

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

KUDRET NARI EKSTRAKTI İLAVE EDİLEREK
ÜRETİLEN BİYOBOZUNUR GIDA AMBALAJ
FİLMİNİN KARAKTERİZASYONU VE
ANTİMİKROBİYAL ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Semira CAN

İstanbul

Ağustos-2021

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

KUDRET NARI EKSTRAKTI İLAVE EDİLEREK ÜRETİLEN
BİYOBOZUNUR GIDA AMBALAJ FİLMİNİN
KARAKTERİZASYONU VE ANTİMİKROBİYAL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Semira CAN

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Bülent NAZLI

İstanbul
Ağustos-2021

TEZ ONAYI

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman Prof. Dr. Bülent NAZLI (İmza)

Üye Dr. Öğretim Üyesi Halime PEHLİVANOĞLU (İmza)

Üye Dr. Öğretim Üyesi Banu METİN (İmza)

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

İmza

Prof. Dr. Metin TOPRAK

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım “**Kudret Narı Ekstraktı İlave Edilerek Üretilen Biyobozunur Gıda Ambalaj Filminin Karakterizasyonu ve Antimikrobiyal Özelliklerinin İncelenmesi**” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

İmza

Semira CAN

ÖN SÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana her konuda desteği ve güvenini hissettiren, manevi desteğini, bilgi ve deneyimlerini hiçbir zaman esirgemeyen, atılacak her adımda bana yol gösteren değerli tez danışmanım Prof. Dr. Bülent NAZLI' ya sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın her anında beni sabırla dinleyen, bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen Bilal ÇAKIR' a bütün destekleri için sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bütün hocalarıma bana kazandırdıkları her şey için ve beni donattıkları bilgilerle geleceğime yön verdikleri için sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

İlk olarak analizlerim süresince laboratuvar desteği sağlayan Medisen Medikal ARGE Şirketi'ne ve laboratuvar çalışmalarını daha zevkli hale getiren tüm çalışma ekibine teşekkür ederim. Artek Mühendislik Çevre Ölçüm ve Danışmanlık Hizmetleri Tic. A.Ş. ALS Global Laboratuvarına ve çalışanlarına analiz hizmetleri ve destekleri için teşekkür ederim.

Analizlerimde İTÜ gıda laboratuvarlarını kullanmama olanak sağlayarak çalışmalarına destek veren, kendilerini tanımaktan büyük onur duyduğum Prof. Dr. Beraat ÖZÇELİK ve Dr. Ümit ALTUNTAŞ' a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında beni hoşgörü ile karşılayan, başta motivasyon olmak üzere maddi ve manevi her türlü desteği sağlayan canım annem Tülay CAN ve Ayşegül CAN' a tüm kalbimle sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Manevi desteğini ve tecrübelerini benimle paylaşan yakın arkadaşlarıma ve her şeyin üstesinden gelmemi sağladıkları için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Semira CAN
İstanbul-2021

ÖZET

**KUDRET NARI EKSTRAKTI İLAVE EDİLEREK ÜRETİLEN
BİYOBOZUNUR GIDA AMBALAJ FİLMİNİN
KARAKTERİZASYONU VE ANTİMİKROBİYAL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Semira CAN

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği

Tez danışmanı: Prof. Dr. Bülent NAZLI

Ağustos, 2021 – 74 Sayfa

Biyobozunur gıda ambalaj filmleri, gıda endüstrisinde ve tüketici taleplerinin karşılanmasında önemli bir yere sahiptir. Bu tez çalışmasının amacı, kudret narı (*Momordica charantia*) ekstraktı ile zenginleştirilmiş, biyobozunur özellikte, antimikrobiyal aktivitesi yüksek yenilebilir nanokompozit gıda ambalaj filmi üretmektir. Bu amaçla tasarlanan biyobozunur gıda ambalaj materyalinin formülasyonuna kudret narı ekstraktındaki fenolik bileşikler, buğday gluteni, kazein, jelatin, kekik uçucu yağından (*Thymus vulgaris*) oluşan doğal biyopolimerler ilave edilerek mekanik ve bariyer özellikleri geliştirilmiş filmler üretilmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında ham ve olgun kudret narı meyvelerinden fenolik bileşikler ekstrakte edildi, ikinci aşamasında ekstrakte edilen bileşenler ve biyopolimerler ile film solüsyonları hazırlandı, üçüncü aşamasında nanokompozit filmler oluşturuldu. Üretilen iki farklı yenilebilir gıda ambalaj filmlerinin laboratuvar (duyusal, fizikokimyasal ve mikrobiyolojik) analizleri yapıldı.

Duyusal analizler ile üretilen filmlerin düzgün, parlak ve pürüzsüz bir görünüme sahip, şeffaf renkli, elastik formda, yapışkan olmayan, kekik kokulu ve hoş bir tadı olduğu ispatlandı. Fiziko-kimyasal analizlerle; solüsyon formdaki filmlerin pH değerlerinin 6.36 ile 6.43 arasında ve yenilebilir değerler kategorisinde olduğu, kül analizi ile filmlerin tamamen organik olduğu kanıtlandı. Taramalı Elektron Mikroskobu ile (SEM) yüzey morfolojisi incelendi ve hiçbir gözenekliliğe rastlanmadı böylece etkili bir gaz bariyeri olduğu kanıtlandı. Mikrobiyolojik analizlerle; ambalaj filmlerinin petri

kaplarında üremiş olan *E. coli* O157:H7 ve *Salmonella* spp. patojen bakterileri üzerinde çok yüksek bir antimikrobiyal etki gösterdiği ve bakterilerin tamamının gelişimlerini inhibe ettiği gözlemlendi. Sonuç olarak, katkı maddelerinin kullanımını azaltacak ve plastik ambalaja alternatif olarak biyobozunur özellikteki antimikrobiyal yenilebilir nanokompozit gıda ambalaj filmi başarıyla üretildi.

Anahtar Kelimeler: Gıda Ambalaj Filmi, Kudret Narı, Antimikrobiyal Etki, Biyobozunur Film, Yenilebilir Film



ABSTRACT

**CHARACTERIZATION OF BIODEGRADABLE FOOD
PACKAGING FILM PRODUCED BY ADDING BITTER MELON
EXTRACT AND INVESTIGATION OF ITS ANTIMICROBIAL
PROPERTIES**

Semira CAN

Master of Science, Food Engineering

Thesis Advisor: Prof. Dr. Bülent NAZLI

August, 2021 – 74 Pages

Biodegradable food packaging films have an important place in the food industry and in meeting consumer demands. The aim of the thesis study is to produce biodegradable edible nanocomposite food packaging film with high antimicrobial resistance enriched with bitter melon extract (*Momordica charantia*). The aim is to produce films with improved mechanical and barrier properties by adding natural biopolymers consisting of phenolic compounds available in bitter melon extract, wheat gluten, casein, gelatin, thyme essential oil (*Thymus vulgaris*) to the formulation of biodegradable food packaging material designed for this purpose.

In the first stage of the study, phenolic compounds were extracted from raw and ripe pomegranate fruits, in the second stage, film solutions of the extracted components were prepared with biopolymer, and in the third stage, nanocomposite films were formed. Laboratory (sensory, physicochemical and microbiological) analyzes of two different edible food packaging films were made.

With sensory analysis; it was proven to have a shiny and smooth appearance, transparent color, elastic form, non-sticky, thyme-scented and pleasant taste. With physicochemical analyzes; it was proven that the films whose pH is checked in solution form are between 6.36 with 6.43 and in the category of edible values, and it has been proven that the films are completely organic by ash analysis. The surface morphology was examined by Scanning Electron Microscopy (SEM) and no porosity was found, thus proving to be an effective gas barrier. With microbiological analysis;

It was observed that packaging films showed a very high antimicrobial resistance on *E. coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. pathogenic bacteria grown in petri dishes and inhibited the growth of all bacteria. As a result, biodegradable antimicrobial edible nanocomposite food packaging film has been successfully produced as an alternative to plastic packaging, which will reduce the use of additives.

Keywords: Food Packaging Film, Bitter Melon, Antimicrobial Effect, Biodegradable Film, Edible Film



İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	i
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ.....	ii
ÖNSÖZ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
TABLO LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xiv

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ	1
1.1. Amaç	2

İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR BİLGİSİ.....	3
2.1.Biyobozunur Gıda Ambalajı	3
2.2.Biyobozunur Gıda Ambalaj Filmlerinin Özellikleri	6
2.2.1.Aktif Ambalajlama	6
2.2.1.1.Antimikrobiyal Özellikteki Biyobozunur Ambalaj Filmleri	6
2.2.1.2.Antioksidan Özellikteki Biyobozunur Ambalaj Filmleri.....	7
2.2.2.Mekanik Ve Bariyer Özellikleri	8
2.3.Biyobozunur Nanokompozit Ambalaj Malzemeleri	8

2.4.Yenilebilir Biyobozunur Gıda Ambalaj Filmleri	10
2.5.Ambalaj Materyali Olarak Kullanılan Biyopolimerler	12
2.5.1. Protein Bazlı Biyobozunur Filmler	13
2.5.2. Polisakkarit Bazlı Biyobozunur Filmler	13
2.5.3. Lipit Bazlı Biyobozunur Filmler	14
2.6. Ambalaj Materyali Olarak Kullanılan Maddeler	15
2.6.1.Kudret Narı (<i>Momordica Charantia</i>)	15
2.6.2.Kekik Uçucu Yağı (<i>Thymus Vulgaris</i>)	18
2.6.3.Buğday Gluteni.....	18
2.6.4.Sığır Jelatini	19
2.6.5.Kazein	19
2.7.Yenilebilir Film ve Kaplamaların Uygulama Yöntemleri	20
2.8.Biyobozunur Ambalajların Gıda Endüstrisinde Kullanımı.....	21

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE METOT	24
3.1.Materyal	24
3.2. Metot	24
3.2.1. Biyobozunur Özellikteki Yenilebilir Film Üretimi.....	24
3.2.1.1.Kudret Narından Fenolik Bileşenlerin Ekstrakte Edilmesi	24
3.2.1.2.Ekstrakte Edilen Bileşenlerin Film Solüsyonlarına Eklenmesi	26
3.2.1.3.Nanokompozit Filmlerin Oluşturulması.....	26
3.2.2. Laboratuvar Analizleri	27
3.2.2.1.Duyusal Analizler	27
3.2.2.2.Fiziko Kimyasal Analizler.....	27
3.2.2.3.Mikrobiyolojik Analizler.....	29

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR ve TARTIŞMA.....	30
4.1. Duyusal Analiz Bulguları	30
4.1.1. Görünüş.....	30
4.1.2. Renk	31
4.1.3. Kıvam.....	32
4.1.4. Tat ve Kokusu	33
4.2. Fiziko-Kimyasal Analiz Bulguları	34
4.2.1. pH Analiz Bulguları	34
4.2.2. Yüzey Morfolojisi ve Elementel Dağılım Analizi Bulguları.....	34
4.2.3. Kül Tayini Bulguları	43
4.3. Mikrobiyolojik Analiz Bulguları	43
SONUÇ.....	46
KAYNAKÇA.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	59

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: Gıda Ambalajlarının Sınıflandırılması	5
Tablo 4.1: HKN ve OKN Filmlerinin Duyusal Özellik Puanları.....	30



