç proteini ve mısır nişastalı sulu çözelti 30 dk mekanik karıştırıcı (IKA RW 20, Almanya) ile 80 °C'lik su banyosunda 400 rpm'de karıştırılmıştır.
- Devam eden uygulamalar mısır nişastası ile yenilebilir film yapılması ile aynıdır.
- Bu şekilde üretilen filmler PP içeriğine göre 10PP veya 20 PP olarak adlandırılmıştır.

c. Mısır nişastası, pirinç proteini ve defne yaprağı esansiyel yağ ile yenilebilir film yapılması

- %10 ve %20 oranında pirinç proteinli yenilebilir film kaplama için sırasıyla 1 g ve 2 g pirinç unu, 9 g ve 8 g mısır nişastası hassas terazide tartılarak üzerine 200 ml distile su eklenmiştir.
- Mısır nişastası ile yenilebilir flm yapılması proses basamakları takip edilerek gliserol ilavesi, homojen karışım elde etme ve oda sıcaklığına soğutma işlemleri yapılmıştır.
- Çözelti oda sıcaklığına geldikten sonra 2 ml esansiyel yağ ve 1 g lesitin eklenerek homojenizatörde (Yellowline D125, IKA, Almanya) 11000 rpm’de 5 dakika homojen çözelti hazırlanmıştır.
- Oda sıcaklığına gelen çözelti ultrasonik su banyosunda (PMUY4LD, Protech, İstanbul, Türkiye) ses dalgalarıyla karışım anında oluşan hava kabarcıkları uzaklaştırılmıştır.
- Film, iç çapı 12 cm olan teflon Petrilere pipet yardımıyla 17 ml dökülür ve sekiz çizecek şekilde karıştırılarak homojen bir kalınlıkta yayılması sağlanmıştır.
- Etüvde (ED53, Binder, Almanya) 24 saat 50 °C’de bekletilen filmler, süre sonunda teflon kaplardan çıkarılmıştır. Filmler, tüm testlerden önce 48 saat boyunca doygun $Mg(NO_3)_2$ içeren desikatörde (%50 RH) 25 °C’de saklanmıştır.
- Bu şekilde üretilen filmler PP içeriğine göre 10PP+EY veya 20PP+EY olarak adlandırılmıştır.

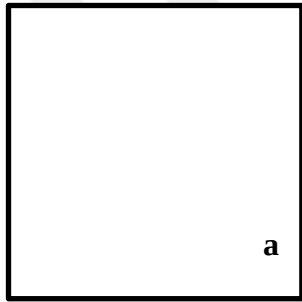
2. Film Analizleri

a. Kalınlık

Film kalınlığı, en az beş adet film kesilerek 0,001 mm hassasiyete sahip dijital mikrometre (3109-25A, Insize, Almanya) ile ölçülmüştür. Elde edilen film kalınlığı gerekli analizlerde (mekanik karakterizasyon, su buharı geçirgenliği, yoğunluk, optik geçirgenlik) değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

b. Yoğunluk

Filmlerden kare parçalar (38,88 mm x 38,88 mm) kesilip ve ortalama kalınlık bu parçadan üç rastgele ölçüm alınarak belirlenmiştir. Örnekler hassas terazi (HR-250AZ, And, Japonya) ile 0,1 mg hassasiyetle tartılmıştır. Yoğunluk, filmlerin ağırlığının hacme (kalınlık x alan) oranı olarak belirlenmiştir.



$$a = 38,8 \text{ mm}$$

$$v = a \times b \times \text{kalınlık}$$

$$d = \frac{m}{v}$$

c. Suda çözünürlük

Filmler, 20 mm çapında yuvarlak parçalar halinde kesilerek darası alınan petrilere ağzı açık bir şekilde koyulmuştur. Filmlerin nem içeriği, gravimetrik olarak belirlenmiştir. Filmler sabit bir ağırlığa ulaşana kadar 24 saat boyunca 80 °C'de bir vakum etüvde (EV018, Nüve, Ankara, Türkiye) kurutulmuştur. Ardından filmin ilk kuru ağırlığını belirlemek için hassasiyeti 0,1 mg olan terazide (HR-250AZ, And, Japonya) tartılmıştır (w_i). İlk tartımları alınan filmler 50 ml distile su konulmuş beherlere konup 25°C'de 24 saat çalkalayıcıda (SSL1, Stuart, Birleşik Krallık) karıştırılmıştır. 24 saat sonunda her film parçası beherden çıkarılarak ağzı açık bir şekilde petrilere konularak 80 °C vakumlu bir etüvde 24 saat kurutulduktan sonra tekrar tartılmıştır (w_f).

Toplam çözünür madde yüzdesi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$Suda\ çözünürlük\ (\%) = \frac{w_i - w_f}{w_i} \times 100$$

burada "w" kuru maddedir ve "i" ve "f" alt simgeleri sırasıyla ilk ve son kuru maddeye karşılık gelir. Testler üç paralel halinde gerçekleştirilerek ortalamalar rapor edilmiştir.

d. Suda şişme

Filmlerin şişme indeksi, Cao ve diğerlerine (2007) göre yapılmıştır. Filmler 20 mm x 20 mm boyutlarında parçalar halinde kesilip tartılmıştır. Daha sonra 25 °C'de 30 dakika distile suya daldırılarak çalkalayıcıda (SSL1, Stuart, Birleşik Krallık) karıştırılmıştır. Islak numunelerin yüzeyindeki fazla su filtre kağıdı ile silinip tartılmıştır. Sudaki şişme miktarı, filmlerin başlangıç ağırlığının ıslak numunelerin ağırlığından çıkarılmasıyla hesaplanarak filmlerin başlangıç ağırlığının yüzdesi olarak ifade edilmiştir.

$$Suda\ şişme\ (\%) = 100 (w_2 - w_1)/w_1$$

burada w_1 ve w_2 örneklerin ilk ve son ağırlıklarıdır. Ölçüm, her film türü için beş kez tekrarlanıp ortalama sonuç verilmiştir.

e. Su buharı geçirgenliği

Filmlerin su buharı geçirgenliği, modifiye gravimetrik su metoduna göre ASTM standart metod E96/E96M'ye göre belirlenmiştir (ASTM, 2010). 29.7 cm²'lik bir açıklık içeren dairesel alüminyum test kapları (Şekil 6), kap içinde yüksek bağıl nem sağlamak için 20 ml distile su ile doldurulmuştur. Dairesel şekilde kesilmiş film, bir halka ve simetrik olarak yerleştirilmiş vidalarla test kabının ağzına yerleştirilerek kapatılmıştır. Alüminyum kap su seviyesi ile film yüzeyi arasındaki ortalama durgun hava boşluğu yaklaşık 13 mm olarak ölçülmüştür. Kaplar, 25 °C'de doymuş Mg(NO₃)₂ çözeltisi içeren (53 ± 2% RH) bir desikatöre yerleştirilip ağırlık kayıpları 7 saat boyunca ölçülmüştür. Filmlerin su buharı iletim oranını (WVTR) hesaplamak için ağırlık kaybının zamana karşı değişim grafiği çizilerek bu grafiğin eğimi bulunmuştur. Son olarak, su buharı geçirgenlik katsayısı (WVP, g mm m⁻² h⁻¹ kPa⁻¹), WVTR'nin film kalınlığı ile çarpılması ve film boyunca su buharı kısmi basınç farkına bölünmesiyle hesaplanmıştır (Yıldırım-Yalçın vd., 2019).



Şekil 6. Su buharı geçirgenliği analizinde kullanılan dairesel alüminyum test kapları.

f. Mekanik özellikler

Kopma mukavemeti ve kopma anındaki maksimum uzama değeri ortam koşullarında ASTM D 882-88 standart yöntemine uygun olarak ölçülmüştür. Filmlerden dikdörtgen (15 mm x 70 mm) örnekler çıkarılarak mekanik test cihazının (LAB3-2512A, Mesdan LAB, İtalya) 2 çenesi arasına yerleştirilmiştir (Şekil 7). Cihazın çenelerine iki uçtan 15 mm içerde olacak şekilde filmler tutturulmuştur. Ölçümler, 100 N kg yük altında 25 mm/dk hız altında rapor edilmiştir. Kopma anında örneğe uygulanan kuvvet ve kopma anındaki maksimum uzama miktarı cihazın yazılımında okunarak kaydedilmiştir. Her örnek için en az üç tekrar yapılmıştır.



Şekil 7. Mukavemet ölçme cihazı.

g. Optik geçirgenlik

Film opaklığı, spektrofotometre (T60UV, PG instruments, Birleşik Krallık) kullanılarak 600 nm'de absorbans ölçülerek Park ve Zhao'ya (2004) göre belirlenmiştir. Filmler 3 cm yüksekliğinde ve 0,4 cm genişliğinde dikdörtgen parçalar halinde kesilip ve doğrudan spektrofotometre küvetine yerleştirilmiştir. Sonuçlar, üç tekrara dayalı olarak film kalınlığına (mm) bölünen absorbans olarak rapor edilmiştir.

$$Opaklık = \frac{A_{600}}{\delta}$$

burada A_{600} , 600 nm'deki absorbanstır ve δ , film kalınlığıdır (mm).

h. Renk

Film örneklerinin renk analizi, CIELAB renk parametreleri kullanılarak bir kolorimetre (CR-400 chroma meter, Konica Minolta, Sensing Inc., Osaka, Japan) ile belirlenmiştir. Filmler standart beyaz tabaka üzerine yerleştirilerek renk ölçümleri yapılmıştır. L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık veya yeşillik) ve b^* (sarılık veya mavilik) değerlerinin her numune için on okumadan ortalaması alınıp ve toplam renk farkı (ΔE) aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır. Bu değerler kullanılarak sarılık indeksi (SI) ve beyazlık indeksi (BI) hesaplanmıştır (Khanzadi vd., 2015).

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

$$Sarılık\ İndeksi\ (SI) = \frac{142.86b^*}{L^*}$$

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

burada ΔL^* , Δa^* ve Δb^* değerleri nişasta filmi kontrol altına alınarak diğer filmlerin renk değerleri arasındaki farka göre hesaplanmıştır (Galus ve Kadzińska, 2016).

i. Toplam fenolik madde

Toplam fenolik madde, bazı değişikliklerle Rossi Marquez ve diğerlerine (2017) göre Folin-Ciocalteu kolorimetrik yöntemle belirlenmiştir. Film örnekleri metanol çözeltisi (%75, v/v) ile ekstrakte edilmiştir. Bu amaçla yaklaşık 0,250 g film örneği test tüpüne alınıp üzerine 5 mL metanol çözeltisi eklenmiştir. Ekstraksiyon 1 saat süre ile ultrasonik su banyosunda (RK510, Bandelin Sonorex, Almanya), banyonun

sıcaklığı kontrol edilerek gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ekstraktan 500 µL alınarak, 200 µL Folin-Ciocalteu reaktifi ve 2000 µL distile su ile bir Vortex kullanılarak bir test tüpünde karıştırılarak 25 °C'de 3 dakika inkübe edilmiştir. Karışıma 1 mL %7,5 sodyum karbonat çözeltisi ilave edilip karanlıkta 25 °C'de 2 saat inkübe edilmiştir. Kalibrasyon grafiğini oluşturmak için gallik asit kullanılmıştır. Örneklerin absorbansı 765 nm'de UV-VIS spektrofotometre (T60UV, PG instruments, Birleşik Krallık) ile ölçülerek üç paralel ölçümün ortalama sonuçları 1 g film için mg gallik asit eşdeğerleri (GAE) olarak verilmiştir.

j. Antioksidan aktivite

Antioksidan analizi için, toplam fenolik tayininde elde edilen metanolik ekstraktlar kullanılmıştır. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikal indirgeme analizi (Brand-Williams ve diğerleri, 1995) metoduna göre bazı değişikliklerle yapılmıştır. Ekstraktan (100 µL), 6.10^{-5} M DPPH çözeltisine (3900 µL) eklenerek Vortex ile karıştırılıp karanlıkta 30 dakika bekletilmiştir. Çözeltinin absorbansları, UV-VIS spektrofotometresi ile 517 nm'de ölçülüp sonuçlar, DPPH radikalının inhibisyon yüzdesi olarak ifade edilmiştir.

$$\%DPPH \text{ radikal indirgeme} = \frac{(Abs_{kontrol} - Abs_{örnek})}{Abs_{kontrol}} \times 100$$

burada $Abs_{kontrol}$ örnek içermeyen DPPH çözeltisinin absorbansdır ve $Abs_{örnek}$, örnek ekstrakt içeren DPPH çözeltisinin absorbansdır.

k. Antimikrobiyal aktivite ve çileklerin zamanla değişimi

Yenilebilir filmlerin antimikrobiyal aktivitesi, disk difüzyon metodu ile ölçülmüştür. Analizde kullanılan bakteriyel kontaminantlar *Bacillus cereus* *Salmonella* kültürleridir. Antimikrobiyal madde içeren filmlerin antimikrobiyal aktivitesini ölçmeden önce, 0,1 mL kültür öze ile yeni besiyeri ortamına aktarılıp ve 1 gün boyunca 37 °C'de inkübe edilmiştir. Filmler, aseptik koşullar altında farklı test filmlerinden (1,2 cm çapında) kesilerek daha önce *B. cereus* ve *Salmonella* içeren 0,1 mL inokulum ile ekilmiş olan Nutrient agar plaklarına yerleştirilmiştir. Plaklar daha sonra 37 °C'de 1 gün boyunca inkübe edilmiştir. İnhibisyon bölgesinin çapı mm olarak ölçülerek rapor edilmiştir.