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Yenilebilir Ambalaj Filmindeki İçme Suyu	4
Şekil 2.2: Olgun ve Ham Kudret Narı Meyveleri	15
Şekil 2.3: Ham ve Olgun Kudret Narı Meyveleri	16
Şekil 2.4: Olgun Kudret Narı Taneleri	17
Şekil 3.1: Ham ve olgun kudret narı tozları	25
Şekil 3.2: Kudret narı meyvesinin toz haline getirilmesi	25
Şekil 3.3: Altın-paladyum (Au/Pd) ile kaplanmış HKN ve OKN film numuneleri... ..	28
Şekil 3.4: SEM/EDS cihazı	28
Şekil 4.1: Filmlerin düzgün, şeffaf ve parlak görünüşleri.....	31
Şekil 4.2: Yenilebilir filmlerin renkleri; en incisi ve en kalını	32
Şekil 4.3: Yenilebilir filmlerin esnekliği.....	32
Şekil 4.4: Yenilebilir filmlerin kıvam ve elastikiyeti.....	33
Şekil 4.5: HKN numunesine ait birinci SEM görüntüsü.....	34
Şekil 4.6: HKN numunesine ait ikinci SEM görüntüsü	35
Şekil 4.7: HKN numunesine ait üçüncü SEM görüntüsü.....	35
Şekil 4.8: OKN numunesine ait birinci SEM görüntüsü.....	36
Şekil 4.9: OKN numunesine ait ikinci SEM görüntüsü	36
Şekil 4.10: OKN numunesine ait üçüncü SEM görüntüsü.....	37
Şekil 4.11: HKN numunesine ait EDS görüntüsü	38
Şekil 4.12: HKN film numunesindeki toplam elementel dağılımı.....	38
Şekil 4.13: HKN film numunesindeki C (karbon) elementinin dağılımı	39
Şekil 4.14: HKN film numunesindeki N (azot) elementinin dağılımı	39
Şekil 4.15: HKN film numunesindeki O (oksijen) elementinin dağılımı	39
Şekil 4.16: HKN film numunesindeki Na (sodyum) elementinin dağılımı	40

Şekil 4.17: OKN numunesine ait EDS görüntüsü.....	40
Şekil 4.18: OKN film numunesindeki toplam elementel dağılımı.....	41
Şekil 4.19: OKN film numunesindeki C (karbon) elementinin dağılımı.....	41
Şekil 4.20: OKN film numunesindeki N (azot) elementinin dağılımı	42
Şekil 4.21: OKN film numunesindeki O (oksijen) elementinin dağılımı	42
Şekil 4.22: OKN film numunesindeki Na (sodyum) elementinin dağılımı	42
Şekil 4.23: Kül analizi sonunda fırından alından numuneler.....	43
Şekil 4.24: Yenilebilir gıda ambalaj filmlerinin E. coli O157:H7 üzerindeki antibakteriyel etkisi	43
Şekil 4.25: Yenilebilir gıda ambalaj filmlerinin Salmonella spp. Üzerindeki antibakteriyel etkisi	44

KISALTMALAR LİSTESİ

CCA	: Kromojenik Koliform Agar
EDS	: Enerji Dağılım Spektrometresi
<i>E. coli</i>	: <i>Escherichia coli</i>
HKN	: Ham Kudret Narı
OKN	: Olgun Kudret Narı
RFID	: Radyo Frekansı ile Tanımlama
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
XLD	: Xylose Lysine Deoxycholate

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Dünya üzerindeki hızlı nüfus artışından kaynaklanan gıda ve birçok çevresel sorun insanları yeni yöntem arayışları içine girmesine ve yeni teknolojik çözümler üretmeye teşvik etmektedir. Tüketicilerin aldıkları ürünlerin sağlıklı ve uygun ambalaj içinde olmasına özen göstermeleri, ilerleyen kentleşme olgusu ve aile boyutlarının küçülmesi ile modern iş yaşamındaki hızlı ve hazır tüketim gıdalara olan eğilimin artması kullanılan ambalaj miktarında artışa neden olmuştur. Fakat günümüzde kullanılan parçalanma ve ayrışmaya dayanıklı plastik esaslı ambalaj ve türevleri ekosistemde büyük boyutta kirliliğe yol açmaktadır (Dicastillo vd., 2020; Kılınç vd., 2017).

Pek çok ülkede kullanılan ambalaj malzemelerinin ekolojik sisteme etkileri sebebiyle duyarlılıkları artmaya başlamıştır. Petrol bazlı (sentetik) polimerlerin bilhassa plastik ambalajların doğada yüzyıllarca stabil atık olarak kalması, yenilebilir ve sürdürülebilirliklerinin olmaması ekosistemi derinden etkilemektedir. Bu nedenle son yıllarda plastik ambalaj malzemelerinin yerine alternatif olarak biyobozunur (doğada kendiliğinden bozunabilen, biyo-bazlı, biyopolimer bazlı) veya geri dönüşümlü ambalajlar geliştirilmektedir. Öyle ki Avrupa’da plastik atıkları en aza indirecek yasal düzenlemeler ve sivil toplum kuruluşları mevcuttur. Başta İsviçre, Almanya ve İngiltere olmak üzere birçok ülkede geri dönüşümlerin %95 oranına ulaşmıştır. Özellikle İsviçre ve Almanya ülkelerinde kurdukları sistem ile geri dönüşümlü veya biyobozunur ambalaj konusunda halkı teşvik ederek olumlu sonuçlar elde etmişlerdir (Anonim, 2021; Anonymous, 2021; Shivam, 2016).

Ambalajlama sektörü, gıda endüstrisinde ve tüketici taleplerinin karşılanmasında önemli bir yere sahiptir. Ambalajlamadaki teknolojik inovasyonlara paralel olarak tüketicilerin gıda ambalajlamalarındaki beklentileri bu doğrultuda artış göstermektedir. Araştırmacıların bu alandaki inovasyonları biyopolimer gıda ambalajları ve filmlere/kaplamalara yönelik teknolojik gelişmelerdir (Jideani vd., 2016; Karagöz, 2007).

Tüketiciler gıda ambalajlama ürünlerinde kimyasal ve sentetik maddelerin yerine doğal bileşiklerden elde edilen, ekosisteme duyarlı biyobozunur filmlere eğilim

göstermektedir. İnsanların doğal alternatif kaynaklara yönelik hareketlenmesi gıda endüstrisinde araştırma ve geliştirme faaliyetlerine hız kazandırmaktadır. Gıda endüstrisi fonksiyonelliği arttırılmış biyobozunur ambalaj filmleri ile gerek gıda üretiminde kullanılan yapay katkı maddelerini en aza indirmek gerekse gıdanın kalitesini ve raf ömrünü arttırabilmek için yeni bir yöntem arayışları içine girmiştir (Nidhin vd., 2019).

Gıda endüstrisinde et ve et ürünleri, balık, süt ürünleri, genellikle tavuk vb. gibi çabuk bozulabilen gıdalar için kekik uçucu yağının antimikrobiyal özelliği ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Fakat bileşiminde fenolik bileşikler, protein, yağ asitleri, vitaminler, mineraller ve esansiyel aminoasitler vb. bulunan kudret narı (*Momordica Charantia*) gibi bir meyvenin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle gıda sanayinde yenilebilir gıda ambalaj filmi üretiminde kudret narı ekstraktı kullanımı ilk olarak uygulanacak tamamen yeni ve özgün bir çalışma olacaktır.

1.1. Amaç

Bu tez çalışmasının amacı, kudret narı ekstraktı ile zenginleştirilmiş biyobozunur özellikteki yenilebilir antimikrobiyal nanokompozit gıda ambalaj filmi üretmektir. Bu nedenle tasarlanan biyobozunur ambalaj materyalinin formülasyonuna kudret narı ekstraktındaki fenolik bileşikler, buğday gluteni, kazein, jelatin, kekik uçucu yağından oluşan doğal biyopolimerler ilave edilerek mekanik ve bariyer özelliklerini geliştirilmiş filmler üretilmesi planlanmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR BİLGİSİ

2.1. Biyobozunur Gıda Ambalajı

American Society for Testing Materials (ASTM) tarafından yapılan tanımı detaylı bir şekilde açıklarsak; nem, oksijen ve sıcaklık açısından uygun koşullar altında; doğada bulunan bakteri, mantar, alg ve diğer mikroorganizmaların etkisi ile karbondioksit, metan, su ve inorganik bileşikler veya biyokütle (biomass) gibi daha küçük moleküllere biyolojik olarak parçalanabilen bir maddeye/malzemeye “biyobozunur (biodegradable)” denir.

“Yeşil polimerler” şeklinde de adlandırılan biyobozunur ambalajlar, doğada katı atık birikimine sebep olan sentetik polimerlere (petrol-bazlı, plastik ve türevleri) alternatif olarak üretilmişlerdir. Bir materyalin canlı mikroorganizmaların aktivitesi sonucu hiçbir işleme tabi tutulmadan, herhangi bir zamanda parçalanarak doğaya zarar vermeden etkin bir şekilde yok olabilen madde/malzeme biyobozunur özelliktedir (Günkaya vd., 2016; Söğüt, 2018). Biyobozunur ambalaj materyalinin doğaya karışabilmesi için organizma, substrat ve çevre etkilerinin sağlanması gerekir. Biyo-bazlı polimerlerin biyobozunurluk derecesi, ambalajın üretim aşamasında kullanılan doğal kaynaklı biyopolimerlere, nanodolgunun yapısına, yüzey aktif bileşenlere/ajanlara bağlı olarak değişmektedir (Ishiaku vd., 2002; Sinha Ray vd., 2003; Söğüt, 2018; Pandey vd., 2005).

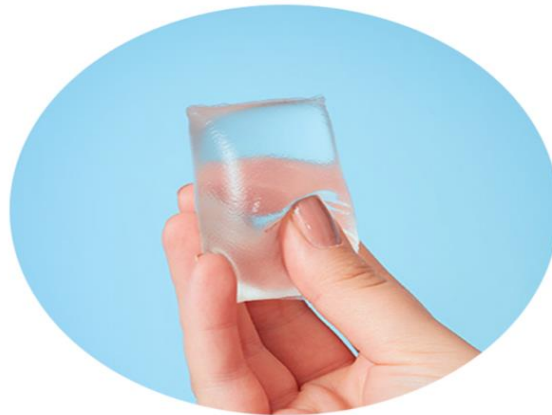
Biyobozunur polimerlerin sayısı tabiatta oldukça azdır. Doğal kaynaklardan (protein, polisakkarit, lipid vb. gibi biyopolimerlerden) elde edilen biyobozunur ambalaj filmlerin bariyer, mekanik ve dayanıklılık faktörlerinin düşük olması gibi gerekçeler ile kullanımları sınırlı kalmaktadır. Araştırmacıların yoğunlaştığı konu ise gıda ambalaj malzemesi olarak üretilen filmlerin mekanik, termal, yapısal ve bariyer özelliklerinin ve bunların gıdalarda kullanım potansiyelini incelemektir (Liu vd., 2017; Söğüt, 2018).

Biyobozunur gıda ambalaj filmleri yenilebilir/yenilemeyen nitelikte geliştirilen; antimikrobiyal, antioksidan, antifungal gibi çok fonksiyonlu olması, gıda ürünlerindeki kimyasal maddelerin yerini alan, akışkan olarak sentezlendiğinde gıdanın yüzeyinde istenilen forma girebilmesi, sürdürülebilir çevreci yaklaşımı ve

migrasyon analizlerinin uygun olmasıyla son zamanlarda çokça tercih edilmektedir. Sentezlenen antimikrobiyal biyobozunur gıda ambalaj filmleri yenilebilir nitelikte olması için genellikle çok fonksiyonlu, ince tabakalı, gıdanın yapısına uygun, tamamen doğal kaynaklardan elde edilmesi vb. birçok özelliği ile gıdaya dışarıdan ve içeriden gelebilecek tüm olumsuzluklara karşı korumalıdır (Demirci vd., 2020; Rydz vd., 2018).

Biyobozunur polimer ambalajların doğada biyodegradasyonu (biyo-ayırışma, parçalanması) sentetik (petrol-bazlı) polimerlere göre daha çabuk olmasına rağmen maliyetleri 2,5-10 kat daha pahalıdır ve sentetik polimerler kadar dayanıklı değildir. Ayrıca üretilen filmler her gıdada aynı performansı göstermeyebilir. Bir filme doğrudan dahil edilen madde ve/veya aktif katkı maddelerinin seçimi, gıda yapısına, gıdada hedeflenen etkiye ve uygulama şekline bağlıdır. Filmin bileşenleri arzu edilen özelliklerinin kompozisyonları her ürüne özgü kriterler belirlenir ve o ürüne uygun spesifik filmler üretilir (Çokaygil, 2013).

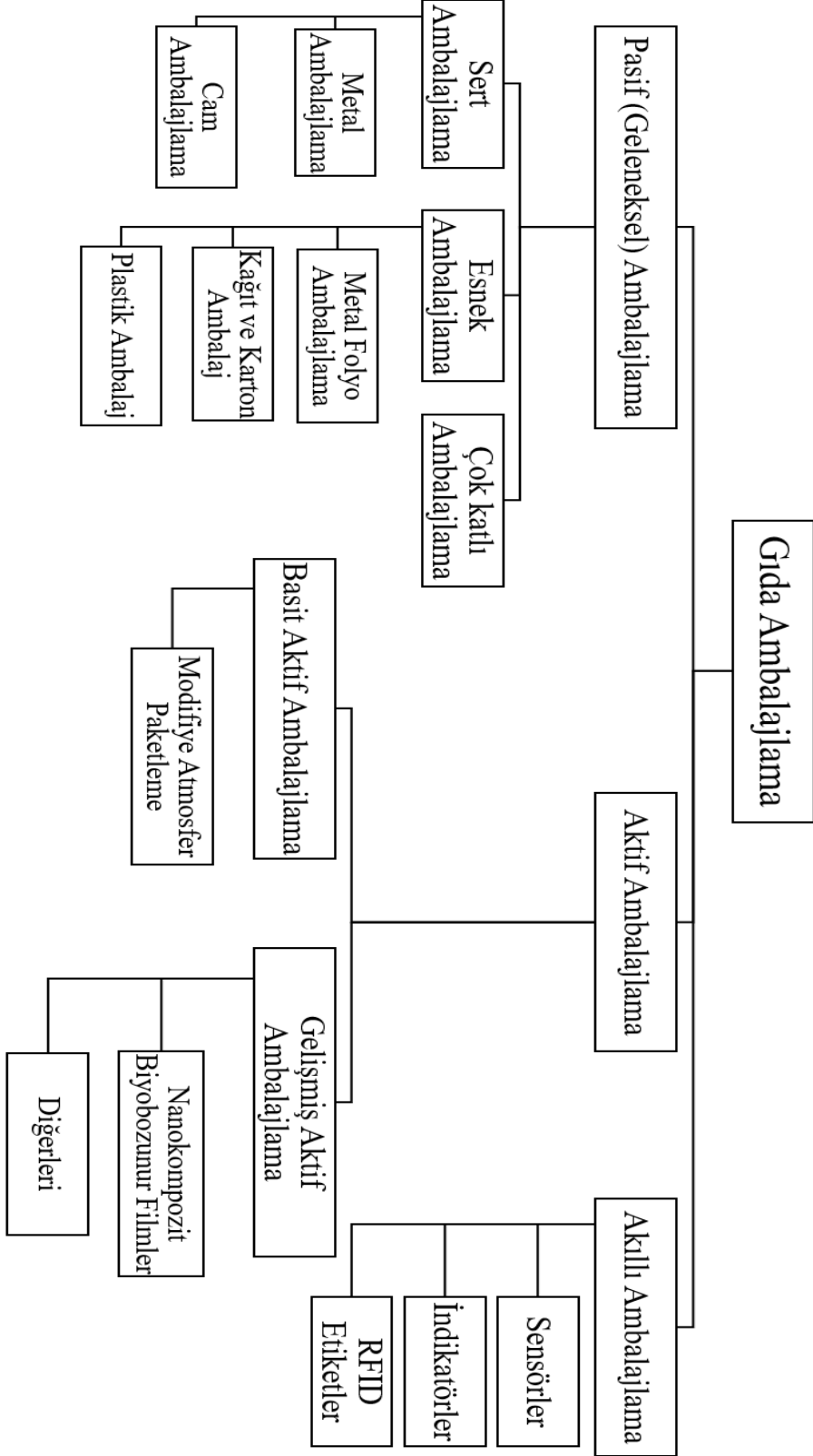
İngiltere'deki Skipping Rock Labs (Anonymous, 2020) şirketi tarafından "Ooho!" isimli tamamen bitki ve deniz yosunundan elde edilmiş, 4-6 hafta içinde biyolojik olarak çözülebilen veya yenilebilir ambalaj materyali su topları/balonları üretilmiştir. Yenilebilir bu ambalajlar plastik şişelerden çok daha az maliyete üretilmiştir. Aromalı ve aromasız versiyonları bulunan yenilebilir su topları tüketilmek istendiğinde ise dış kısmında bulunan ve içindeki ürünün temiz kalmasını sağlayan zar soyulması gerekmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Yenilebilir Ambalaj Filmindeki İçme Suyu

Kaynak: Anonymous, 2020

Tablo 2.1: Gıda Ambalajlarının Sınıflandırılması



Kaynak: Çinibulak, 2010

2.2. Biyobozunur Gıda Ambalaj Filmlerinin Özellikleri

2.2.1. Aktif Ambalajlama

Gıda endüstrisinde ambalajlamanın amacı, gıdaların son tüketiciye ulaşana kadarki süreçte bozulmasını önleyerek besin değerini korumak, raf ömrünü uzatmak, kalite ve güvenilirliğini arttırmak için kullanılır. Bu nedenle, ambalajlamanın birincil görevi gıda ürünlerinde oluşabilecek mikrobiyal kontaminasyon etkenlerinden ve kimyasal kontaminasyonlardan korumak, uygun fiziko-kimyasal koşulları oluşturarak kalite kaybını en aza indirmektir. “Aktif paketlenme sistemi” ise bu forma uygun en etkin ve gelişime açık ambalajlama yöntemlerinden birisidir (Karagöz, 2017; Kristo vd., 2008; Söğüt, 2018).

Aktif ambalajlama, ürünün bütünlüğünü bozmadan çeşitli özelliklere sahip aktif bileşen ve/veya aktif fonksiyonel polimer içeren materyallerin ambalaj malzemesine dahil edilmesiyle ürünün raf ömrünü, duyu özelliklerini ve kalitesinin artırılmasını ve geliştirilmesini sağlayan ambalaj sistemidir (Söğüt, 2018).

Genel olarak, aktif ambalajlamanın taşıdığı fonksiyonel özellikler arasında bulunan oksijen tutucular, karbondioksit tutulması/salınması, etanol salınımı, etilen tutucu, nem tutucular, aroma ve tat tutulması/salınımı, antimikrobiyal ve antioksidan ajanlar vb. niteliklere sahip aktif materyallerle kalite ve güvenli gıdanın temini amaçlanmıştır. Araştırmacılar ise birçok mevcut formu bulunan aktif ambalajlamanın doğal biyopolimer içerikli ve doğal antimikrobiyal ile antioksidan özellikteki gıda ambalaj filmleri üzerine yoğunlaşmıştır (Arfat vd., 2015; Karagöz, 2007; Ramos vd., 2015; Perreira vd., 2012; Yılmaz, 2014).

2.2.1.1. Antimikrobiyal Özellikteki Biyobozunur Ambalaj Filmleri

Antimikrobiyal özellikteki ambalajlar hem gıda endüstrisi hem de araştırmacıların gıdalarda oluşan mikrobiyal yükünün azaltılması veya önlenmesi için ambalaja uyguladıkları bir inovasyondur. Doğal kaynaklı antimikrobiyal ajanların (lizozim enzimi, nisin, timol, kateşin vb.) ambalaj materyalinin bünyesine katılmasıyla gıdayı dış etkilere korur ve mikroorganizmaların gelişmesini geciktirerek bozulma reaksiyonlarını yavaşlatmış olur (Quintavalla vd., 2002; Söğüt, 2013).

Antimikrobiyal bir biyopolimer film; bünyesinde barındırdığı antimikrobiyal aktivitedeki ajanlar, ürün ile patojen mikroorganizmalar arasında bir bariyer film oluşturarak dışarıdan gelebilecek kontaminasyonu engeller aynı zamanda ürün içerisinde bulunabilen patojen mikroorganizmaların da gelişimini inaktive etmiş olur (Demirci vd., 2020).

Yenilebilir ambalaj filmlerinde antimikrobiyal maddeler film tabakasından gıdaya yavaş bir şekilde geçmektedir. Böylece hem film içerisinde hem de gıda yüzeyinde muhafaza süresi boyunca antimikrobiyal maddenin arzu edilen derişimde kalması sağlanmaktadır. Yüksek miktarda kullanıldığı taktirde gıdanın kendine has olan tat ve kokusuna zarar vermektir. Bu nedenle antimikrobiyal maddelerin kullanım miktarı ürüne uygun (antimikrobiyalin etkin olduğu en düşük düzey) formüle edilmelidir (Ayana vd., 2010). Bunlara alternatif olarak üründe korunacak olan kalite özelliğine göre antimikrobiyal özellikteki biyobozunur ambalaj filmine ekstra probiyotikler, enzimler, bazı bitkisel uçucu yağlar, fenolik maddeler, mineraller vb. ajanların dahil edilmesiyle farklı çözümlerde sunmaktadır (Demirci vd., 2020).

2.2.1.2. Antioksidan Özellikteki Biyobozunur Ambalaj Filmleri

Antioksidan aktivitedeki bileşen/ajanların ambalaj materyaline eklenmesiyle elde edilen bir aktif paketleme sistemidir. Gıdalardaki oksidatif reaksiyonları (acılaşma/ransidite), bozulma, tat değişimi (diversion) ve renk kaybı vb. olumsuzlukları engellemek amacıyla eklenmektedir. Özellikle lipid bakımından zengin gıdalarda oksidasyonu ve patojen aerobik mikrobiyal gelişmeye yönelik önlem oluşturmaktadır. Antioksidanların belirli bir dozda gıdaya direk olarak eklenmesi aktivitesinde hızlı bir düşüşe neden olmaktadır. Bunun önlenmesine yönelik daha yavaş ve kontrollü salınım sağlayacak sistemler üzerinde durulmuştur. Ayrıca sentetik antioksidan kullanımına belirli sınırlar getirilmiştir. Araştırmacılar bu sorunlar üzerinden yola çıkarak doğal antioksidan ve biyopolimerlerce zengin biyobozunur gıda ambalaj filmlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapmışlardır. Etkin bir antioksidan aktivite için gıda ambalajlamada filmlerin daha uygun olduğu gözlemlenmiştir. Doğal kaynaklı antioksidan maddeler arasında polifenoller (fenolik bileşikler), askorbik asit (C vitamini), tokoferoller (E vitamini), bazı bitkisel uçucu yağlar (sarımsak yağı, tarçın yağı, limon yağı, kekik yağı vb.), bitki ekstraktları (yeşil

ay, üzüm çekirdeği, domates kabuğu vb.) bulunmaktadır (Demircan, 2019; Shankar ve Rhim, 2018; Söğüt, 2018).