Antimikrobiyal aktivite analizine ek olarak, Türkiye'nin Muğla bölgesinden hasat edilen çilekler, üretilen yenilebilir filmler üzerinde bekletilerek gıdaların raf

ömrünü uzatmada film etkinliği hakkında bilgi sahibi olabilmek için 5 gün boyunca ortam koşullarında bekletilmiştir. 25 °C’de bekletilen çileklerin günlük olarak fotoğrafları çekilerek duyuşal değeriendirme yapılmıştır (Aydoğdu vd., 2020).

l. Fourier transform kızılötesi (FT-IR) spektroskopisi

Film örneklerinin FTIR spektrumları Bruker Invenio-S (Bruker Co., Almanya) FTIR spektrofotometresi kullanılarak ölçülmüştür. Kızılötesi spektrumlar, 600-4000 cm⁻¹ dalga boyu aralığında 4 cm⁻¹ ayırma ile kaydedilmiştir.

m. İstatiksel analiz

Film örneklerinin deneysel verileri sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak ifade edilir. Gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla SPSS yazılımı kullanılarak Varyans Analizi (ANOVA) ve Duncan'ın çoklu karşılaştırma testi yapılır (IBM SPSS Statistics 19, SPSS Inc., Chicago, ABD). Anlamlılık düzeyi tüm istatistiksel analizlerde %95 olarak seçilir.

IV. BULGULAR VE TARTIŞMA

A. Kalınlık, Yoğunluk, Suda Çözünürlük, Suda şişme

Değerler standart sapma $\pm$ ortalama olarak verilmiştir, aynı sütundaki farklı harfler Duncan testi ile örnekler arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$). Hata çubukları, beş numunenin ölçümlerinin standart sapmasını temsil eder.

Kontrol filmi ve pirinç proteini eklenmiş filmlerin fiziksel özellikleri (kalınlık, yoğunluk, suda çözünürlük ve suda şişme) Çizelge 3’de gösterilmiştir. Film kalınlığı 77,2 ile 93,0 μm arasında değişmektedir. Değerler incelendiğinde PP eklenmesinin filmlerin kalınlığında anlamlı bir değişime neden olmadığı görülmektedir ($p>0,05$). PP ve PP+EY örnekleri incelendiğinde; aynı oranda PP içeren örneklerde EY ilave edilmesi kalınlık değerlerinde anlamlı bir değişime neden olmamıştır ($p>0,05$). Literatürde esansiyel yağ eklenmesi nişasta bazlı filmlerin kalınlığında artışa neden olduğu bildirilmiştir (Zhou vd., 2021; Asdagh ve Pirs, 2021). Bu durumun katı madde miktarının artması; film içeriğindeki bileşenler ve esansiyel yağ arasındaki etkileşimler, fiziksel bağlanma ve oluşan daha gevşek matrisin sonucu olduğu belirtilmiştir (Bazzaz vd., 2019; Asdagh ve Pirs, 2021; Liu vd., 2021).

Çizelge 3. Film örneklerinin kalınlık (μm), yoğunluk (g/cm^3), suda çözünürlük (g çözünür katı/ g toplam katı, %), suda şişme (g alınan su/g film) analiz sonuçları.

Film	Kalınlık (μm)	Yoğunluk (g/cm^3)	Suda Çözünürlük (g çözünür katı/ g toplam katı x 100)	Suda şişme (g alınan su/ g film)
Kontrol	77,2 ^b $\pm$ 5,762	1,154 ^{ab} $\pm$ 0,027	21,840 ^a $\pm$ 0,143	2,799 ^a $\pm$ 0,203
10PP	84,2 ^{ab} $\pm$ 9,680	1,000 ^c $\pm$ 0,024	20,368 ^{ab} $\pm$ 0,255	2,490 ^a $\pm$ 0,397
20PP	85,2 ^{ab} $\pm$ 6,301	1,218 ^{ab} $\pm$ 0,070	17,902 ^b $\pm$ 0,175	2,475 ^a $\pm$ 0,217
10PP+EY	79,4 ^b $\pm$ 6,066	1,297 ^a $\pm$ 0,140	13,539 ^c $\pm$ 1,081	1,589 ^b $\pm$ 0,369
20PP+EY	93,0 ^a $\pm$ 5,701	1,128 ^{bc} $\pm$ 0,054	9,690 ^d $\pm$ 1,798	1,626 ^b $\pm$ 0,084

Filmlerin yoğunluğu 1,00 ile 1,297 g/cm^3 arasında değişmektedir. Değerler incelendiğinde, 10PP örneğinin yoğunluk değeri kontrole göre düşmüşken diğer filmlerde anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Suda çözünürlük analizi filmlerin biyobozunurluk ve suya karşı dayanım özellikleri hakkında bilgi verdiği için oldukça önemlidir (Haghighatpanah ve diğerleri, 2022). Filmlerin çözünürlüğü %9,690 ile %21,840 arasında değişmektedir. Filmlerin çözünürlüğü, PP konsantrasyonunun artmasıyla önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir. Kontrol, 10PP, 20PP, 10PP+EY ve 20PP+EY film örnekleri arasında anlamlı bir azalış olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Kontrol filmi için çözünürlük değeri %21,840 iken 20PP için %17,902 ve 20PP+EY için %9,690 olarak elde edilmiştir. Bu durumda mısır nişastasız bazlı filme PP ve EY ekledikçe sudaki çözünürlüğün azaldığı gözlemlenmiştir. Ghoshal (2022) tarafından tamarin nişastasız ve peyniraltı suyu konsantresi içeren filmlerde protein miktarının artmasıyla benzer bir etki elde edilmiştir. Bu durum nişasta ve protein etkileşimlerinin yüksek oluşu ile açıklanmıştır. Marzlan ve diğerleri (2022) nişasta bazlı filmlere %0,3-0,8 arasında esansiyel yağ ilave ederek film özelliklerini incelemiştir. Elde edilen bulgulara göre esansiyel yağ miktarı arttıkça filmin suda çözünürlüğü azalmaktadır. Pirouzifard ve diğerleri (2019) patates nişastasız filmleri Zedo gam ve esansiyel yağ ile zenginleştirmiştir ve esansiyel yağ miktarının artmasıyla suda

çözünürlük değerinin azaldığı sonucuna ulaşmıştır. Hidrofobik yapıdaki esansiyel yağ molekülleri, nişasta moleküllerindeki hidroksil grupların erişilebilirliğini sınırlamaktadır ve böylece üretilen filmlerin çözünürlüğü azalmaktadır (Marzlan vd., 2022).

Filmlerin suda şişme değerleri 1,589 ile 2,799 g su/g film arasında değişmektedir. Çizelge 3’de de görüldüğü gibi Kontrol, 10PP ve 20PP film örnekleri arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$). Defne yaprağı esansiyel yağı ilave edilen örneklerde suda şişme değerleri anlamlı derecede azalırken ($p<0,05$), 10PP+EY ve 20PP+EY arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p>0,05$). Yukarıda da görüldüğü gibi mısır nişastası ve pirinç proteini ile üretilen filme EY eklenmesi suda şişme değerinde azalma oluşturmuştur.

B. Su Buharı Geçirgenliği

Kontrol filmi ve pirinç proteini içeren film örneklerinin su buharı geçirgenliği Çizelge 4’de gösterilmiştir. Zaman-ağırlık kaybı grafiğinin eğimi, filmlerin su buharı iletim hızını hesaplamak için kullanılmıştır. Sonuçlara göre film örneklerinin su buharı geçirgenliği 0,831 ile 1,515 gmm/m²hkPa arasında değişmektedir. Kontrol filmine eklenen PP su buharı geçirgenliğini düşürüyorken, bu değişim anlamlı bulunmamıştır. Esansiyel yağ eklenen filmler ve eklenmeyen filmler incelendiğinde ise esansiyel yağın su buharı geçirgenlik değerini anlamlı bir şekilde arttırdığı görülmektedir ($p<0,05$). EY ilavesinin filmin hidrofobik özelliğini arttırdığı bilinmektedir. Yapılan bir çalışmada polimerlerin hidroksil grubu ile eterler, aldehitler ve ketonlar gibi EY bileşenleri arasındaki etkileşim, filmin hidrofobikliğini arttırarak su buharı geçirgenliğinin düşmesine neden olmuştur (Nisar vd., 2018). Ancak film içeriğine eklenen hidrofobik bileşenlerin su buharı geçirgenliği arttırdığı durumlar da görülmektedir. Filmlerin su buharı geçirgenliği içeriğindeki hidrofillik ve hidrofobik bileşenlerin oranıyla ilişkilidir. Film matriksindeki hidrofobik kısımlar, EY ile etkileşim sonucunda matriks ile EY arasında arayüzey etkileşimi oluşmasına neden olur. Oluşan bu ilişki filmdeki polimer yapı ile su molekülleri arasındaki etkileşime engel olarak ve kohezyon kuvvetlerini azaltarak su buharı geçirgenliğini arttırır (Dashipour vd., 2015; Kavooosi vd., 2014).

Su buharı geçirgenliği filmlerin hidrofilik ve hidrofobik içeriğine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Ghoshal, 2022). Haghighatpanah ve diğerleri (2022) maş fasulyesi proteini ve pullulan filmlere esansiyel yağ eklenmesiyle hidrofobik özelliğin arttığını; böylece daha yoğun ve su transferi için daha kıvrımlı bir yola sahip filmler elde edildiğini bulmuştur. Su buharı geçirgenliğinin esansiyel yağ ilavesi ile azaldığını rapor etmişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada, Ghoshal (2022) demirhindi nişastasası ve peynir altı suyu protein konsantresi içeren filmlere kekik esansiyel yağı ilave ederek esansiyel yağın su buharı geçirgenliğini arttırıcı etki gösterdiği bulunmuştur. Bu durum kekik esansiyel yağının içerisindeki etken maddelerin, polimer zincirlerinin su ile olan etkileşimlerini engelleyici rol oynadığı ve molekül içi bağlanmayı azaltarak su buharı geçirgenliğini arttırdığı şeklinde yorumlanmıştır.

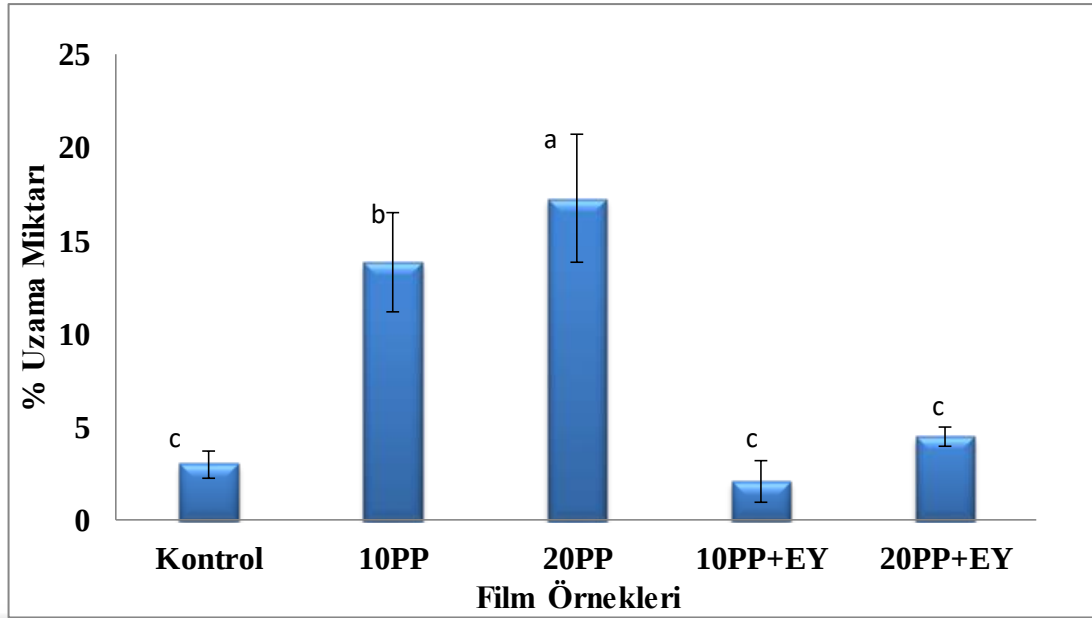
Çizelge 4. Film örneklerinin su buharı geçirgenliği ($\text{gmm/m}^2\text{hkPa}$) değerleri.

Film Örnekleri	Su buharı geçirgenliği ($\text{gmm/m}^2\text{hkPa}$)
Kontrol	$1,035^{bc} \pm 0,056$
%10 PP	$0,965^c \pm 0,066$
%20 PP	$0,831^c \pm 0,019$
%10PP+EO	$1,384^{ab} \pm 0,206$
%20PP+EO	$1,515^a \pm 0,256$

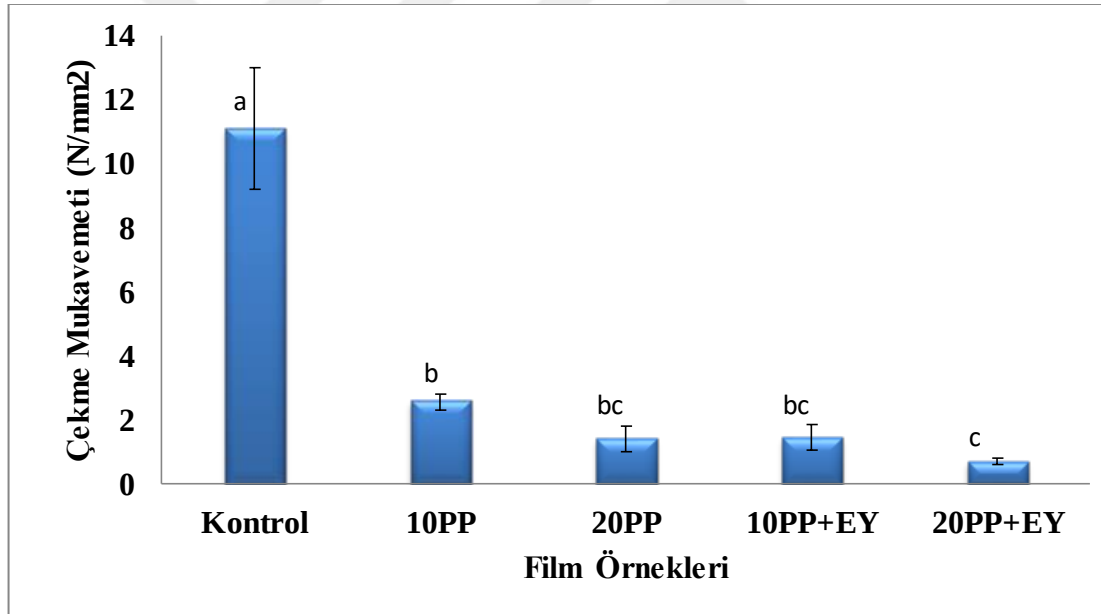
C. Mekanik Özellikler

Yenilebilir filmlerin mekanik özellikleri, işleme, taşıma ve depolama sırasında meydana gelebilecek stres koşulları altında film bütünlüğü hakkında bilgi veren bir kalite parametresidir. Kontrol filmi, pirinç proteini ve defne yaprağı esansiyel yağı içeren film örneklerinin mekanik özellikleri Şekil 8 ve Şekil 9’da gösterilmiştir. Film örneklerinin %uzama miktarı %2,065 ile %17,25 arasında değişmekte olup, PP konsantrasyonu ile açık bir doğrusal ilişki olduğu görülmektedir. Kontrol film örneği ile 10PP ve 20PP film örnekleri arasında, PP içeriği arttıkça anlamlı bir artış olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Fakat defne yaprağı yağının eklenmesi tekrardan %uzama miktarını azalttığı görülmektedir. Bu durumda Kontrol film örneği ve EY ilaveli PP film örnekleri arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir ($p>0,05$).

Film örneklerinin çekme mukavemeti 0,70 ile 11,099 N/mm² arasında değişmektedir. En yüksek çekme mukavemetine sahip olan film Kontrol filmi olarak bulunmuştur. Şekil 9’da görüldüğü gibi mısır nişastası bazlı filme PP ve EY ekledikçe çekme mukavemetinin azaldığı gözlenmiştir. EY içeren ve içermeyen filmler incelendiğinde ise aralarında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Benzer şekilde, Ghamari ve diğ. (2021) süt proteini kullanarak oluşturduğu filmlere farklı oranlarda EY ilave etmiştir ve EY içeriğinin filmlerin çekme mukavemetinde azalmaya neden olduğunu görülmüştür. Bu sonuç, yağ molekülleri ile polimer molekülleri arasında oluşan etkileşimlerin, polimer-polimer zincirleri arasında oluşan etkileşimlerden daha zayıf olması ile açıklanmıştır. Çekme mukavemetinde meydana gelen düşüş, oluşan heterojen film yapısı ve yapıdaki süreksizlikler ile de ilgilidir (Ahmad vd., 2012). Ghamari ve diğerleri (2021) çalışmasında EY ilavesiyle filmlerin uzama değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Bunun gibi bazı çalışmalar, protein filmlerine EY eklenmesinin % uzama miktarının artmasına yol açabileceğini göstermiştir (Osés vd., 2009; Broumand vd., 2011). Çalışmada elde edilen sonuçlar arasındaki farklar, protein türüne (protein ve çözücü yüzdesi) ve EO'ya ve ayrıca sıcaklık ve nem gibi filmin hazırlanmasını etkileyen diğer parametrelere bağlanabilir (Bahram vd., 2013).



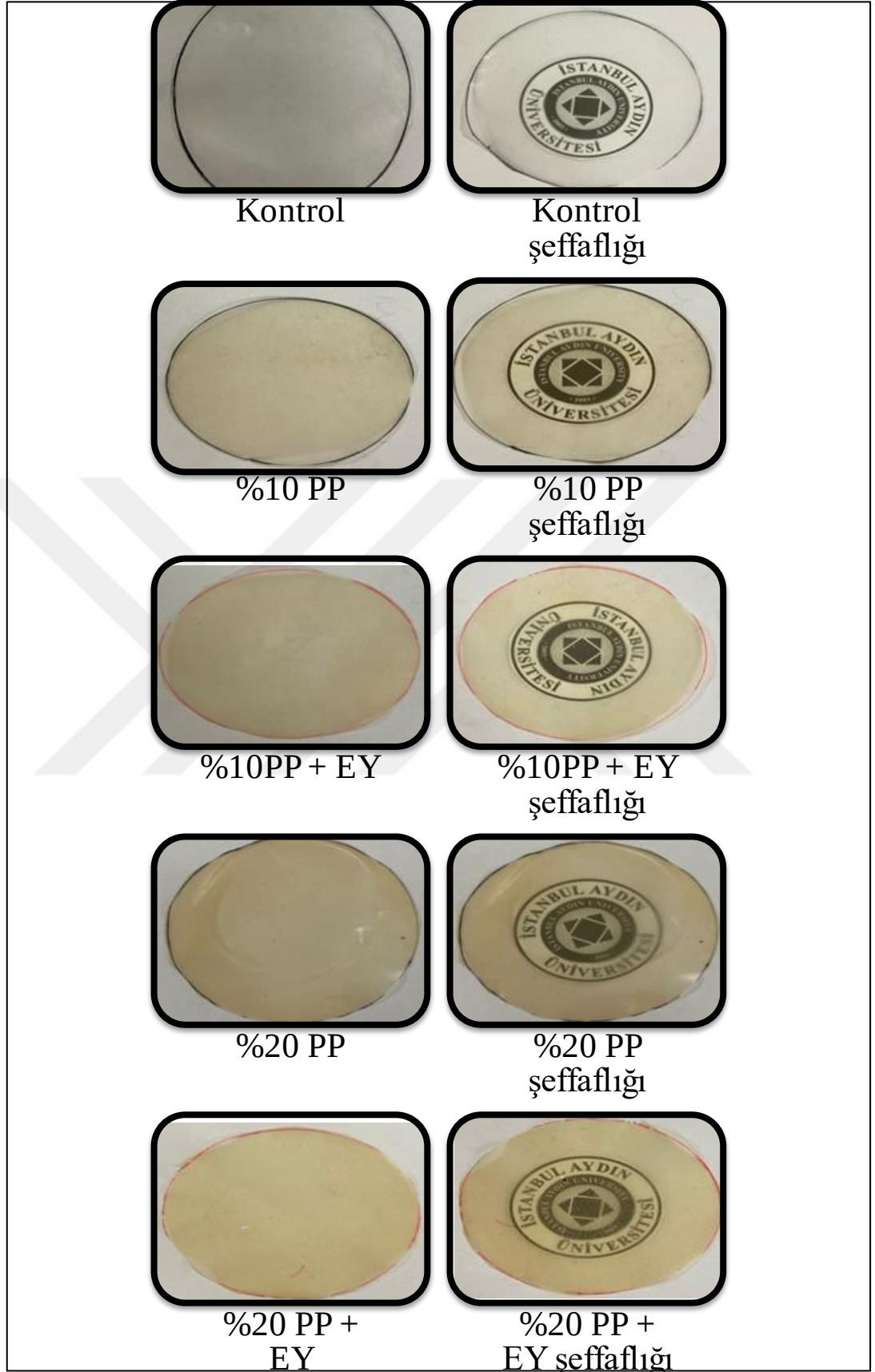
Şekil 8. Film örneklerinin % Uzama miktarı.



Şekil 9. Film örneklerinin çekme mukavemeti (N/mm2).

D. Görsel Analiz

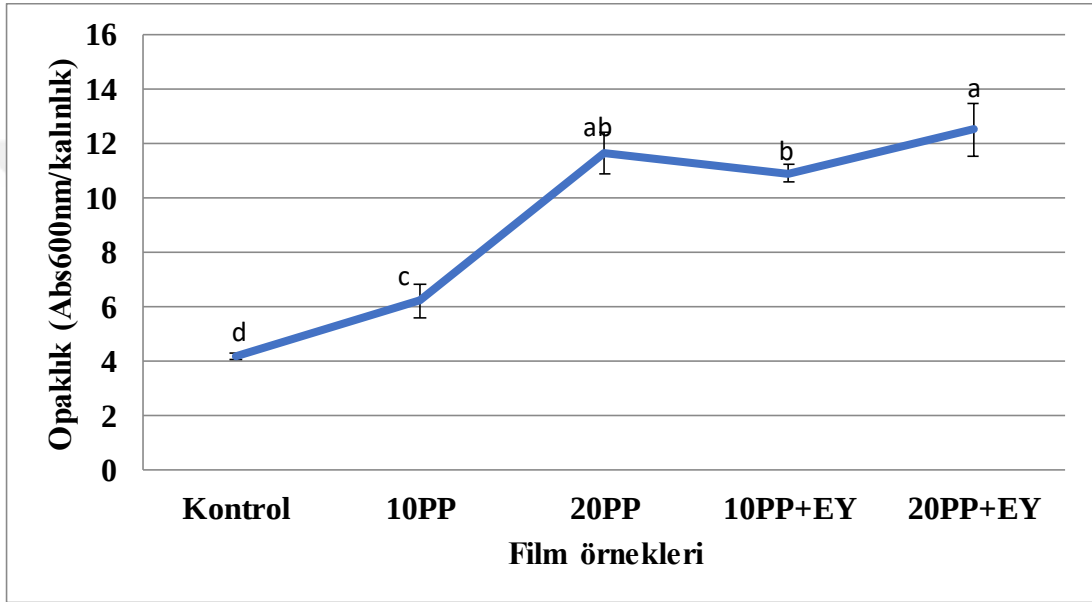
Filmlerin görsel olarak şeffaflık analizi, gıda ambalajı olarak kullanıldıklarında gıdayı ne kadar görünür kıldıkları ile ilgili bilgi almak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Şekil 10'da mısır nişastası-pirinç protein tozu konsantrasyonunun artmasıyla filmlerin şeffaflığının azaldığı gözlenmiştir. Görüldüğü gibi tüm filmler homojen ve pürüzsüz bir görünüme sahiptir. Herhangi bir gözenek veya çatlak olduğuna dair hiçbir kanıt gözlenmemiştir. Kontrol filmi en şeffaf ve pürüzsüz filmidir. Pirinç proteini konsantrasyonu arttıkça film rengi koyulaşmaya ve şeffaflık azalmaya başlamıştır. Lipitler, yağlar, proteinler olmak üzere birçok gıda bileşeni ışığa maruz kaldıklarında oksidasyona uğrayabilir, bu nedenle gıda ürünleri, şeffaflığı azaltılmış ambalajlar malzemeleri ile paketlenabilir. Üretilen filmler, UV ve görünür ışık ile bozunabilen gıda ürünlerinin paketlenmesinde kullanılabilir (Vejdan vd., 2016). Defne yaprağı yağının eklenmesi %10PP ve %20PP filmlerinde şeffaflık açısından herhangi bir fark yaratmamıştır. Ancak EY eklenmesi film görünümünü parlaklaştırarak ürünün albenisini arttırmıştır.