Fenolik bileşikler, en çok araştırması yapılmış olan hem antioksidan hem de antimikrobiyal aktivite gösteren çok fonksiyonlu katkı maddeleridir. Biyobozunur ambalaj filmlerin elde edilmesinde sıklıa kullanılmaktadır. Bazı araştırmacılara göre fenolik bileşenler (kateşin, gallik asit, kafeik asit vb.) antioksidan fonksiyonun yanı sıra filmin mekanik özelliklerini ve kırılđanlık özelliklerini geliştirmek için kullanılmıştır (Liu vd., 2016; Mathew vd., 2008; Rubentheren, 2015; Sun, 2013)

2.2.2. Mekanik ve Bariyer zellikleri

Doğal kaynaklı biyopolimerlerden üretilen biyobozunur gıda ambalaj filmlerinin fenolik bileşiklerce zenginleştirilmesi ile mekanik ve bariyer özellikleri yönünden daha etkili hale getirilmiştir. Öyle ki bu filmler, nem kaybı ve/veya birikmesi, su buharı, oksijen, karbondioksit, lezzet ve aroma kaybı, kötü koku gibi diğer uçucu bileşiklerin transferini kontrol altında tutmasıyla bariyer özelliklere, gerilme direnci, kırılđanlık gibi mekanik özelliklere de dayanıklı olmalıdır. Filmin yapısına eklenen antimikrobiyal maddeler gıdanın yüzeyine difüze olarak gıda ile hedef patojen mikroorganizmalar arasında bariyer oluşturarak üründeki mikrobiyal gelişmeyi minimize eder ve oluşabilecek kontaminasyonu engeller (elik, 2016; Sdergrd vd., 2002; Söğüt 2018). Fenolik bileşikler ve diğer biyopolimerin yanı sıra nanokompozit materyallerin (zellikle nanokillerin) filmlere ilave edilmesiyle esneklik, dayanıklılık, nem stabilitesi, ışık ve yüksek ısıya dirençli, güçlü mekanik ve gazlara karşı daha kuvvetli bariyer (daha az gözenekli film) zellikler sağlamaktadır (okaygil 2013; Mangiacapra, 2006).

2.3. Biyobozunur Nanokompozit Ambalaj Malzemeleri

Gıda bilimi ve teknolojileri üzerine çalışan araştırmacılar, istenmeyen kalite gelişmelerinin önüne geçebilmek için gıda ambalajına uygun niteliklerde özellik kazandırılması hedeflemiştirler. Bu konuda en çok ilerleme kaydeden gelişmelerden birisi nanoteknoloji ve bu teknolojiyle hazırlanan biyobozunur nanokompozit ambalaj filmleri olmuştur. Nanoteknolojinin en önemli özelliği, araştırmacılara gıda ambalaj

malzemesinin yapısındaki moleküllerin yeniden tasarlayarak istenilen pek çok fonksiyonu (antimikrobiyal, antioksidan ve antifungal ajanlar, renk maddeleri ve diğer katkı çeşitlerini vb.) bir araya getirme imkânı vermektedir. Biyobozunur (biyo-bazlı) nanokompozit filmler, boyutları en az 1-100 nanometre (nm) aralığında olan nanopartiküller ile zenginleştirilmiş biyopolimer esaslı ambalajlardır (Dursun vd., 2010; Dicastillo vd., 2020; Nil vd., 2020; Söğüt 2018; Var vd., 2015). Yalnızca biyopolimerlerin kullanıldığı yenilebilir filmlerde zayıf mekanik özellik, kırılma ve kurutma aşamasında çatlama gibi sorunlar gözlemlenmiştir. Nanopartiküller ise ambalaj filmlerin içerisinde disperse (dağılma, yayılma) olarak, yüksek gaz bariyeri, delinmeye karşı daha dirençli yapı, yüksek nem bariyeri, gerilim direnci yüksek, daha elastiki yapı ve termal (ısı) direnç kriterlerinin geliştirilmesi gibi mekanik özelliklerini iyileştirmiş olmaktadır (Dallas vd., 2011; Dicastillo vd., 2020; Hong vd., 2005; Nil, 2020; Shankar ve Rhim, 2018; Torlak, 2009; Zinoviadou vd., 2016).

Biyobozunur nanokompozitlerin gıda ambalaj uygulamalarında en çok işlenmiş et, şekerleme, peynir, diğer süt ürünleri, tahıllar ve gevrekler, meyve suları, bira gibi ürünlerinin paketlenmesinde kullanılmaktadır (Smolander vd., 2010). Aslında gıda ambalaj filmlerinde nano bileşen olarak genellikle nano boyuttaki metal-metal oksit, nanokil vb. kullanılan malzemeler insan sağlığına zararlı toksikolojik etkilerinden dolayı pek tercih edilmemektedir (Mao vd., 2016). Antimikrobiyal özelliklere sahip nanopartiküllerin (Ag, ZnO, TiO₂ vb.) aktif gıda ambalaj filmlerinde polimerlerin yapısına eklenmesi oksijeni absorbe etme veya antimikrobiyal etki gösterir (Baysal ve Doğan, 2020; Kılınç ve Sürengil, 2015). Çok az miktarda nanokil (montmorillonit, hektorit, vermikülit, sepiolit vb.) parçacıklarının biyopolimerlere eklenmesiyle elde edilen çok katmanlı biyobozunur filmlerin nem ile gaz bariyeri, mekanik ve termal (ısı) direnç kriterlerinin daha da geliştirdiği gözlenmiştir (Hong ve Rhim, 2012; Lamba ve Garg 2019).

Nanokompozit biyobozunur ambalaj filmlerinin sentezlenmesinde kullanılan protein, polisakkarit ve lipid gibi doğal kaynaklardan yararlanılarak biyopolimerler elde edilir. Biyopolimer bazlı nanokompozitler gıda ambalajları; biyobozunur, yenilebilir ve ekosisteme duyarlılığının yanı sıra gıda katkı maddelerinin ve kimyasal koruyucuların kullanımının azaltılmış olması, düşük ambalaj maliyetleri ve ürünün raf ömrünü arttırmasından dolayı üreticiler tarafından çokça tercih edilmektedir (Demirci, 2020; Sarıoğlu, 2006; Zinoviadou vd., 2016).

2.4. Yenilebilir Biyobozunur Gıda Ambalaj Filmleri

Gıda endüstrisinde meyve, sebze, balık, süt ve süt ürünleri, et ve et ürünleri çabuk bozulabilen gıdalardır. İşletmelerde genellikle proses sonrası koşullar nedeniyle gıdanın yüzeyinde arzu edilmeyen mikrobiyal kontaminasyonlar oluşabilmektedir. Buna ilaveten gıdayı kimyasal ve enzimatik (esmerleşme vb.) gibi birçok olumsuz etkiden koruyan, ince tabakalı, sentetik olmayıp tamamen doğal kaynaklardan elde edilmiş, gıdanın iç katmanları arasına uygulandığında bariyer etkisi ve kontrollü salınım gibi fizikokimyasal özelliklerinin iyileştirilmesini sağlayan, yenilebilir nitelikteki gıda ambalaj filmlerine “yenilebilir film” adı verilmektedir (Díaz-Montes ve Castro-Muñoz, 2021; Otoni, 2017; Sarıkuş, 2006).

Gıdaların raf ömrünü uzatan, genel kalitesini yükselten, gıda ile birlikte rahatlıkla tüketilebilen, toksik madde içermeyen ve kanserojen riski taşımayan biyobozunur özellikteki yenilebilir ambalaj filmleri son yıllarda en çok dikkat çeken ambalaj materyalidir. Yeni bir uygulama olmayıp, ilk olarak 1941 yılında yaz aylarında çikolata satışını arttırmak için erimesini önleyici yenilebilir bir film tabakası tasarlanmıştır. Son yıllarda taze, işlenmiş ve dondurulmuş ürünlerin teknolojik gelişmelerle üretilen filmlerle kaplanması sonucu farklı bir bakış açısı sunulmuştur (Sarıkuş, 2006; Sarıoğlu ve Öner, 2006).

Ekosistemdeki katı atıkların bertarafı için çevreci bir yaklaşım sergileyen biyobozunur özellikteki yenilebilir gıda ambalaj filmleri, aktif paketleme sistemindeki (Tablo 2.1) antimikrobiyal ambalajlama içinde adından sıkça söz edilmektedir. Yenilebilir filmlerin formülasyonunda kullanılan antimikrobiyal ve/veya antimikrobiyal nitelikteki maddelerin katılması ile ambalaj daha etkin bir hal almaktadır. Gıda komponentleri arasında ve/veya gıdanın yüzeyine temas eden atmosferle gıda arasında bir bariyer işlevi gören yenilebilir formdaki film, nem, oksijen, uçucu yağlar, karbondioksit, antimikrobiyal ve antioksidan maddeler, aroma ve lezzet gibi maddelerin salınım hızının ve transfer kontrolünün ayarlanması gibi potansiyel çözümler sunmaktadır. Fakat günümüzde bariyer ve mekanik özelliklerini karşılayabilmeli ve gıda ile uyum göstermelidir (Karagöz, 2007; Lamba vd., 2019; Söğüt ve Seydim, 2017; Yeşiltaş, 2012; Yılmaz, 2014).

Fonksiyonel çeşitliliği ile ön plana çıkan yenilebilir filmlerin basit bir üretim teknolojisi bulunmaktadır. Genel olarak fenolik bileşikler, biyopolimerler ve doğal

aktif maddelerin belirli oranlarda bir araya getirilmesiyle hazırlanan biyobozunur özellikteki yenilebilir kompozit filmlerinin akışkan formunun uygun kalıplara dökülmesi ve kurutulması ile üretilir. Bu kalıp materyallerinden teflon ve polisitrenin en çok tercih edilme sebebi filmlerin kalıptan yırtılmadan kolaylıkla çıkartılabilmesidir. Ek olarak filmlerin %5 ile %8 arasında nem oranı içermesi filmlerin kalıplardan çıkarılmasında diğer bir kolaylık sağlamaktadır rosmarik

Yenilebilir filmlerin uygulaması için gerekli olan kriterler şunlardır;

- Yenilebilir filmler toksik ve alerjik olmamalıdır.
- Biyobozunur olmalıdır.
- Kapladığı gıdaya uygun olup gıdanın her yerinde aynı etkiyi göstermelidir.
- Gıda ambalaj materyalleri depolama, taşıma ve dağıtım gibi durumlarda dayanıklı ve güçlü mekanik özellik sağlamalıdır.
- Gıda maddelerinin ana bileşenlerinden birisi olan su, gıdanın bozulma hızını, tat ve kokusunu, mikrobiyal gelişimi vb. olumsuzları tetiklediğinden nem kaybının/kazanımının kontrol altında tutulmalıdır.
- Su buharı, oksijen ve karbondioksit gibi gazların geçişinin kontrol altına alınması gereklidir. Oksijen varlığında acılaşıma, mikrobiyal gelişim hızını artırma ve bazı vitaminlerin kaybı gerçekleşebilir.
- Gıdaların tat ve aromasını oluşturan uçucu bileşiklerin korunması veya artırılmasıdır. Kayıpları gıdanın kalitesini etkileyeceğinden gaz bariyerinin sağlanmalıdır.
- Antimikrobiyal gıda ambalaj filmlerinde, gıda maddesi dikkate alınarak hedef mikroorganizmanın tespit edilmesi ve antimikrobiyal maddenin difüze olma hızının kontrolü ayarlanmalıdır.
- Işık ile etkileşimi olan gıdalarda istenmeyen reaksiyonlar (yağ oksidasyonu, vitaminlerin bozulması gibi) gerçekleşebilir. Ambalaj filmi gıda bileşimine uygun seçilmelidir.

• Biyobozunur ambalaj filmine gıdayı olumlu etkileyebilecek çeşitli gıda katkı maddelerinin (besleyicilik özelliğini arttıran ve duyuşsal özellikleri koruyan maddeler, aroma, antioksidan, antimikrobiyal vs.) eklenebilir nitelikte olmalıdır (Yeşiltaş, 2012).

Yenilebilir filmlerin avantajı; gıda ürününü besin değerine takviye yaparak artırır (fenolik bileşikler gibi). Nem ve yağ migrasyonuna, gaz geçişlerine karşı seçici bariyer özellik gösterir. Uçucu bileşiklerin tutulmasını sağlayarak gıdanın tat ve aroma kaybını azaltır. İçerdiği antioksidan ve antimikrobiyal maddelerin gıdaya difüze olma hızını ayarlar ve bu maddelerin ürünü korucu işlevleri sayesinde depolama ömrünü uzatır (Bahtimur, 2018, Yıldız, 2016).

Yenilebilir filmlerin dezavantajı; yalnızca doğal kaynaklı biyopolimerlerden oluşan filmlerde kırılğan yapı, zayıf mekanik özellik ve kurutma aşamasında çatlama gözlenebilir (Bahtimur, 2018; Torlak, 2009). Yüksek maliyetlidir. Yenilebilir özellikte olmasından dolayı tüketici sağlığı ve talepleri doğrultusunda ikinci bir ambalaj materyali ile kaplanmasına ihtiyaç vardır. Henüz yeni bir teknolojik ürün olmasından dolayı tüketicilerin pek tercih etmemektedir. Uygulanacak ürün çeşitliliği sınırlıdır. Petrol bazlı (plastik ve türevleri) ambalajlara göre daha düşük kimyasal ve bariyer özelliği olduğundan ürün aralığı daha da daralmaktadır (Bahtimur, 2018; Yıldız ve Yangılar, 2016).

2.5. Ambalaj Materyali Olarak Kullanılan Biyopolimerler

Biyopolimerlerden oluşturulan yenilebilir filmler hammadde kaynağına göre polisakkarit, protein ve/veya lipit esaslı üç ana gruptaki bileşiklerin tek tek veya birleştirilmesiyle elde edilen kompozit filmlerdir (Torlak, 2009). Her bir grubun kendine özgü işlevsel özellikleri bulunmaktadır. Filmin işlevsel performansını, yapısındaki biyopolimerlerin aktif bileşenlerle olan etkileşimleri (interaksiyonu) belirler. İsteğe göre ürünün yapısına uygun ekstra vitamin, antioksidan, probiyotik vb. maddelerde dahil edilebilmektedir (Díaz-Montes vd., 2021; Sarıkuş, 2006).

Genellikle protein, polisakkarit ve lipit gibi biyopolimer ile hazırlanan yenilebilir ambalaj filmleri gıdaların kalitesini korumadaki bariyer özelliklerinin yanı sıra kararma reaksiyonlarını durduran, rengin korunması, yumuşama değişimlerini

önleyici, aroma bileşikleri, pigmentlerin ve vitaminlerin muhafaza edilmesi gibi özellikleri mevcuttur (Sögüt, 2018; Yeşiltaş, 2012).

2.5.1. Protein Bazlı Biyobozunur Filmler

Proteinler; doğal kaynaklardan elde edilen biyobozunurluk ve yenilebilirlik özelliği bulunan biyopolimerler olduklarından, yeni nesil kompozit filmlerin üretilmesinde kullanılmaktadır. Protein kökenli filmler etkin bir gaz bariyeri özelliği gösterir. Proteinlerin yenilebilir filmler için önemli olmasının en birinci sebebi; besin değeri arttırması, ikinci sebebi; lipid ve polisakkaritlerle karşılaştırıldığında etkileyici bir gaz bariyeri özelliği kazanmasıdır. Normalde proteinler hidrofilik yapıda olduğundan su buharına karşı duyarlıdır ve sıcaklığa karşı da hassastırlar. Öyle ki, protein bazlı filmler tek başlarına geliştirilmesine pek ilgi gösterilmemektedir. Mesela, nem geçirgenliklerinin önüne geçebilmek için özellikle lipidlerden oluşan karma bir film kullanılmaktadır. Protein kökenli nanokompozitlerin bitkisel ve hayvansal kökenli olmak üzere iki tipi bulunmaktadır. Bitkisel kökenli nanokompozitler; buğday glütenu, mısır zeini, soya proteini, pamuk çekirdeği proteini, yer fıstığı proteini vb. yer alır. Hayvansal kökenli nanokompozitler; jelatin, kollajen, kazein, yumurta beyazı proteini, peynir altı suyu tozu proteini, kreatin vb. yer alır (Candan ve Bağdatlı, 2018; Çokaygil, 2013; Karagöz, 2007; Mihalca vd., 2021). Protein kaynaklı filmlerin gaz ve mekanik bariyer özellikleri polisakkarit kaynaklı filmlere göre daha iyidir (Dursun ve Erkan, 2009).

2.5.2. Polisakkarit Bazlı Biyobozunur Filmler

Polisakkaritler, yenilebilir film materyallerinin oluşturulmasında sıkça kullanılan kompleks yapıdaki karbonhidratlardır. Genellikle polisakkarit bazlı filmler geniş kullanım alanına sahiptirler. Proteinler gibi hidrofilik karaktere sahip oldukları için nem bariyer özelliği düşük olmasına rağmen gaz bariyeri, aroma ve yağ bariyer özellikleri ise yüksektir. Fakat kırılğan yapıda filmlerdir. Gıdalarda genellikle meyve ve sebzelerde, et ürünleri ve deniz mahsullerinde raf ömrünü uzatmak amacıyla kullanılmaktadır. Yenilebilir filmlerde genel olarak kullanılan polisakkaritler selüloz, kitin/kitosan, nişasta (mısır, patates, buğday, pirinç ve türevleri), gam (guar,

keçiboynuzu, alginat, karragenan, pektin, gam arabic), agar vb. maddeler yer almaktadır (Bourtoom, 2008; Candan ve Bağdatlı, 2018; Yeşiltaş, 2012).

2.5.3. Lipit Bazlı Biyobozunur Filmler

Lipit bazlı filmler, genellikle yağ asitleri, gliseritler, reçineler ve mumlar vd. elde edilen ambalaj türlerindedir. Bu tip filmler öncelikle hidrofobik yapıda olmasından dolayı iyi bir nem bariyeridir. Ayrıca kapladığı gıdanın yüzey parlaklığını sağlamak amacıyla da tercih edilmektedir. Bununla birlikte ince ve kırılğan görünümünün olumsuz etkileri olduğundan protein ve polisakkaritlerle birlikte kullanılmaktadırlar (Bosnalı vd., 2019; Demircan ve Ocak, 2019; Torlak, 2009).

Son yıllarda ise özellikle bileşimindeki fenolik bileşikler ve terpenoitler nedeniyle güçlü antimikrobiyal aktiviteye sahip olan ve bitkilerden (çiçek, tohum, yaprak, tomurcuk, dal, ağaç kabuğu, meyve ve köklerinden) sentezlenen esans uçucu yağlar antimikrobiyal yenilebilir ambalaj film sisteminde yaygın olarak kullanılan kompleks bileşiklerdir (Burt, 2004; Feyzioğlu, 2016; Joerger, 2007). Bitkisel esanslı uçucu yağların kendine özgü karakterize olmuş keskin kokuları olan, berrak ve organik çözücülerde çözünebilen düşük yoğunluklu kompleks yapılarıdır. Türkiye’de yaklaşık olarak 3000 çeşit tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen uçucu yağ bulunmakta olup bunların yaklaşık %10’unun eczacılık, kozmetik, gıda ve ziraat endüstrilerinde kullanılmaktadır. Saf formdaki uçucu yağların (karvakrol, timol ve mentol vb.) yüksek miktarda antimikrobiyal aktivite gösterdiği tespit edilmiştir (Başyigit vd., 2017 Demirci, 2020). Uçucu yağların aktiviteleri arasında antioksidan, antifungal, antitoksijenik, antiviral, antibakteriyel, antiparazitik gibi özellikleri bulunmaktadır. Lipit kökenli filmler sıcaklığa duyarlı oldukları için yüksek sıcaklık altında zayıf mekanik özellik sergilemektedir. Yağlı filmler ile kaplanan meyvelerde küflenmenin önlenmesinde etkin bir koruyucudur (Dursun ve Erkan, 2010; Bosnalı vd., 2019).

Yapılan çalışmalarda ise kekik ve karanfil uçucu yağlarının *S. aureus* ve *E. coli* bakterilerinin hücre membranları üzerinde (Becerril vd., 2007) yapısal bozukluklara; yalnızca kekik uçucu yağının kullanılmasıyla da *E. coli* O157:H7 bakterisinin hücre membranı üzerinde (Burt ve Reinders, 2003) bir dakika teması ile yapısal bozukluklara uğratarak geri dönüşümsüz bir hasar bıraktığı tespit edilmiştir.

2.6. Ambalaj Materyali Olarak Kullanılan Maddeler

2.6.1. Kudret Narı (*Momordica charantia*)

Latince adı *Momordica charantia* olan kabakgiller (*Cucurbitaceae*) familyasına ait tropikal bir meyvedir. Ülkemizde “Kudret Narı veya Acı Kavun/Kabak”, İngilizce ’de “Bitter Melon”, Hintçe “Karela” isimleriyle anılmaktadır (Anilakumar vd., 2015; Baldemir vd., 2018; Elibal, 2009; Top, 2018). Türkiye’de Marmara, Ege ve Akdeniz bölgesinde yetişmektedir. Dünyada ise kökenlerinin Çin ve Hindistan olup, Asya, Afrika, Tayvan, Pakistan gibi ülkelerde yetiştirilmektedir. Kudret Narı meyvesi olgun iken kırmızı-turuncu, ham iken yeşil-beyaz renge sahiptir (Şekil 2.2 ve Şekil 2.3) (Arslanoğlu vd., 2012; Baldemir, 2018; Elibal, 2009). Meyvenin boyutu 10-20 cm uzunluğunda, bitkisi ise sarmaşık formdadır. Yapraklarından meyvesine kadar içerdiği fenolik bileşikler, kaliteli protein ve esansiyel olan ve olmayan yağ asitleri içeriğinden dolayı şifalı bir bitki olarak bilinir (Arslanoğlu vd., 2012; Elibal, 2009; Top, 2018). Acı kavun ismini yapısındaki alkaloid bir madde olan ve olgunlaşmış meyveye acı tadını veren momordicine’den almaktadır (Arslanoğlu vd., 2012).