Şekil 10. Film örneklerinin görüntüleri.

E. Optik Geçirgenlik

Kontrol filmi ve pirinç proteini ilave edilmiş filmlerin opaklık değerleri Şekil 11’de gösterilmiştir. Film opaklığı 4,169 ile 12,498 arasında değişmektedir. Değerler incelendiğinde; PP eklenmesi ve 10 PP içeren örneklere EY ilave edilmesi ile filmlerin opaklığında anlamlı bir artış olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Buna göre film örneklerine PP eklenmesi film opaklığını önemli derecede arttırırken, EY ilave edilmesi PP bazlı film örneklerimizde anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.



Şekil 11. Film örneklerinin opaklık (Abs600nm/kalınlık) değerleri.

F. Renk

Renk, tarım ürünlerinde önemli bir kalite parametresidir. Aynı zamanda, tüketicilerin kabul edilebilirlik algısını etkilediği için önemlidir. Meyvenin renginin azaltılması tüketiciler için arzu edilmez, çünkü parlaklığı azalan gıda ürünü tazeliğini yitirmiş olur (Wigati vd., 2023). Kontrol filmi ve PP, PP+EY ilave edilmiş film örneklerinin renk değerleri Çizelge 5’de gösterilmiştir. Film örneklerinin L^* değerleri 88,441 ile 94,986 arasında değişmektedir. Çizelge incelendiğinde film örnekleri arasında PP ve EY eklenmesi ile L^* değerlerinde anlamlı şekilde azaldığı görülmüştür ($p < 0.05$).

Film örneklerinin a^* değerleri 4,147 ile 5,049 arasında değişmektedir. Elde edilen pozitif a^* değerleri filmlerin kırmızılık değeridir. 20PP film örnekleri için kırmızılık değeri kontrol filmine göre daha yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Film örneklerine EY eklenmesi ile 10PP filmlerin a^* değerinde anlamlı bir değişim olmazken; 20PP filmlerde bir azalma oluşmuştur. Bu durumda genel bir çıkarım yapmak mümkün olmamıştır.

Film örneklerinin b^* değerleri -0,433 ile 16,151 arasında değişmektedir. Kontrol film örneği ile PP ve EY eklenmiş film örnekleri arasında anlamlı bir değişime neden olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). PP ve EY örneklerinin karakteristik rengi sarı olduğu için bu bileşenlerin nişasta filme eklenmesi filmlerin sarılık değerinde artışa neden olmuştur.

İlave edilen PP ve EY içeriklerinin kontrol film örneğinden farklılığı gösteren ΔE değerleri 4,955 ile 17,631 aralığında elde edilmiştir. Değerler incelendiğinde filmlere ilave edilen içerik miktarı arttıkça rengin kontrol filminden farklılaştığı açıkça görülmektedir ($p < 0,05$). Bu durum görsel analiz ile de ortaya konmuştur.

Film örneklerinin $S\dot{I}$ değerleri -0,656 ile 26,097 arasında değişmektedir. $S\dot{I}$ değerinin duyuşal kabul edilebilirlik için düşük olması istenmektedir (Villacrés vd., 2014). Kontrol film örneği ile PP ve EY eklenmiş film örnekleri arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). Film formülasyonuna yapılan ilaveler $S\dot{I}$ değerlerinde yükselmeye neden olmuştur.

Film örneklerinin $B\dot{I}$ değerleri 705,364 ile 2070,595 arasında değişmektedir. Kontrol film örneği ile PP ve EY eklenmiş film örnekleri arasında anlamlı bir artış olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). Renk parametrelerindeki değişiklikler, film

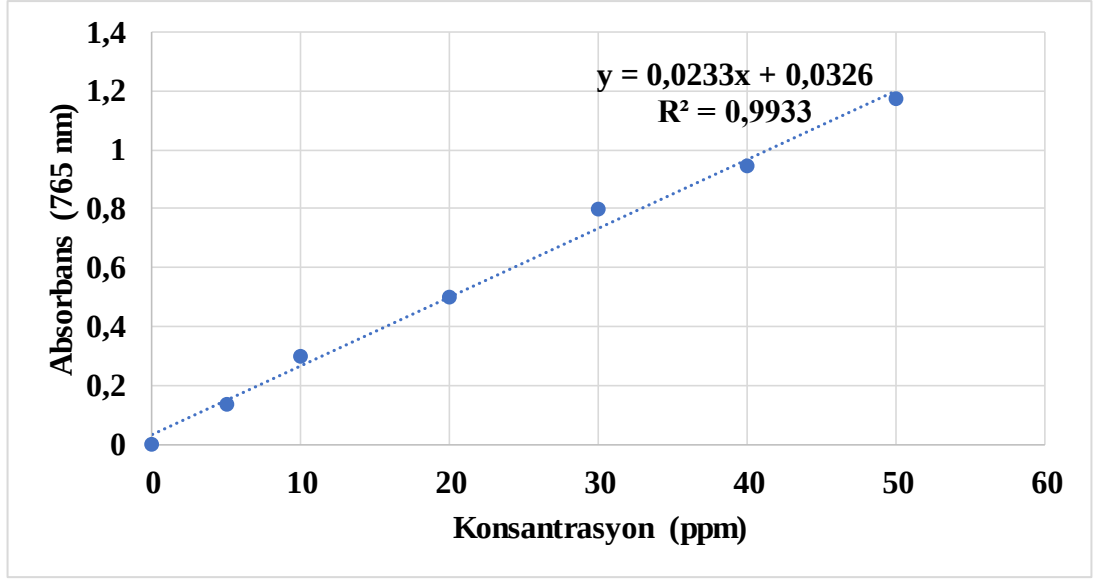
görünümünü etkileyen saf uçucu yağların renginden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, analiz edilen tüm filmler, rengin kalite değerlendirmesinde çok önemli bir parametre olduğu taze gıda ürünleri üzerinde uygulama yeterli parametrelere sahiptir. PP ve EY içeren filmlerin kontrol filme göre daha düşük Bİ değerine sahip olması filmlerin daha koyu renkli ve karanlık olduğunu göstermektedir. Eklenen ürünlerin sarı-turuncu renginden dolayı bu durum oluşmaktadır (Xue vd., 2019).

Çizelge 5. Film örneklerinin L^* , a^* , b^* , ΔE , Sİ, Bİ değerleri (ΔE : Toplam renk farkı; Sİ: Sarılık indeksi; Bİ: Beyazlık indeksi).

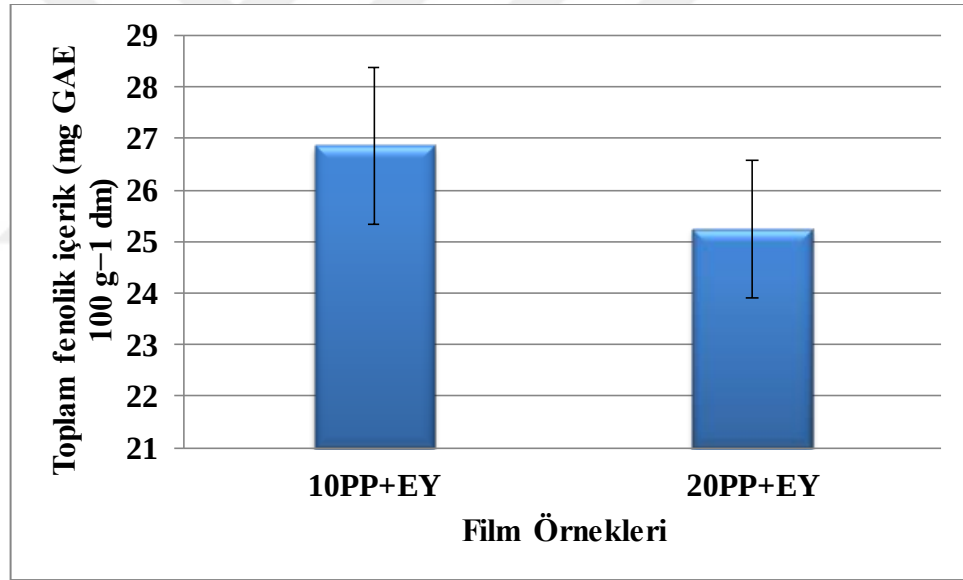
Film	L^*	a^*	b^*	ΔE	Sİ	Bİ
Kontrol	94,386 ^a ± 0,237	4,242 ^b ± 0,038	-0,433 ^e ± 0,173	-	-0,656 ^e ± 0,262	92,946 ^a ± 0,164
10PP	93,218 ^b ± 0,418	4,208 ^c ± 0,045	4,377 ^d ± 0,848	4,955 ^d ± 0,918	6,713 ^d ± 1,326	90,878 ^b ± 0,717
20PP	88,94 ^d ± 0,728	5,049 ^a ± 0,353	14,119 ^b ± 1,391	15,563 ^b ± 1,566	22,696 ^b ± 2,425	81,364 ^d ± 1,566
10PP+EY	90,439 ^c ± 0,962	4,147 ^c ± 0,197	11,679 ^c ± 2,063	12,750 ^c ± 2,221	18,479 ^c ± 3,457	83,920 ^c ± 2,152
20PP+EY	88,441 ^e ± 0,490	4,891 ^c ± 0,152	16,151 ^a ± 0,918	17,631 ^a ± 1,031	26,097 ^a ± 1,629	79,294 ^e ± 1,008

G. Toplam Fenolik İçerik ve Antioksidan Aktivite

Film örneklerinin 500 μL ile hazırlanan gallik asit standard eğrisi Şekil 12’de gösterilmiştir. PP film örneklerine EY ilave edilmiş film örneklerinin toplam fenolik içerik değerleri Şekil 13’de gösterilmiştir. Film örneklerinin toplam fenolik içerik miktarları 25,246 ile 26,845 mg GAE 100 g^{-1} dm arasında değişmektedir. Aynı oranda EY içeren 10PP+EY ve 20PP+EY film örnekleri arasında beklenildiği gibi anlamlı bir fark olmadığı gözlemlenmiştir ($p > 0,05$).

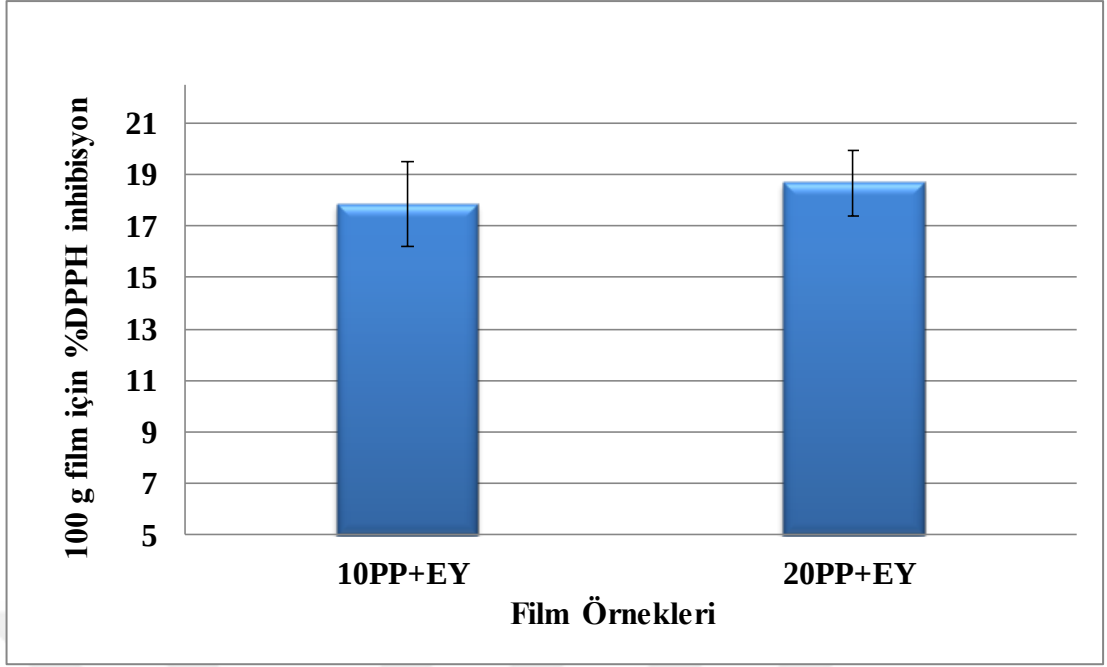


Şekil 12. Film örneklerinin 500 µL ile hazırlanan gallik asit standard eğrisi.



Şekil 13. Film örneklerinin toplam fenolik içerik (mg GAE 100 g⁻¹ dm) grafiği.

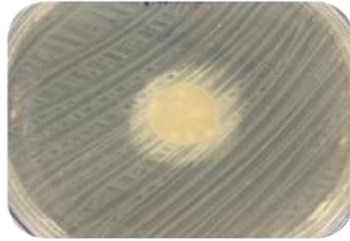
PP film örneklerine EY ilave edilmiş film örneklerinin 100 g film için %DPPH inhibisyon değerleri grafiği Şekil 14’de gösterilmiştir. Film örneklerinin %DPPH inhibisyon değerleri 17,839 ile 18,681 arasında değişmektedir. Ayrıca, defne yaprağı EY örneğinin %DPPH inhibisyon değeri 10 g yağ için %12,205’dür.



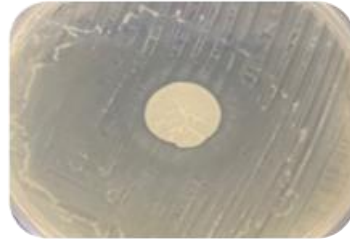
Şekil 14. Film örneklerinin 100 g film için %DPPH inhibisyon değerleri grafiği.

H. Antimikrobiyal Aktivite ve Çileklerin Zamanla Değişimi

PP film örneklerine EY ilave edilmiş film örneklerinin antimikrobiyal aktivite görüntüleri Şekil 15 ve Şekil 16'da gösterilmiştir. EY içeren film örneklerinin *Salmonella* bakterisine karşı zone oluşumu gözlemlenmemiş olup antimikrobiyal aktivite göstermediği görülmüştür. İçeriğinde %1 oranında EY içeren film örneğinde *Bacillus cereus* bakterisinin bulunduğu nutrient agarda iki adet zone oluşumu gözlemlenmiştir. Oluşan ilk zone çapının ortalama 1,44 mm, ikinci zone çapının ise 7,3 mm olduğu görülmüştür. Oluşan bu görüntünün esansiyel yağ ilave oranıyla alakalı olduğu kanısına varılmıştır. Esansiyel yağ konsantrasyonu arttıkça antimikrobiyal aktivite de artacaktır.



Şekil 15. *Salmonella*,
Gram -



Şekil 16. *B. cereus*,
Gram +

Filmler üzerine konularak oda koşullarında belli süre depolanan çilek örneklerinin zamanla değişimi Şekil 17, Şekil 18, Şekil 19’da verilmiştir. Mikrobiyal büyümeyi ve doku çürümesini azaltmak için meyve ve sebzeler olmak üzere çeşitli gıda ürünlerinde yenilebilir filmler ve kaplamalar uygulanmaktadır. Yenilebilir filmlerin üzerine yerleştirilen çileklerde, su kaybı nedeniyle büzülmeler olduğu görülmüştür. 3. Güne kadar, yenilebilir film üzerine yerleştirilen çileklerde görünür bir küf oluşumu belirtisi gözlemlenmemiştir, fakat 4. Günde, kontrol filmi üzerinde duran çileklerden birinde küf oluşumu gözlemlenmiştir. Ek olarak 5. Günde 10PP film örneğindeki çilekte küf oluşumu gözlemlenmiştir. Beş gün içinde, 10PP+EY film örneklerinin üzerine yerleştirilen çileklerde herhangi bir küf oluşumu gözlemlenmemiştir. Esansiyel yağlar uçucu özelliklerinden dolayı antimikrobiyal aktivitelerini sadece doğrudan temas ettiği yerlerde değil tüm meyve boyunca gösterebilmektedir. (Aydoğdu vd., 2020).



Şekil 17. Çilek numunesinin kontrol filmi üzerinde zamanla değişimi.



Şekil 18. Çilek numunesinin %10 PP filmi üzerinde zamanla değişimi.

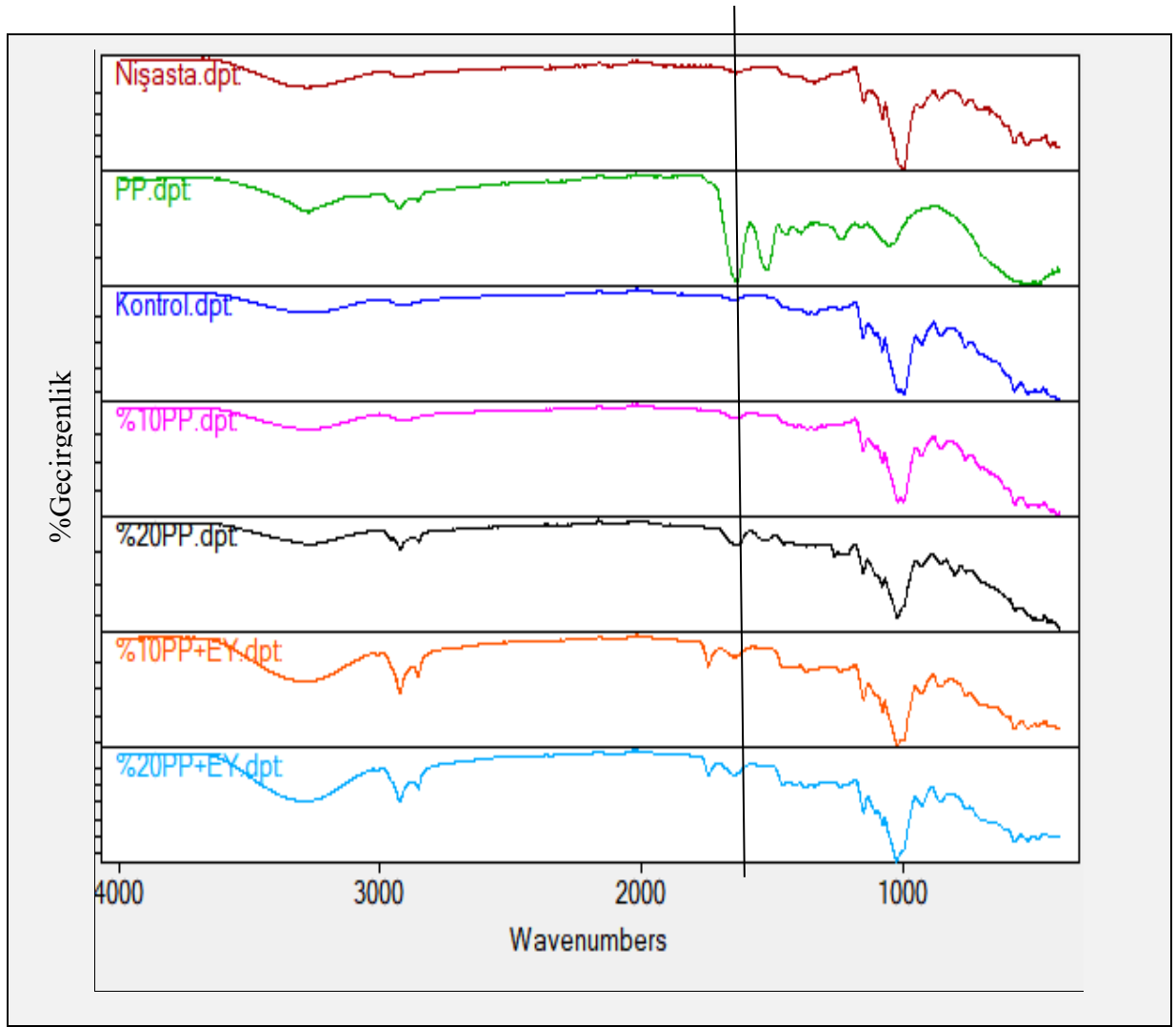


Şekil 19. Çilek numunesinin %10 PP + EY filmi üzerinde zamanla değişimi.

İ. Fourier Transform Kızılötesi (FT-IR) Spektroskopisi

FTIR spektroskopisinde elde edilen pikler ile biyopolimer karışımları arasındaki kimyasal etkileşimler ve fiziksel bağlar belirlenebilmektedir (Amjadi vd., 2019). Kontrol filmi ve pirinç proteini ile birleştirilmiş filmlerin FTIR analiz spektrumları Şekil 20’de gösterilmiştir.

Tüm film örneklerinde ve nişasta örneğinde 3600 ve 3000 cm^{-1} aralığında elde edilen geniş bant nişasta ve bazı amino asitlerdeki O-H gerilmelerini; $3000\text{-}2800\text{ cm}^{-1}$ aralığındaki pikler ise nişasta ve protein yapısındaki C-H (CH_2 ve CH_3) gerilmelerini göstermektedir (Choi vd., 2022; Luo vd., 2022). Mısır nişastas ve pirinç proteini içeren filmlerin spektrumunda yeni bir pik oluşumu gözlenmemiştir. Bu durum nişasta ve proteinin yeni bir fonksiyonel grup oluşturmadığını göstermektedir. Protein miktarı arttıkça piklerin şiddetinde artış görülmektedir (Luo vd., 2022). Spektrumda 1640 cm^{-1} civarındaki pik su pikidir. Protein içeren filmlerdeki 1650 cm^{-1} civarında çıkan pik amid I (C=O) piki iken 1500 cm^{-1} civarında çıkan pik ise amid II (C-N) bağı göstermektedir (Luo vd., 2022; Sukhija vd., 2016). 920 , 1000 ve 1150 cm^{-1} civarındaki pikler C-O gerilmelerini göstermektedir (Li vd., 2015). EY eklenen filmlerde amid I piki daha geniş olarak elde edilmiştir, bu durum EY moleküllerinin film içeriğindeki proteinler ile etkileşime girdiğini göstermektedir (Chollakup vd., 2020).



Şekil 20. Mısır Nişastası, PP, Kontrol filmi, %10PP, %20PP, %10PP+EY, %20PP+EY örneklerinin Fourier transform kızılötesi (FT-IR) spektroskopisi sonuçları.

V. SONUÇ

Bu çalışmada, pirinç proteini (PP) ve mısır nişastası ile yenilebilir film elde edilip ve esansiyel yağlarla (EY) zenginleştirilerek bazı özelliklerinin incelenmesi çalışmanın konusu olarak seçilmiştir. Nişastanın kırılma, higroskopik ve düşük mekanik özelliklere sahip yapısı ortadan kaldırılarak gliserol ilavesi ile film örneğinin yumuşak, elastik ve şekillenebilir hale getirilmesi sağlanmıştır. Pirinç proteini ile zenginleştirilmiş film örnekleri oluşan yeni yapı nedeniyle gelişmiş özellikler gösterir. Ayrıca pirinç proteini- nişasta bazlı film örneklerimize defne yaprağı esansiyel yağ ilave edilerek aktif içeriği artırılmış yenilebilir film üretimi yapılmıştır. Yürütülen çalışmada elde edilen sonuçlara göre pirinç proteini konsantrasyonu arttıkça film rengi koyulaşmaya ve şeffaflık azalmaya başlamıştır. EY eklenmesi film görünümünü parlaklaştırarak ürünün albenisini arttırmıştır. Film örneklerinde EY eklenmesi %suda şişme ve %suda çözünürlük değerlerini azaltırken su buharı geçirgenliğini arttırmıştır. Film örneklerindeki %uzama miktarı PP eklendikçe artarken EY eklendikçe azaldığı görülmüştür. Yine aynı şekilde opaklık değerinin PP eklendikçe artarken EY eklenmesinin bir fark yaratmadığı saptanmıştır. Film örneklerine PP ve EY ilavesi ile sarıya yakın renkte filmler elde edilerek L^* (parlaklık), b^* (sarılık), ΔE (toplam renk farkı) ve $S\bar{I}$ (sarılık indeksi) değerlerinde artış, beyazlık indeksi ($B\bar{I}$) değerlerinde azalış görülmüştür. Ayrıca pirinç proteini (PP) ve mısır nişastası bazlı yenilebilir film örneğine ilave edilen EY, *Bacillus cereus* bakterisine karşı antimikrobiyal aktivite gösterirken *Salmonella* bakterisine karşı herhangi bir antimikrobiyal aktivite göstermemiştir.

VI. KAYNAKÇA

KİTAPLAR

- BALDWIN, E. A. (1994). **“Edible coatings for fresh fruits and vegetables: past, present, and future”**, Edible coatings and films to improve food quality.
- BRAIN WILFER, P., GİRİDARAN, G., JEYA JEEVAHAN, J., BRITTO JOSEPH, G., SENTHIL KUMAR, G., & THYKATTUSERRY, N. J. (2021). **“Effect of starch type on the film properties of native starch based edible films”**, Materials Today: Proceedings, cilt 44, bölüm 5, ss.3903–3907.
- DEBEAUFORT, F., & VOÏLLEY, A. (2009). **“Lipid-based edible films and coatings”**, Edible films and coatings for food applications, ss. 135-168.
- ERGİNKAYA, Z., KALKAN, S., & ÜNAL, E. (2014). **“Use of antimicrobial edible films and coatings as packaging materials for food safety”**, Food processing: Strategies for quality assessment, ss.261-295.
- HAN, J. H. (2014). **“Edible films and coatings: a review”**, Innovations in food packaging, ss. 213-255.
- JAFARZADEH, S., SALEHABADI, A., & JAFARI, S. M. (2020). **“Metal nanoparticles as antimicrobial agents in food packaging”**, Handbook of food nanotechnology, ss. 379-414.
- LAZARİDOU, A., & BİLİADERİS, C. G. (2020). **“Edible films and coatings with pectin”**, Pectin: Technological and physiological properties, 99-123.
- MARQUES, A., TEIXEIRA, B., & NUNES, M. L. (2016). **“Bay laurel (Laurus nobilis) oils”**, Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety, ss.239-246.
- MİLANİ, J., & MALEKİ, G. (2012). **“Hydrocolloids in food industry”**, Food industrial processes–Methods and equipment, cilt 2, ss. 2-37.
- NİSPEROS-CARRİEDO, M. O., KROCHTA, J. M., & BALDWIN, E. A. (1994). **“Edible coatings and films to improve food quality”**.