Şekil 2.2: Olgun ve Ham Kudret Narı Meyveleri



Şekil 2.3: Ham ve Olgun Kudret Narı Meyveleri

Kudret narı bitkisinin yaprakları ve meyvesi, birçok mineralden (demir, kalsiyum, fosfor, potasyum, magnezyum, çinko vb.), yüksek oranda vitaminlerden (A, B1, B2, B3, C, E) zengindir. Ayrıca kudret narı meyvesi antioksidan ve antikanserojen fenolik bileşikler (vanilik asit, kateşin, epikateşin, gallik asit, kafeik asit, tannik asit, kumarik asit vb.), kaliteli proteinler (momordin, alfa ve beta-momorcharin), yağ asitleri (palmitik asit, stearik asit, araşidonik asit, oleik asit, linoleik asit, linolenik asit vb.) ve esansiyel amino asitleri de (valin, lösin, izölösün, fenilalinin, treoinin, triptofan, histidin, arginin) içermektedir (Grove ve Yadav 2004; Elibal, 2009; Liu vd., 2010).

Kudret narının hem meyvesi hem yaprakları ülkemizde tıbbi açıdan çok önemli bir yere sahiptir. Klinik çalışmaların sonucunda; antioksidan, antidiabetik, antibakteriyel, antikanserojen, antivirüs, antimikrobiyal, kolesterol düşürücü vb. (Arslanoğlu vd., 2012; Gölükçü vd., 2014; Grove ve Yadav 2004) etkilerinin olduğu bunun yanında egzama, gut, sarılık, sindirim bozuklukları, diyabet, anemi ve cilt problemleri gibi hastalıkların tedavisinde kullanıldığı bilinmektedir (Top, 2018). Kudret narı

meyvesinde (Şekil 2.4) bulunan fenolik bileşiklerin patojen mikroorganizmaları yüksek oranda inhibe ettikleri saptanmıştır. Özellikle etanol ve metanol ile ekstrakte edilmiş kudret narı yapraklarının *Escherichia coli*, *Salmonella paratyphi* ve *Shigella dysenteriae* gibi birçok mikroorganizmaya karşı etkili bir antimikrobiyal aktivite gözlemlenmiştir (Şahin, 2007; Kültür, 2007).



Şekil 2.4: Olgun Kudret Narı Taneleri

Kudret narının bileşimindeki fenolik bileşiklerin ekstraktı ile zenginleştirilmiş biyobozunur özellikteki antimikrobiyal nanokompozit gıda ambalaj filminin hazırlanması için seçilmiştir. Ayrıca, fenolik bileşiklerin ve E vitaminlerinin (α -tokoferol, γ -tokoferol, catechin ve epicatechin) antioksidan potansiyelleri ile kaliteli ve yüksek orandaki protein, yağ, vitamin gibi birçok madde oluşturulacak filmin yapısına ekstra değer katacaktır.

2.6.2. Kekik Uçucu Yağı (*Thymus vulgaris*)

Türkiye florasında 9000 bitki türünden yaklaşık 1/3'ü (3000 kadarı) tıbbi ve aromatik bitkilerden meydana gelmektedir. Kekik bitkisi, *Lamiaceae* familyasının en önemli bitkilerindendir. Türkiye'de beş cinsi (*Thymus*, *Origanum*, *Satureja*, *Tymbra* ve *Coridothymus*) bulunmaktadır. İnsanlar kekik bitkisini yüzyıllardır ilaç yapımında ve gıdalara aroma vermek amacıyla temel bileşen olarak kullanmışlardır. Kekik uçucu yağının ana bileşenlerini oluşturan thymol (timol) ve carvacrol (karvakrol) maddeleri çok güçlü antimikrobiyal, antifungal ve antioksidan etkiye sahiptirler. Kekiğin kendine has kokusu bileşimindeki timol ve karvakrol maddelerinden kaynaklanmaktadır (Bozdemir 2019; Başyigit vd., 2017; İli, 2003).

Kekik (thyme) uçucu yağında, timol (thymol) karvakrol (carvacrol), p-simen (p-cymene), γ terpinen gibi bileşenlerden meydana gelmiştir. Ayrıca, kekikte antimikrobiyal, antioksidan ve antifungal etki gösteren kumarik asit, kafeik asit ve rosmarik asit gibi serbest fenolik asitler de mevcuttur. Güney Avrupa kökenli bir bitki olan *Thymus vulgaris* (bahçe kekiği), kekiklerin en önemli türüdür. *Thymus* türü kekiklerden çıkartılan uçucu yağlarda timol daha yüksek oranda (%40-75) bulunmaktadır. Timol çok güçlü bir antioksidandır. Aromatik, yüksek oranda timol varlığından dolayı çok geniş kullanım alanına (gıda, ilaç, parfüm vs) sahiptir. Nelson'un 1997'de yapmış olduğu çalışmada Thyme kekik uçucu yağının, antibiyotiklere dirençli mikroorganizmalara karşı yüksek oranda antimikrobiyal aktivite göstermiştir (Başyigit vd., 2017; Bozdemir, 2019; İli, 2003; Karagöz, 2007).

Kekik uçucu yağı (*Thymus vulgaris*) biyobozunur gıda ambalaj filminin üretilmesinde antimikrobiyal, antioksidan ve antifungal kalitesinin artırılmasının yanında filme parlaklık ve nem bariyeri özellikleri ve hoş bir koku kazandırılması amaçlanmıştır.

2.6.3. Buğday Gluteni

Gluten, başta buğday olmak üzere arpa, pirinç, karabuğday ve çavdar gibi tahıllarda bulunan bitkisel bir proteindir. Kıvam verici özelliğinden dolayı gıdadan hariç pek çok farklı alanda (diş macunu, kozmetik gibi) kullanılmaktadır. Tahıllarda çokça bulunduğu için temin edilmesi kolay ve ekonomiktir. Gluten; gliadin ve glutenin olmak üzere iki ana proteinin (polipeptidin) kombinasyonundan oluşmaktadır. Buğday

gluteni esaslı filmler seçici gaz bariyeri olan, homojen ve saydam nitelikte fakat hidrofilik yapıda olduğundan nem bariyeri zayıf (nispeten çok az) özelliğindedir. Buğday glutenli filmler, gıda esaslı katkı maddeleri kullanıldığı sürece yenilebilmekte ve biyobozunur olduğundan doğaya hızlıca karışabilmektedir (Dursun, 2009; Sarıkuş, 2006; Shankar, 2018).

Üretmeye çalıştığımız antimikrobiyal özellikli biyobozunur nanokompozit gıda ambalaj filminde gaz bariyeri özelliğinden ve ürünün besinsel değerini arttırmasından faydalanmaktayız.

2.6.4. Sığır Jelatini

Endüstriyel olarak hayvanın deri, kemik ve bağlayıcı dokularındaki lifli bir protein olan kollajenden elde edilen jelatin, bünyesinde bulunan yüksek orandaki prolin, glisin ve hidrokisprolin aminoasitleri sayesinde etkin bir jelleşme özelliği kazanmaktadır. Jelatin doğal yapılardan üretildiğinden sağlıklı ve biyobozunur özellikte bir biyopolimerdir. Toksik özellik göstermediği için gıda, kozmetik, eczacılık ve tıp endüstrisi gibi yaygın olarak kullanılmaktadır. Jelatin biyopolimerler saydam görümlü, sıcak suda çözünebilen, ekonomik ve mükemmel fonksiyonel özelliklere sahiptir. Jelatin içerikli filmler katıldığı ürüne elastikiyet kazandırma ve kıvam arttırma, gıdaları etkin bir gaz bariyeri özelliği ile oksijenden korumak gibi karakteristik özellikleri bulunmaktadır. Lipit gibi hidrofobik bileşenlerin film solüsyona eklenmesiyle de su buharı bariyer özelliği geliştirilmiş olur (Dursun vd., 2010; Koçak vd., 2019; Topuz ve Boran, 2018).

2.6.5. Kazein

Süt proteinleri, yüksek besin değerine sahip sütün en önemli bileşenleridir. Gıda endüstri alanında yapılarındaki farklı birçok fonksiyonel özelliklerden dolayı kullanımı tercih edilmektedir. Sütte proteinler koloidal dispersiyon halindedir. Süt proteini kökenli yenilebilir gıda filmlerinde bilhassa bariyer özelliklerinin kontrolü açısından mükemmel bir ambalaj materyali olarak değerlendirilmektedir. Süt yaklaşık olarak %3,4 (34 g protein/L) protein içermektedir. Sütteki toplam proteinin yaklaşık

%80'ni (26-29 g kazein/L) kazein ve %20'si peynir altı suyu proteinlerini oluşturmaktadır (Nazlı, 2018; Sarıkuş, 2006).

Kazein, doğada sadece sütte mevcut olup sütün en önemli proteindir. Sütün yaklaşık %2,7-3,4'ü kazeinden oluşur. Kazein oldukça kompleks bir yapıya sahip hetero proteindir. Esansiyel olan/olmayan en az 20 aminoasidin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Kazein molekülü içerdiği aminoasit gruplarından dolayı amfoter özelliktedir. Hem asidik (COOH) hem de bazik (NH₂) grubu aynı anda bulunur fakat içerdiği asit grupları baz gruplarından fazla olmasından dolayı asidik özelliktedir. Öyle ki süt proteininin pH:4.6'dır ve 20 °C'de denatüre olmaktadır. Üç farklı fraksiyonu (α -alfa kazein, β -beta kazein, γ -gama kazein) vardır. Kazeinin sütteki varlığı küresel kolloid miseller halinde bulunur. Bu misellerdeki kazeine bağlanan kalsiyum fosfat ile "kalsiyum fosfo kazeinat" meydana gelmektedir. Kalsiyum fosfo kazeinat maddesi ise süte kendine özgü beyaz rengini veren unsurdur (Nazlı, 2018).

Kazein katkılı biyobozunur gıda ambalaj filmlerinin besinsel değeri yüksek, şeffaf görümlü, kokusuz ve esnektir. Filmin yapısına katılan kazein diğer proteinler gibi filmdeki gözenekliliği en aza indirmektedir. Gıda ürünündeki oksijen varlığını kontrol altında tutarken, tat ve aromayı oluşturan uçucu bileşiklerin kaybını önlemek için gaz geçişlerini etkin bir şekilde bloke ederler. Yağların kazein filmlerine eklenmesiyle taze ve kuru meyve sebzelerde, dondurulmuş balık gibi ürünlerde su buharı geçirgenliği ve oksidasyona karşı direnci artmaktadır (Mihalca, 2021; Sarıkuş 2006). Bu amaçla üretmeye çalıştığımız antimikrobiyal özellikli biyobozunur nanokompozit gıda ambalaj filminin hazırlanmasında tercih sebebimizdir.

2.7. Yenilebilir Film ve Kaplamaların Uygulama Yöntemleri

Yenilebilir film ve kaplamalar genellikle dört tane uygulama yöntemi kullanılmaktadır. Bunlar daldırma, püskürtme, boyama (firçalama), film dökme uygulamalarından yararlanılmaktadır. Yöntemler ürüne zarar vermeyecek şekilde niteliklerine uygun seçilmelidir (Yıldız ve Yangılar, 2016).