MAKALELER

- ADEBİYİ, A. P., ADEBİYİ, A. O., JIN, D. H., OGAVA, T., & MURAMOTO, K. (2008). "Rice bran protein-based edible films". **International journal of food science & technology**, cilt 43, sayı 3, ss.476-483.
- AGUILAR-MENDEZ, M. A., MARTÍN-MARTÍNEZ, E. S., TOMAS, S. A., CRUZ-OREA, A., & JAÍME-FONSECA, M. R. (2008). "Gelatin–starch films: Physicochemical properties and their application in extending the post-harvest shelf life of avocado (*Persea americana*)", **Journal of the Science of Food and Agriculture**, cilt 88, sayı 2, ss.185-193.
- AHMAD, M., BENJAKUL, S., PRODPRAN, T., & AGUSTINI, T. W. (2012). "Physico-mechanical and antimicrobial properties of gelatin film from the skin of unicorn leatherjacket incorporated with essential oils", **Food hydrocolloids**, cilt 28, sayı 1, ss.189-199.
- AL-HASSAN, A. A., & NORZIAH, M. H. (2012). "Starch–gelatin edible films: Water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers", **Food hydrocolloids**, cilt 26, sayı 1, ss.108-117.
- ALIREZALU, K., PIROUZI, S., YAGHOUBI, M., KARIMI-DEHKORDI, M., JAFARZADEH, S., & KHANEGHAH, A. M. (2021). "Packaging of beef fillet with active chitosan film incorporated with ϵ -polylysine: An assessment of quality indices and shelf life", **Meat Science**, cilt 176, 108475.
- ALVES, V. D., COSTA, N., & COELHO, I. M. (2010). "Barrier properties of biodegradable composite films based on kappa-carrageenan/pectin blends and mica flakes", **Carbohydrate Polymers**, cilt 79, sayı 2, ss. 269-276.
- AMİN, U., KHAN, M. U., MAJEED, Y., REBEZOV, M., KHAYRULLİN, M., BOBKOVA, E., SHARİATİ, M. A., CHUNG, I. M., & THIRUVENGADAM, M. (2021). "Potentials of polysaccharides, lipids and proteins in biodegradable food packaging applications", **International Journal of Biological Macromolecules**, cilt 183, ss.2184–2198.
- AMJADİ, S., EMAMİNİA, S., DAVUDİAN, S. H., POURMOHAMMAD, S., HAMİSHEHKAR, H., & ROUFEGARİNEJAD, L. (2019). "Preparation

and characterization of gelatin-based nanocomposite containing chitosan nanofiber and ZnO nanoparticles”, **Carbohydrate Polymers**, cilt 216, ss.376-384.

ANDRADE, R. D., SKURTYYS, O., & OSORÍO, F. A. (2012). “Atomizing Spray Systems for Application of Edible Coatings”, **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, cilt 11, sayı 3, ss.323–337.

ASDAGH, A., & PIRSA, S. (2020). “Bacterial and oxidative control of local butter with smart/active film based on pectin/nanoclay/Carum copticum essential oils/ β -carotene”, **International Journal of Biological Macromolecules**, cilt 165, ss.156-168.

ATARÉS, L., & CHIRALT, A. (2016). “Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging”, **Trends in food science & technology**, cilt 48, ss.51-62.

AYDOĞDU, A., RADKE, C. J., BEZCİ, S., & KİRTİL, E. (2020). “Characterization of curcumin incorporated guar gum/orange oil antimicrobial emulsion films”, **International Journal of Biological Macromolecules**, cilt 148, ss.110–120.

BAHRAM, S., REZAEİ, M., SOLTANİ, M., KAMALİ, A., OJAGH, S. M., & ABDOLLAHI, M. (2013). “Whey Protein Concentrate Edible Film Activated with Cinnamon Essential Oil”, **Journal of Food Processing and Preservation**, cilt 38, sayı 3, ss.1251–1258.

BAZZAZ, A. E., HAKİMZADEH, V., & NOGHABİ, M. S. (2021). “Preparation and study of carboxymethyl cellulose biodegradable films properties containing Mentha pulegium essential oil”, **Journal of Thermoplastic Composite Materials**, cilt 34, sayı 9, ss.1213-1233.

BOURTOOM, T. (2008). “Edible films and coatings: characteristics and properties”, **International food research journal**, cilt 15, sayı 3, ss. 237-248.

BOURTOOM, T. (2008). “Factors affecting the properties of edible film prepared from mung bean proteins”, **International Food Research Journal**, cilt 15, sayı 2, ss.167-180.

- BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., & BERSET, C. L. W. T. (1995). "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity", **LWT-Food science and Technology**, cilt 28, sayı 1, ss.25-30.
- BRAVİN, B., PERESSİNİ, D., & SENSİDONİ, A. (2004). "Influence of Emulsifier Type and Content on Functional Properties of Polysaccharide Lipid-Based Edible Films", **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, cilt 52, sayı 21, ss. 6448–6455.
- BRAVİN, B., PERESSİNİ, D., & SENSİDONİ, A. (2004). "Influence of Emulsifier Type and Content on Functional Properties of Polysaccharide Lipid-Based Edible Films", **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, cilt 52, sayı 21, ss. 6448–6455.
- BRAVİN, B., PERESSİNİ, D., & SENSİDONİ, A. (2006). "Development and application of polysaccharide–lipid edible coating to extend shelf-life of dry bakery products", **Journal of Food Engineering**, cilt 76, sayı 3, ss.280-290.
- BROUMAND, A., EMAM-DJOMEH, Z., HAMEDİ, M., & RAZAVİ, S. H. (2011). "Antimicrobial, water vapour permeability, mechanical and thermal properties of casein based Zataria multiflora Boiss. Extract containing film", **LWT-Food science and Technology**, cilt 44, sayı 10, ss.2316-2323.
- BULÉON, A., COLONNA, P., PLANCHOT, V., & BALL, S. (1998). "Starch granules: structure and biosynthesis", **International Journal of Biological Macromolecules**, cilt 23, sayı 2, ss. 85–112.
- CAKMAK, H., KUMCUOĞLU, S., & TAVMAN, S. (2018). "Production of edible coatings with twin-nozzle electrospraying equipment and the effects on shelf-life stability of fresh-cut apple slices", **Journal of Food Process Engineering**, cilt 41, sayı 1, ss. e12627.
- CALDERÓN-CASTRO, A., VEGA-GARCÍA, M. O., DE JESÚS ZAZUETA-MORALES, J., FITCH-VARGAS, P. R., CARRILLO-LÓPEZ, A., GUTIÉRREZ-DORADO, R., ... & AGUILAR-PALAZUELOS, E. (2018). "Effect of extrusion process on the functional properties of high amylose corn starch edible films and its application in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins", **Journal of food science and technology**, cilt 55, sayı 3, ss.905-914.

- CAO, N., FU, Y., & HE, J. (2007). "Preparation and physical properties of soy protein isolate and gelatin composite films", **Food Hydrocolloids**, cilt 21, sayı 7, ss. 1153–1162.
- CARRİERE, C. J. (1998). "Evaluation of the Entanglement Molecular Weights of Maize Starches from Solution Rheological Measurements", **Cereal Chemistry Journal**, cilt 75, sayı 3, ss. 360–364.
- CHOİ, I., SHİN, D., LYU, J. S., LEE, J. S., SONG, H. G., CHUNG, M. N., & HAN, J. (2022). "Physicochemical properties and solubility of sweet potato starch-based edible films", **Food Packaging and Shelf Life**, cilt 33, 100867.
- CHOLLAKUP, R., PONGBUROOS, S., BOONSONG, W., KHANOONKON, N., KONGSİN, K., SOTHORNVİT, R., ... & HARNKARNSUJARİT, N. (2020). "Antioxidant and antibacterial activities of cassava starch and whey protein blend films containing rambutan peel extract and cinnamon oil for active packaging", **Lwt**, cilt 130, 109573.
- CHONG, E. W. N., JAFARZADEH, S., PARİDAH, M. T., GOPAKUMAR, D. A., TAJARUDİN, H. A., THOMAS, S., & ABDUL KHALİL, H. P. S. (2019). "Enhancement in the physico-mechanical functions of seaweed biopolymer film via embedding fillers for plasticulture application—a comparison with conventional biodegradable mulch film", **Polymers**, cilt 11, sayı 2, ss. 210.
- DAİ, L., ZHANG, J., & CHENG, F. (2020). "Cross-linked starch-based edible coating reinforced by starch nanocrystals and its preservation effect on graded Huangguan pears", **Food Chemistry**, cilt 311, 125891.
- DASHİPOUR, A., RAZAVİLAR, V., HOSSEİNİ, H., SHOJAE-ALİABADİ, S., GERMAN, J. B., GHANATİ, K., ... & KHAKSAR, R. (2015). "Antioxidant and antimicrobial carboxymethyl cellulose films containing Zataria multiflora essential oil", **International journal of biological macromolecules**, cilt 72, ss.606-613.
- DE CORATO, U., MACCİONİ, O., TRUPO, M., & Dİ SANZO, G. (2010). "Use of essential oil of Laurus nobilis obtained by means of a supercritical carbon dioxide technique against post harvest spoilage fungi", **Crop protection**, cilt 29, sayı 2, ss.142-147.

- DEHGHANİ, S., HOSSEİNİ, S. V., & REGENSTEİN, J. M. (2018). "Edible films and coatings in seafood preservation: A review", **Food Chemistry**, cilt 240, ss. 505–513.
- DEMİR, V., GUNHAN, T., YAGCIOĞLU, A. K., & DEĞİRMENCİOĞLU, A. (2004). "Mathematical Modelling and the Determination of Some Quality Parameters of Air-dried Bay Leaves", **Biosystems Engineering**, cilt 88, sayı 3, ss. 325–335.
- DHALL, R. K. (2013). "Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review", **Critical reviews in food science and nutrition**, cilt 53, sayı 5, ss.435-450.
- Dİ GIUSEPPE, F. A., VOLPE, S., CAVELLA, S., MASÌ, P., & TORRIERİ, E. (2022). "Physical properties of active biopolymer films based on chitosan, sodium caseinate, and rosemary essential oil", **Food Packaging and Shelf Life**, cilt 32, 100817.
- DÍAZ-MONTES, E., & CASTRO-MUÑOZ, R. (2021). "Edible films and coatings as food-quality preservers: An overview", **Foods**, cilt 10, sayı 2, ss.249.
- DONHOWE, I. G., & FENNEMA, O. (1993). "The effects of plasticizers on crystallinity, permeability, and mechanical properties of methylcellulose films", **Journal of Food Processing and preservation**, cilt 17, sayı 4, ss.247-257.
- DU, W. X., OLSEN, C. W., AVENA-BUSTILLOS, R. J., MCHUGH, T. H., LEVİN, C. E., & FRIEDMAN, M. (2009). "Effects of allspice, cinnamon, and clove bud essential oils in edible apple films on physical properties and antimicrobial activities", **Journal of Food Science**, cilt 74, sayı 7, ss.M372-M378.
- ERDEM, B. G., DIBLAN, S., & KAYA, S. (2019). "Development and structural assessment of whey protein isolate/sunflower seed oil biocomposite film", **Food and Bioproducts Processing**, cilt 118, ss. 270-280.
- ESPİTIA, P. J. P., AVENA-BUSTILLOS, R. J., DU, W. X., TEÓFILO, R. F., SOARES, N. F., & MCHUGH, T. H. (2014). "Optimal antimicrobial formulation and physical–mechanical properties of edible films based on

- açaí and pectin for food preservation”, **Food Packaging and Shelf Life**, cilt 2, sayı 1, ss.38-49.
- FABIAN, C., & JU, Y. H. (2011). “A review on rice bran protein: its properties and extraction methods”, **Critical reviews in food science and nutrition**, cilt 51, sayı 9, ss.816-827.
- FAKHOURİ, F. M., MARTELLİ, S. M., CAON, T., VELASCO, J. I., & MEİ, 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**, cilt 109, ss. 57-64.
- FALGUERA, V., QUINTERO, J. P., JIMÉNEZ, A., MUÑOZ, J. A., & IBARZ, A. (2011). “Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use”, **Trends in Food Science & Technology**, cilt 22, sayı 6, ss. 292-303.
- FITCH-VARGAS, P. R., AGUILAR-PALAZUELOS, E., DE JESÚS ZAZUETA-MORALES, J., VEGA-GARCÍA, M. O., VALDEZ-MORALES, J. E., MARTÍNEZ-BUSTOS, F., & JACOBO-VALENZUELA, N. (2016). “Physicochemical and Microstructural Characterization of Corn Starch Edible Films Obtained by a Combination of Extrusion Technology and Casting Technique”, **Journal of Food Science**, cilt 81, sayı 9, ss. E2224–E2232.
- FLORES-MARTÍNEZ, N. L., VALDEZ-FRAGOSO, A., JIMÉNEZ-ISLAS, H., & PÉREZ-PÉREZ, M. C. (2017). “Physical, barrier, mechanical and microstructural properties of Aloe vera-gelatin-glycerol edible films incorporated with Pimenta dioica L. Merrill essential oil”, **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, cilt 16, sayı 1, ss. 109-119.
- FRANCO-VEGA, A., RAMÍREZ-CORONA, N., LÓPEZ-MALO, A., & PALOU, E. (2019). “Studying microwave assisted extraction of Laurus nobilis essential oil: Static and dynamic modeling”, **Journal of Food Engineering**, cilt 247, ss. 1–8.
- GALANAKIS, C. M. (2020). “The food systems in the era of the coronavirus (COVID-19) pandemic crisis”, **Foods**, cilt 9, sayı 4, ss.523.