Daldırma yöntemi; en basit olan uygulama yöntemidir. Genellikle yüzeyi düzgün olmayan, orta ve küçük hacimli gıdaların homojen bir şekilde kaplanmasını sağlayan yöntemdir. Gıdanın direkt olarak kaplama solüsyonun içerisine 5-30 saniye

daldırılması ile yüzeyde istenen kalınlıkta film tabakası oluşmasını sağlamak ve daha sonrasında ise kurutulmaya bırakılarak uygulanan bir yöntem biçimidir. Meyve ve sebzelerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Bahtimur, 2018; Tural vd., 2017).

Püskürtme yöntemi; yenilebilir nitelikteki kaplama solüsyonunun ürünün sadece kaplanmasının istendiği kısmına ince bir tabaka halinde püskürtülerek uygulanır. Püskürtme sistemlerinde 20 mikron (damlacık şeklinde) ile 100 nm'nin (nanometrenin) altında partiküller elde edilmektedir (Bahtimur, 2018; Tural vd., 2017).

Boyama (fırçalama) yöntemi; Genellikle ürünün belli bir bölgesinin veya tümünün kaplanmak için kullanılan akışkan formdaki solüsyonun fırça yardımıyla homojen ve ince bir tabaka halinde gıdanın üzerine uygulanması ile gerçekleşir. Daha sonra kurutulmaya bırakılmaktadır (Bahtimur, 2018; Tural vd., 2017).

Film dökme yöntemi; düzgün bir ürünün yüzeyine filmi oluşturacak akışkan formdaki solüsyonun belirli kalınlıkta dökülmesi, yayılması ve kurutulması işlemleriyle elde edilen filmlerdir. Filmin yapısı, ürüne uygun spesifik film çözeltisi bileşimi, filmin döküm kalınlığı ve kurutma koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Bahtimur, 2018; Tural vd., 2017).

2.8. Biyobozunur Ambalajların Gıda Endüstrisinde Kullanımı

Biyobozunur gıda ambalaj filmi, gıda endüstrisinde et ve et ürünleri, meyve ve sebze, su ve su ürünleri (genellikle balıklarda), süt ve süt ürünlerinde (özellikle peynir türlerinde), şekerlemelerde, tahıllar ve gevreklerde, meyve suları gibi birçok gıda ürünlerinin kaplanmasında karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanı sıra çevreci bir yaklaşımı olması biyobozunur ambalaj gıda sanayisi için yeni bir pazar haline dönüşmüştür (Söbeli vd., 2019). En düşük maliyetle ürünün raf ömrünü olabildiğince uzatmak, oluşabilecek kontaminasyonlardan ürünü korumak ve kullanılan katkı maddelerinin yerine doğal biyopolimerler kullanılarak biyobozunur özellikte yenilebilir gıda ambalaj filmleri üretilmesidir. Araştırmacılar ise gıda sanayisinde birçok çalışmayla bu konu üzerinde yeni ambalaj türleri geliştirmişlerdir (Peelman vd., 2013; Söbeli vd., 2019). Özellikle taze kırmızı etlerde, kanatlı etlerde veya su ürünlerinden (balık etleri) ambalajlarında kullanılarak su sızıntılarını, ürünlerdeki uçucu

lezzet bileşiklerinin kaybını ve dışarıdan ürüne istenmeyen kokuların gelmesini yenilebilir film ve kaplamalarla sınırlandırılır (Karagöz, 2007).

Torlak ve ark. (2009) yapmış olduğu bir çalışmaya göre hazırlanan yenilebilir kitosan filmlerine kekik (%0.5) ve karanfil (%1) uçucu yağları eklenmiştir. *L. monocytogenes* ile kontamine edilmiş kaşar peyniri dilimine filmler sırasıyla kaplanmış ve 4 °C’de 14 gün boyunca takip edilmiştir. İki filmde de antimikrobiyal aktivite sayesinde patojen bakterinin sayısında düşüş saptanmıştır. Fakat kıyaslanacak olursa kekik uçucu yağı içeren kitosan filminin karanfil uçucu yağı içeren filmlere göre nispeten daha güçlü antimikrobiyal etki yaptığı gözlemlenmiştir.

Krasaekoopt ve ark. (2008) yapmış oldukları çalışmada yenilebilir biyopolimer ambalaj materyali olan metilselüloz solüsyonuna antimikrobiyal özellikteki kitosan (%0-2) ilave ederek yenilebilir bir film elde etmişler. Taze dilimlenmiş kavunları bu film ile kaplayarak 10 °C’de 15 gün depolanmıştır. Sonuca bakıldığında patojen mikroorganizmaların (patojen bakteri, maya ve küf) sayısında yüksek oranda düşmüş olduğu, raf ömrünün ise 10 °C’de 10 gün arttığı tespit edilmiştir.

Ayana ve ark. (2009) yenilebilir biyopolimer ambalaj materyali olan metilselüloz solüsyonuna antimikrobiyal ajan olarak zeytinyağı özütü ekleyerek bir film elde etmişler. Bu filmi *S. aureus* bakterisi ile aşılansmış kaşar peyniri dilimine uygulayarak sonucu 14 gün takip etmişler. Antimikrobiyal etki gösteren filmde *S. aureus* bakterisinin sayısında %24.5 oranında azalma gözlemlenmiştir.

Albertos ve ark. (2014) kitosan bazlı yenilebilir biyobozunur ambalaj film solüsyonuna antimikrobiyal ajan olarak karanfil yağı eklenmiş ve alabalık ürünü kaplamışlardır. Sonuca bakıldığında ise film alabalıktaki patojenik ve bozulmaya neden olabilecek mikroorganizmalara karşı yüksek antimikrobiyal bir aktivite sergilenmiş bakterinin direncini kırmıştır. Böylece raf ömrü uzatılmıştır.

Matiacevich ve ark. (2015) aljinat filmlerine antioksidan ve antimikrobiyal etki gösteren kekik uçucu yağı ve propiyonik asit bileşiklerini eklemiştir. Bu filmler ile tavuk göğsü filetoları kaplanmış ve etkileri takip edilmiştir. Tavuk göğsü filetolarının kaplanan film sayesinde raf ömrü %33 arttığı tespit edilmiştir.

Kazemi ve ark. (2015) yapmış oldukları çalışmada jelatin-aljinat filmlerine antimikrobiyal etki göstermesi için kekik uçucu yağı eklemiş ve balık dilimlerini

kaplamıştır. Sonuca bakıldığında ise 15 günlük depolama boyunca bakteri üremesi gecikmiş böylece raf ömrü uzamıştır.

Kavas ve ark. (2015) çalışmalarında peynir altı suyu tozu ile oluşturulan protein filmlerine kekik uçucu yağı (%1.5) ve karanfil uçucu yağı (%1.5) ekleyerek kaşar peynirlerini kaplamışlardır. 60 gün sonunda mikrobiyal yüklerine bakılmış ve *E. coli*, *S. aureus* ve *L. monocytogenes* bakterilerinin sayısında azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Zivanovic ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada kitosan filmlerine kekik uçucu yağı (%1 ve %2) yükleyerek salam örneklerini kaplamışlardır. Filmin 5 °C'de 10 günlük muhafaza sonucunda salamlardaki *Escherichia coli* O157:H7 üzerinde etkisi incelemiştir. Elde ettikleri verilere göre *Escherichia coli* O157:H7 sayısının önemli bir düzeyde azaldığı bildirilmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Biyobozunur özellikteki antimikrobiyal yenilebilir film üretiminde kullanılan, kudret narı (*Momordica charantia*) meyvesi, kekik uçucu yağı, buğday gluteni, sığır jelatini, sodyum kazeinat maddeleri çalışmamızın materyallerini oluşturdu. Bunlardan kudret narı meyvesi İstanbul'daki yerel bir işletmeden satın alındı. Kekik uçucu yağı (*Thymus vulgaris*) Florame markasından, buğday gluteni ve toz sığır jelatini Alfasol markasından, sodyum kazeinat tozu Sigma Aldrich'ten temin edilmiştir. Ekstraksiyon için kullanılan etanol Sigma Aldrich'ten temin edildi.

3.2. Metot

3.2.1. Biyobozunur Özellikteki Yenilebilir Film Üretimi

Bu çalışma üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama; kudret narı meyvesinden fenolik bileşiklerin ekstrakte edilmesi, ikinci aşama; ekstrakte edilen bileşenlerin film solüsyonlarına eklenmesi ve üçüncü aşama; nanokompozit filmlerin oluşturulmasıdır.

3.2.1.1. Kudret Narından Fenolik Bileşenlerin Ekstrakte Edilmesi

İstanbul'daki yerel bir işletmeden temin edilen ham ve olgun kudret narları meyvelerinin taneleri (çekirdekleriyle birlikte) iki gruba ayrılıp 70 °C'de 3 gün boyunca etüvde kurutuldu (Şekil 3.2). Kurutulan ham ve olgun kudret narları blenderda (WARING 8010 EB Commercial Blender) öğütülüp toz haline getirildi (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Ham ve olgun kudret narı tozları



Şekil 3.2: Kudret narı meyvesinin toz haline getirilmesi

Toz halindeki ham kudret narı (HKN) numunesi hassas terazide 3 g tartılıp 50 mL etanol ile olgun kudret narı (OKN) numunesi ise hassas terazide 10 g tartılıp 100 mL etanol manyetik karıştırıcıda 60 dakika süreyle ekstrakte edildi. Ekstrakte edilen her iki sıvı 50 mL'lik iki falcon tüpüne eşit olacak şekilde konuldu. Falcon tüpündeki numuneler 3000 rpm'de 7 dakika boyunca santrifüjlendi. Böylece HKN ve OKN tozlarından fenolik bileşikler ekstrakte edildi (Tokuşoğlu, 2016).

3.2.1.2. Ekstrakte Edilen Bileşenlerin Film Solüsyonlarına Eklenmesi

Yenilebilir ambalaj filmleri dökme yöntemi kullanılarak hazırlandı. İlk olarak saf su içerisine %1 (ağırlıkça) oranında sodyum kazeinat eklendi ve ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda belirli sıcaklıkta tamamen çözündürülerek homojen hale getirildi. Beherdeki karışıma %0.1 (ağırlıkça) oranında buğday gluteni ilave edilip karıştırılmaya devam edildi. Homojen hale geldiğinde içerisine ham film solüsyonu için ayarlanan behere 10 mL ham kudret narı (HKN) ekstraktı, olgun film solüsyonu için ayarlanan behere 10 mL olgun kudret narı (OKN) ekstraktı eklendi. Yenilebilir filmlere elastikiyet kazandırması için plastikleştirici özelliği bulunan gliserol (Sigma Aldrich), hazırlanan karışımlara belirli oranlarda ilave edildikten sonra %2 (ağırlıkça) oranında jelatin eklenerek tamamen homojen bir hale gelene kadar ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda karıştırıldı. Homojen hale gelen HKN ve OKN ekstraktı ile zenginleştirilmiş film solüsyonlarının her birine %2 oranında kekik uçucu yağı (*Thymus vulgaris*) damlalar halinde manyetik karıştırıcı eşliğinde yavaşça damlatılmıştır (Demirci, 2020).

3.2.1.3. Nanokompozit Filmlerin Oluşturulması

Hazırlanan HKN ve OKN ekstraktı ile zenginleştirilmiş film solüsyonları bir süre yavaşça karıştırıldıktan sonra petri kaplarına 40 mL, 30 mL, 20 mL, 10 mL olacak şekilde döküldü. Filmlerin oluşması için petri kapları fanlı etüvde 40 °C'de 24 saat bekletildi.