- GALANAKIS, C. M. (2021). "Functionality of food components and emerging Technologies", **Foods**, cilt 10, sayı 1, ss. 128.
- GALANAKIS, C. M., ALDAWOUD, T. M., RIZOU, M., ROWAN, N. J., & IBRAHİM, S. A. (2020). "Food ingredients and active compounds against the coronavirus disease (COVID-19) pandemic: A comprehensive review", **Foods**, cilt 9, sayı 11, ss. 1701.
- GALANAKIS, C. M., RIZOU, M., ALDAWOUD, T. M., UCAK, I., & ROWAN, N. J. (2021). "Innovations and technology disruptions in the food sector within the COVID-19 pandemic and post-lockdown era", **Trends in Food Science & Technology**, cilt 110, ss. 193-200.
- GALUS, S., & KADZIŃSKA, J. (2016). "Whey protein edible films modified with almond and walnut oils", **Food Hydrocolloids**, cilt 52, ss. 78–86.
- GARAVAND, F., CACCIOTTI, I., VAHEDIKIA, N., REHMAN, A., TARHAN, Ö., AKBARI-ALAVIJEH, S., .. & JAFARI, S. M. (2022). "A comprehensive review on the nanocomposites loaded with chitosan nanoparticles for food packaging", **Critical reviews in food science and nutrition**, cilt 62, sayı 5, ss. 1383-1416.
- GHAMARI, M. A., AMIRI, S., REZAZADEH-BARI, M., & REZAZAD-BARI, L. (2022). "Physical, mechanical, and antimicrobial properties of active edible film based on milk proteins incorporated with Nigella sativa essential oil", **Polymer Bulletin**, cilt 79, sayı 2, ss. 1097-1117.
- GHOSHAL, G.S. (2022). "Thyme essential oil nano-emulsion/Tamarind starch/Whey protein concentrate novel edible films for tomato packaging", **Food Control**, cilt 138, 108990.
- GIANCONE, T., TORRIERI, E., DI PIERRO, P., CAVELLA, S., GIOSAFATTO, C. V. L., & MASÌ, P. (2009). "Effect of Surface Density on the Engineering Properties of High Methoxyl Pectin-Based Edible Films", **Food and Bioprocess Technology**, cilt 4, sayı 7, ss. 1228–1236.
- GÓMEZ-ESTACA, J., LÓPEZ-DE-DÍCASTILLO, C., HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P., CATALÁ, R., & GAVARA, R. (2014). "Advances in antioxidant active

food packaging”, **Trends in Food Science & Technology**, cilt 35, sayı 1, ss. 42-51.

HAGHİGHATPANAH, N., OMAR-AZİZ, M., GHARAGHANİ, M., KHODAIYAN, F., HOSSEİNİ, S. S., & KENNEDY, J. F. (2022). “Effect of mung bean protein isolate/pullulan films containing marjoram (*Origanum majorana* L.) essential oil on chemical and microbial properties of minced beef meat”, **International Journal of Biological Macromolecules**, cilt 201, ss. 318-329.

HAMMAM, A. R. (2019). “Technological, applications, and characteristics of edible films and coatings: A review”, **SN Applied Sciences**, cilt 1, sayı 6, ss. 1-11.

HANANİ, Z. N., ROOS, Y. H., & KERRY, J. P. (2014). “Use and application of gelatin as potential biodegradable packaging materials for food products”, **International journal of biological macromolecules**, cilt 71, ss. 94-102.

HANSEN, L. P., HOSEK, R., CALLAN, M., & JONES, F. T. (1981). “The development of high-protein rice flour for early childhood feeding”, **Food Technology**.

HASSAN, B., CHATHA, S. A. S., HUSSAİN, A. I., ZİA, K. M., & AKHTAR, N. (2018). “Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review”, **International journal of biological macromolecules**, cilt 109, ss. 1095-1107.

HAUCK, B. W., & HUBER, G. R. (1989). “Single screw vs twin screw extrusion”, **Cereal foods world**, cilt 34, sayı 11, ss. 930-939.

HELM, R. M., & BURKS, A. W. (1996). “Hypoallergenicity of rice protein”, **Cereal foods world**, cilt 41, sayı 11, ss. 839-843.

HEYDARİ-MAJD, M., GHANBARZADEH, B., SHAHİDİ-NOGHABİ, M., NAJAFİ, M. A., & HOSSEİNİ, M. (2019). “A new active nanocomposite film based on PLA/ZnO nanoparticle/essential oils for the preservation of refrigerated *Otolithes ruber* fillets”, **Food Packaging and Shelf Life**, cilt 19, ss. 94-103.

HİRLEKAR, R., PATEL, M., JAİN, S., & KADAM, V. (2010). “Drug eluting coronary artery stents”, **Current Drug Delivery**, cilt 7, sayı 5, ss. 421-427.

- IRIMIA, A., STOLERU, E., VASILE, C., BELE, A., & BREBU, M. (2021). "Application of Vegetal Oils in Developing Bioactive Paper-Based Materials for Food Packaging", **Coatings**, cilt 11, sayı 10, ss. 1211.
- JAFARZADEH, S., ALÍAS, A. K., ARİFFİN, F., MAHMUD, S., NAJAFİ, A., & AHMAD, M. (2017). "Fabrication and characterization of novel semolina-based antimicrobial films derived from the combination of ZnO nanorods and nanokaolin", **Journal of food science and technology**, cilt 54, sayı 1, ss. 105-113.
- JAFARZADEH, S., ALÍAS, A. K., ARİFFİN, F., MAHMUD, S., NAJAFİ, A., & SHEİBANİ, S. (2017). "Characterization of a new biodegradable edible film based on semolina loaded with nano kaolin", **International Food Research Journal**, cilt 24, sayı 1, ss. 304-309.
- JAFARZADEH, S., MOHAMMADİ NAFCHİ, A., SALEHABADİ, A., OLADZAD-ABBASABADİ, N., & JAFARİ, S. M. (2021). "Application of bio-nanocomposite films and edible coatings for extending the shelf life of fresh fruits and vegetables", **Advances in Colloid and Interface Science**, cilt 291, ss. 102405.
- JEMÂA, J. M. B., TERSİM, N., TOUDERT, K. T., & KHOUJA, M. L. (2012). "Insecticidal activities of essential oils from leaves of *Laurus nobilis* L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition", **Journal of Stored Products Research**, cilt 48, ss. 97-104.
- KAVOOSİ, G., RAHMATOLLAHİ, A., DADFAR, S. M. M., & PURFARD, A. M. (2014). "Effects of essential oil on the water binding capacity, physico-mechanical properties, antioxidant and antibacterial activity of gelatin films", **LWT-Food Science and Technology**, cilt 57, sayı 2, ss.556-561.
- KENAWİ, M. A., ZAGHLUL, M. M. A., & ABDEL-SALAM, R. R. (2011). "Effect of two natural antioxidants in combination with edible packaging on stability of low fat beef product stored under frozen condition", **Biotechnology in Animal Husbandry**, cilt 27, sayı 3, ss. 345–356.
- KHANZADİ, M., JAFARİ, S. M., MİRZAEİ, H., CHEGİNİ, F. K., MAGHSOUDLOU, Y., & DEHNAD, D. (2015). "Physical and mechanical

- properties in biodegradable films of whey protein concentrate–pullulan by application of beeswax”, **Carbohydrate Polymers**, cilt 118, ss. 24–29.
- KOWALCZYK, D., SZYMANOWSKA, U., SKRZYPEK, T., BARTKOWIAK, A., MATERSKA, M., & ŁUPIŃA, K. (2021). “Release of fireweed extract (*Epilobium angustifolium* L.) from corn starch-and methylcellulose-based films-A comparative study”, **Food Hydrocolloids**, cilt 120, 106887.
- KOWALCZYK, D., SZYMANOWSKA, U., SKRZYPEK, T., BASIURA-CEMBALA, M., MATERSKA, M., & ŁUPIŃA, K. (2021). “Corn starch and methylcellulose edible films incorporated with fireweed (*Chamaenerion angustifolium* L.) extract: Comparison of physicochemical and antioxidant properties”, **International Journal of Biological Macromolecules**, cilt 190, ss. 969–977.
- KROCHTA, J. M., & HERNÁNDEZ-IZQUIERDO, V. M. (2008). “Thermoplastic processing of proteins for film formation”, **Journal of Food Science**, cilt 73, sayı 2, ss. R30-R39.
- KUMAR, S., BASUMATARY, I. B., SUDHANİ, H. P., BAJPAI, V. K., CHEN, L., SHUKLA, S., & MUKHERJEE, A. (2021). “Plant extract mediated silver nanoparticles and their applications as antimicrobials and in sustainable food packaging: A state-of-the-art review”, **Trends in Food Science & Technology**, cilt 112, ss. 651-666.
- KUMAR, S., MUKHERJEE, A., & DUTTA, J. (2020). “Chitosan based nanocomposite films and coatings: Emerging antimicrobial food packaging alternatives”, **Trends in Food Science & Technology**, cilt 97, ss. 196-209.
- Lİ, X., Jİ, N., QİU, C., XİA, M., XİONG, L., & SUN, Q. (2015). “The effect of peanut protein nanoparticles on characteristics of protein-and starch-based nanocomposite films: A comparative study”, **Industrial Crops and Products**, cilt 77, ss. 565-574.
- LİN, 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**, cilt 6, sayı 3, ss. 60–75.

- LİU, Z., LİN, D., SHEN, R., ZHANG, R., LİU, L., & YANG, X. (2021). “Konjac glucomannan-based edible films loaded with thyme essential oil: Physical properties and antioxidant-antibacterial activities”, **Food Packaging and Shelf Life**, cilt 29, 100700.
- LOURDİN, D., BİZOT, H., & COLONNA, P. (1997). “‘Antiplasticization’ in starch-glycerol films?”, **Journal of Applied Polymer Science**, cilt 63, sayı 8, ss.1047-1053.
- LUO, S., CHEN, J., HE, J., Lİ, H., JİA, Q., HOSSEN, M. A., ... & LİU, Y. (2022). “Preparation of corn starch/rock bean protein edible film loaded with d-limonene particles and their application in glutinous rice cake preservation”, **International Journal of Biological Macromolecules**, cilt 206, ss. 313-324.
- MAAN, A. A., REİAD AHMED, Z. F., IQBAL KHAN, M. K., RİAZ, A., & NAZİR, A. (2021). “Aloe vera gel, an excellent base material for edible films and coatings”, **Trends in Food Science & Technology**, cilt 116, ss. 329–341.
- MARZLAN, A. A., MUHİALDİN, B. J., ABEDİN, N. H. Z., MANSHOOR, N., RANJİTH, F. H., ANZİAN, A., & HUSSİN, A. S. M. (2022). “Incorporating torch ginger (*Etlingera elatior* Jack) inflorescence essential oil onto starch-based edible film towards sustainable active packaging for chicken meat”, **Industrial Crops and Products**, cilt 184, 115058.
- MASKİ, D., & DURAIRAJ, D. (2010). “Effects of charging voltage, application speed, target height, and orientation upon charged spray deposition on leaf abaxial and adaxial surfaces”, **Crop Protection**, cilt 29, sayı 2, ss.134-141.
- MELLİNAS, C., VALDÉS, A., RAMOS, M., BURGOS, N., GARRİGOS, M. D. C., & JİMÉNEZ, A. (2016). “Active edible films: Current state and future trends”, **Journal of Applied Polymer Science**, cilt 133, sayı 2.
- MOGHİMİ, R., ALİAHMADİ, A., & RAFATİ, H. (2017). “Antibacterial hydroxypropyl methyl cellulose edible films containing nanoemulsions of *Thymus daenensis* essential oil for food packaging”, **Carbohydrate polymers**, cilt 175, ss. 241-248.

- 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**, cilt 238, 116178.
- MOUZAKİTİS, C.-K., SERETİ, V., MATSAKİDOU, A., KOTSİOU, K., BİLİADERİS, C. G., & LAZARİDOU, A. (2022). "Physicochemical properties of zein-based edible films and coatings for extending wheat bread shelf life", **Food Hydrocolloids**, cilt 132, 107856.
- NEŠIĆ, A., CABRERA-BARJAS, G., DİMİTRİJEVIĆ-BRANKOVIĆ, S., DAVİDOVIĆ, S., RADOVANOVIĆ, N., & DELATTRE, C. (2019). "Prospect of polysaccharide-based materials as advanced food packaging", **Molecules**, cilt 25, sayı 1, ss.135.
- NİSAR, T., WANG, Z. C., YANG, X., TIAN, Y., IQBAL, M., & GUO, Y. (2018). "Characterization of citrus pectin films integrated with clove bud essential oil: Physical, thermal, barrier, antioxidant and antibacterial properties", **International journal of biological macromolecules**, cilt 106, ss. 670-680.
- OSÉS, J., FABREGAT-VÁZQUEZ, M., PEDROZA-ISLAS, R., TOMÁS, S. A., CRUZ-OREA, A., & MATÉ, J. I. (2009). "Development and characterization of composite edible films based on whey protein isolate and mesquite gum", **Journal of Food Engineering**, cilt 92, sayı 1, ss. 56-62.
- OTONİ, C. G., AVENA-BUSTILLOS, R. J., AZEREDO, H. M., LOREVİCE, M. V., MOURA, M. R., MATTOSO, L. H., & MCHUGH, T. H. (2017). "Recent advances on edible films based on fruits and vegetables—a review", **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, cilt 16, sayı 5, ss. 1151-1169.
- PARK, S. I., & ZHAO, Y. (2004). "Incorporation of a high concentration of mineral or vitamin into chitosan-based films", **Journal of agricultural and food chemistry**, cilt 52, sayı 7, ss. 1933-1939.
- PERESSİNİ, D., BRAVIN, B., LAPASİN, R., RİZZOTTİ, C., & SENSİDONİ, A. (2003). "Starch–methylcellulose based edible films: rheological properties of film-forming dispersions", **Journal of Food Engineering**, cilt 59, sayı 1, ss. 25-32.

- PEREZ-GAGO, M. B., ROJAS, C., & DELRÍO, M. A. (2002). "Effect of lipid type and amount of edible hydroxypropyl methylcellulose-lipid composite coatings used to protect postharvest quality of mandarins cv. fortune", **Journal of food science**, cilt 67, sayı 8, ss.2903-2910.
- PİROUZİFARD, M., YORGHANLU, R. A., & PİRSA, S. (2020). "Production of active film based on potato starch containing Zedo gum and essential oil of *Salvia officinalis* and study of physical, mechanical, and antioxidant properties", **Journal of Thermoplastic Composite Materials**, cilt 33, sayı 7, ss.915-937.
- RADHA KRİSHNAN, K., BABUSKİN, S., RAKHAVAN, K. R., THARAVİN, R., AZHAGU SARAVANA BABU, P., SİVARAJAN, M., & SUKUMAR, M. (2015). "Potential application of corn starch edible films with spice essential oils for the shelf life extension of red meat", **Journal of Applied Microbiology**, cilt 119, sayı 6, ss. 1613–1623.
- RANDAZZO, W., JİMÉNEZ-BELENGUER, A., SETTANNİ, L., PERDONES, A., MOSCHETTİ, M., PALAZZOLO, E., ... & MOSCHETTİ, G. (2016). "Antilisterial effect of citrus essential oils and their performance in edible film formulations", **Food Control**, cilt 59, ss. 750-758.
- RANİ, S., POOJA, K., & PAL, G. K. (2018). "Exploration of rice protein hydrolysates and peptides with special reference to antioxidant potential: Computational derived approaches for bio-activity determination", **Trends in Food Science & Technology**, cilt 80, ss. 61-70.
- RHİM, J. W., MOHANTY, A. K., SİNGH, S. P., & NG, P. K. (2006). "Effect of the processing methods on the performance of polylactide films: Thermocompression versus solvent casting", **Journal of applied polymer science**, cilt 101, sayı 6, ss. 3736-3742.
- RODRÍGUEZ, M., OSÉS, J., ZİANİ, K., & MATÉ, J. I. (2006). "Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films", **Food Research International**, cilt 39, sayı 8, ss. 840–846.
- ROSSİ MARQUEZ, G., Dİ PIERRO, P., MARİNIELLO, L., ESPOSITO, M., GİOSAFATTO, C. V. L., & PORTA, R. (2017). "Fresh-cut fruit and

vegetable coatings by transglutaminase-crosslinked whey protein/pectin edible films”, **LWT**, cilt 75, ss. 124–130.

SALAMA, H. E., AZİZ, M. S. A., & SABAA, M. W. (2019). “Development of antibacterial carboxymethyl cellulose/chitosan biguanidine hydrochloride edible films activated with frankincense essential oil”, **International journal of biological macromolecules**, cilt 139, ss. 1162-1167

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L., CHÁFER, M., CHIRALT, A., & GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. (2010). “Physical properties of edible chitosan films containing bergamot essential oil and their inhibitory action on *Penicillium italicum*”, **Carbohydrate polymers**, cilt 82, sayı 2, ss.277-283.

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C., CHIRALT, A., & CHÁFER, M. (2010). “Physical and antimicrobial properties of chitosan–tea tree essential oil composite films”, **Journal of Food Engineering**, cilt 98, sayı 4, ss. 443-452.

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L., VARGAS, M., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C., CHIRALT, A., & CHÁFER, M. (2009). “Characterization of edible films based on hydroxypropylmethylcellulose and tea tree essential oil”, **Food Hydrocolloids**, cilt 23, sayı 8, ss. 2102-2109.

SANGUN, M. K., AYDİN, E., TİMUR, M., KARADENİZ, H., CALISKAN, M., & OZKAN, A. (2007). “Comparison of chemical composition of the essential oil of *Laurus nobilis* L. leaves and fruits from different regions of Hatay, Turkey”, **Journal of Environmental Biology**, cilt 28, sayı 4, ss.731-733.

SAUNDERS, R. M. (1990). “The properties of rice bran as a foodstuff”, **Cereal foods world**, cilt 35, sayı 7, ss.632-636.

SIMIĆ, A., SOKOVIĆ, M. D., RISTIĆ, M., GRUJIC-JOVANOVIĆ, S., VUKOJEVIĆ, J., & MARIN, P. D. (2004). “The chemical composition of some Lauraceae essential oils and their antifungal activities”, **Phytotherapy Research**, cilt 18, sayı 9, ss. 713–717.

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**, cilt 136, 109582.

- SUKHĪJA, S., SĪNGH, S., & RĪAR, C. S. (2016). "Analyzing the effect of whey protein concentrate and psyllium husk on various characteristics of biodegradable film from lotus (*Nelumbo nucifera*) rhizome starch", **Food Hydrocolloids**, cilt 60, ss.128-137.
- TABAN, A., SAHARKHĪZ, M. J., & NĪAKOUSARĪ, M. (2018). "Sweet bay (*Laurus nobilis* L.) essential oil and its chemical composition, antioxidant activity and leaf micromorphology under different extraction methods", **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, cilt 9, ss. 12-18.
- TAVASSOLĪ-KAFRANĪ, E., SHEKARCHĪZADEH, H., & MASOUDPOUR-BEHABADĪ, M. (2016). "Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans", **Carbohydrate polymers**, cilt 137, ss. 360-374.
- VEJDAN, A., OJAGH, S. M., ADELĪ, A., & ABDOLLAHĪ, M. (2016). "Effect of TiO₂ nanoparticles on the physico-mechanical and ultraviolet light barrier properties of fish gelatin/agar bilayer film", **LWT - Food Science and Technology**, cilt 71, ss. 88–95.
- VĪLLACRÉS, R. A. E., FLORES, S. K., & GERSCHENSON, L. N. (2014). "Biopolymeric antimicrobial films: Study of the influence of hydroxypropyl methylcellulose, tapioca starch and glycerol contents on physical properties", **Materials Science and Engineering: C**, cilt 36, ss.108-117.
- WANG, S., MARCONE, M. F., BARBUT, S., & LĪM, L. T. (2012). "Fortification of dietary biopolymers-based packaging material with bioactive plant extracts", **Food research international**, cilt 49, sayı 1, ss.80-91.
- WĪGATĪ, L. P., WARDANA, A. A., TANAKA, F., & TANAKA, F. (2023). "Strawberry preservation using combination of yam bean starch, agarwood Aetoxylon bouya essential oil, and calcium propionate edible coating during cold storage evaluated by TOPSIS-Shannon entropy", **Progress in Organic Coatings**, cilt 175, 107347.
- XĪA, N., WANG, J. M., GONG, Q., YANG, X. Q., YĪN, S. W., & QĪ, J. R. (2012). "Characterization and In Vitro digestibility of rice protein prepared by enzyme-assisted microfluidization: Comparison to alkaline extraction", **Journal of Cereal Science**, cilt 56, sayı 2, ss. 482-489.

- 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**, cilt 96, ss.178-189.
- YANG, L., & PAULSON, A. T. (2000). "Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film", **Food Research International**, cilt 33, sayı 7, ss. 571–578.
- YILDIRIM-YALÇIN, M., ŞEKER, M., & SADIKOĞLU, H. (2019). "Development and characterization of edible films based on modified corn starch and grape juice", **Food Chemistry**, cilt 292, ss. 6–13.
- ZHANG, W., & RHİM, J.-W. (2022). "Functional edible films/coatings integrated with lactoperoxidase and lysozyme and their application in food preservation", **Food Control**, cilt 133, 108670.
- ZHANG, W., JIANG, H., RHİM, J. W., CAO, J., & JIANG, W. (2021). "Tea polyphenols (TP): a promising natural additive for the manufacture of multifunctional active food packaging films", **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, cilt 63, sayı 2, ss. 288-301.
- ZHANG, Y., REMPEL, C., & LIU, Q. (2014). "Thermoplastic Starch Processing and Characteristics—A Review", **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, cilt 54, sayı 10, ss. 1353–1370.
- ZHOU, Y., WU, X., CHEN, J., & HE, J. (2021). "Effects of cinnamon essential oil on the physical, mechanical, structural and thermal properties of cassava starch-based edible films", **International Journal of Biological Macromolecules**, cilt 184, ss.574-583.
- ZIVANOVIĆ, S., CHI, S., & DRAUGHON, A. F. (2005). "Antimicrobial activity of chitosan films enriched with essential oils", **Journal of food science**, cilt 70, sayı 1, ss. M45-M51.
- ZUBAIR, M., & ULLAH, A. (2020). "Recent advances in protein derived bionanocomposites for food packaging applications", **Critical reviews in food science and nutrition**, cilt 60, sayı 3, ss.406-434.

DİĞER KAYNAKLAR

BATOOL, S., KHERA, R. A., HANİF, M. A., & AYUB, M. A. (2020). “Bay Leaf”, Medicinal Plants of South Asia, ss.63–74.

BERGTHALLER, W., & HOLLMANN, J. (2007). “Starch”, Comprehensive Glycoscience, ss. 579–612.

LAMB, R.D., (2019). “Essential oil compositions and applications utilizing essential oils”, Google Patents, U.S. Patent No. 10,342,839. Washington, DC: U.S.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

- **Adı Soyadı:** Melike KURTFAKI

EĞİTİM BİLGİLERİ

- **Lise:** Haluk Ündeğer Anadolu Lisesi, Zeytinburnu (İstanbul, 2010-2014)
- **Lisans:** İstanbul Aydın Üniversitesi Gıda Mühendisliği (İstanbul, 2015-2019)
- **Yüksek Lisans:** : İstanbul Aydın Üniversitesi Gıda Mühendisliği (İstanbul, 2019-2022)

İŞ DENEYİMLERİ

- Elvan Gıda San. ve Tic. A.Ş - Production and R&D intern (1 ay)
- İNTERTEK TURKEY – İtern (4 ay)
- İNTERTEK TURKEY – Analyst (11 ay)
- HEG GIDA ÜRÜNLERİ SANAYİ A.Ş. - Quality Assurance Specialist (11 ay)

SERTİFİKALAR

- ISO 22000: 2018 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi İç Denetçi
- ISO 22000: 2018 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi
- GHP - İyi Hijyen Uygulamaları
- BRC VER-7 Gıda Güvenliği Global Standartı

YABANCI DİL VE DÜZEYİ

- İngilizce

BİLGİSAYAR BECERİLERİ

- Autocad
- C ++
- Microsoft programları (Word, Excell, Power point vb.)