3.2.2. Laboratuvar Analizleri

Üretilen film solüsyonlarına duyuşal, fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapıldı. Bunun için üretilen film (10 mL'lik olanlarından) ve film solüsyonlarının farklı kısımlarından alınan 3 adet örnekte paralel olarak laboratuvar analizleri yapıldı.

3.2.2.1. Duyusal Analizler

Ürünlerin görünüş, renk, kıvam, tat ve koku gibi duyuşal analizleri 5 kişilik panel tarafından yapıldı (Baysal, 2019).

3.2.2.2. Fiziko Kimyasal Analizler

3.2.2.2.1. Ürünlerin pH Değerleri

Üretilen antimikrobiyal özellikteki yenilebilir filmlerin solüsyon formlarının pH değerlerine Hanna Edge marka pH metre ile bakıldı (Söğüt, 2018).

3.2.2.2.2. Yüzey Morfolojisi ve Elementel Dağılım Analizi

Üretilen antimikrobiyal özellikteki yenilebilir filmlerin morfolojik özellikleri Zeiss marka EVO/LS10 ile Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve elementel dağılım analizi Enerji Dağılım Spektrometre (EDS) cihazı ile yapıldı. (Demirci, 2020; Türköz ve Erdem, 2019).

Taramalı Elektron Mikroskobu ile yapılan analizlerde, numunelerin yüzey morfoloji görüntülerini almak için üretilen filmlerden küçük parçalar alınarak ayrı ayrı cihaza yerleştirildi. Analiz edilecek ürünlerimizin yüzeyi iletken olmadığından dolayı numunelerimizi altın-paladyum (Au/Pd) materyal ile kaplatılarak iletkenliği sağlandı (Şekil 3.3). Böylece numunenin yüzeyine çarptırılan elektronların yüzeyle etkileşimi sonucu detektörden SEM görüntüleri alındı. Çalışılan SEM/EDS cihazının fotoğrafı Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.3: Altın-paladyum (Au/Pd) ile kaplanmış HKN ve OKN film numuneleri



Şekil 3.4: SEM/EDS cihazı

Enerji dağılım spektrometre (EDS) analizi ise herhangi bir numune veya numune üzerindeki elemental kompozisyon dağılımını tanımlamak için SEM ile kullanılan bir tekniktir. Numunenin yüzeyine yüksek enerjili taramalı elektron demeti gönderilerek yapılan analiz işlemidir. Analiz edilecek ürünlerimizin yüzeyleri altın-paladyum (Au/Pd) materyali ile kaplanıp SEM cihazı EDS programına ayarlandı ve bu ürünün yüzeyine yüksek enerjili taramalı elektron demeti gönderildi. Böylece numunedeki

elementlerin (kimyasal bileşiminin) karakteristik özellikleri, iki boyutlu renkli yüzey görüntüleri şeklinde, yüzdeleri ise pik şeklinde elde edilmiş oldu (Demirci, 2020; Türköz ve Erdem, 2019).

3.2.2.2.3. Kül Tayini

Kül tayini, kül fırınlarında porselen krozelerde yanan ürünlerden organik kısımlarının yanması geriye inorganik kalıntıların kalması prensibine dayanır. Oda sıcaklığındaki porselen krozelerin darası alınır. Üzerine 1 gr film örneği tartılmıştır. Kademeli ısıtıcı olan kül fırınına (MAGMA THERM MT1105 marka) yerleştirilerek 4. Programa (600 °C’de 4 saate) ayarlanmıştır. Yakma işlemi bittikten sonra işlem sonunda 20 °C’ye düşen numuneleri desikatöre alıp oda sıcaklığına geldiklerinde tartımları yapılmıştır. Sonuçlar % kül olarak formülünde hesaplanmıştır (Onaç, 2009).

$$\% \text{ Kül} = [(M2-M1) / m] \times 100$$

$$M2 = \text{Yakmadan sonraki kroze} + \text{kül ağırlığı (g)}$$

$$M1 = \text{Sabit tartıma getirilen krozenin ağırlığı (g)}$$

$$m = \text{Alınan örnek ağırlığı (g)}$$

3.2.2.3. Mikrobiyolojik Analizler

Üretilen antimikrobiyal özellikli yenilebilir gıda ambalaj filmlerinin petri kaplarındaki mikrobiyolojik analizleri Artek Mühendislik Çevre Ölçüm ve Danışmanlık Hizmetleri Tic. A.Ş. ALS Global Laboratuvarında yapıldı. Bakteri analizlerinde *E. coli* O157:H7 için TS EN ISO 9308-1 metodu ve *Salmonella* spp. için TS EN ISO 19250 metodu kullanıldı (TSE, 2013; TSE, 2014).

Mikrobiyal analizlerde *E. coli* O157:H7 ATCC 33150 için Kromojenik Koliform Agar (Chromogenic Coliform Agar (CCA)) ve *Salmonella* spp. ATCC 14028 için Xylose Lysine Deoxycholate (XLD) Agar kullanıldı. Hazır hale gelen CCA besiyerine *E. coli* O157:H7 ATCC 33150 ve XLD besiyerine ise *Salmonella* spp. ATCC 14028 bakterileri ekilip inkübasyon için 37 °C’deki etüve bırakıldı. İnkübasyon sonrası petri kaplarında üreyen bakterilerin belirli bir kısmı üzerine elde ettiğimiz film solüsyonları döküldü ve bakteri kolonilerinin inhibe olup olmadığı gözlemlendi.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Duyusal Analiz Bulguları

Filmlerin duyusal özellikleri ile ilgili puanlamalar Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: HKN ve OKN filmlerinin duyusal özellik puanları

Kişiler	Birinci Kişi		İkinci Kişi		Üçüncü Kişi		Dördüncü Kişi		Beşinci Kişi	
	HKN Filmi	OKN Filmi	HKN Filmi	OKN Filmi	HKN Filmi	OKN Filmi	HKN Filmi	OKN Filmi	HKN Filmi	OKN Filmi
Görünüş	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Renk	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Kıvam	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Tat ve Koku	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

*1’den 5’e kadar numaralandırılmıştır. Puanlamada 1 en düşük, 5 en yüksek.

4.1.1. Görünüş

Kekik uçucu yağı (*Thymus vulgaris*) yüklenmiş ham ve olgun kudret narı ekstraktlı filmler görünümü tamamen pürüzsüz, düzgün, parlak ve herhangi bir çatlağa, tortuya, topaklanmaya veya gözle görülür bir gözeneğe ise rastlanmamıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Filmlerin düzgün, şeffaf ve parlak görünüşleri

4.1.2. Renk

Üretilen filmlerin kalınlığına bağlı olarak en incesinden en kalınına kadar hepsinin rengi şeffaf olduğu gözlemlenmiştir. Elle tutulduğunda filmin şeffaflığından arkası çok net gözükmetedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Yenilebilir filmlerin renkleri; en incisi (10 mL) ve en kalını (40 mL)

4.1.3. Kıvam

Üretilen filmlerin kıvamı ise oldukça elastik formda ve formülasyonunun düzgün ayarlanmasından dolayı yapışkan değildir. Petri kabından yapışmadan pratik bir şekilde çıkmaktadır (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4).



Şekil 4.3: Yenilebilir filmlerin esnekliği



Şekil 4.4: Yenilebilir filmlerin kıvam ve elastikiyeti

4.1.4. Tat ve Kokusu

Kekik uçucu yağı (*Thymus vulgaris*) yüklenmiş HKN ve OKN ekstraktlı içerikli filmleri ağızda eriyen kaygan, hafif kekik kokulu hoş bir tat bırakmaktadır. Yoğun konsantre bir kekik tadı veya kokusu gelmemektedir (Tablo 4.1).

Yenilebilir filmlerin genellikle tüketici üzerinde olumsuz etki yaratmaması için yapısının mümkün olduğunca renksiz, yüzeyi pürüzsüz ve parlak, saydam, berrak, kokusuz, tatsız, aşınmaya dayanıklı ve esnek olmalıdır. Ayrıca filmin bariyer ve mekanik özelliklerini karşılayabilmeli ve gıda ile uyum göstermelidir (Karagöz, 2007; Lamba vd., 2019; Söğüt ve Seydim, 2017; Yeşiltaş, 2012; Yılmaz, 2014).

Endüstriyel olarak hayvanın deri, kemik ve bağlayıcı dokularındaki lifli bir protein olan kollajenden elde edilen jelatin, bünyesinde bulunan yüksek orandaki prolin, glisin ve hidrokisprolin aminoasitleri sayesinde etkin bir jelleşme özelliği kazanmaktadır. Jelatin doğal yapılardan üretildiğinden sağlıklı ve biyobozunur özellikte bir biyopolimerdir. Jelatin içerikli filmler katıldığı ürüne elastikiyet kazandırma ve kıvam artırma, gıdaları etkin bir gaz bariyeri özelliği ile oksijenden korumak gibi karakteristik özellikleri bulunmaktadır. Lipit gibi hidrofobik bileşenlerin film solüsyona eklenmesiyle de su buharı bariyer özelliği geliştirilmiş olur (Dursun vd., 2010; Koçak vd., 2019; Topuz ve Boran, 2018).

4.2. Fiziko-Kimyasal Analiz Bulguları

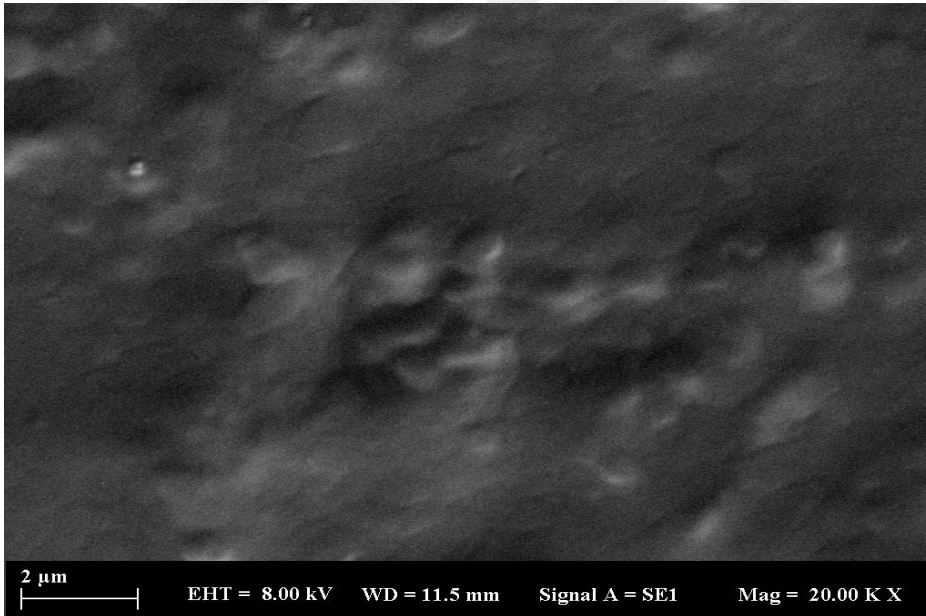
4.2.1. pH Analiz Bulguları

Film solüsyonlarından bakılan pH değerlerine göre HKN pH: 6.43, OKN pH: 6,36 olarak saptandı. pH analizi sonucunda, filmlerin yenilebilir değerler (pH:3 ile 7 arası) kategorisinde olduğu tespit edildi.

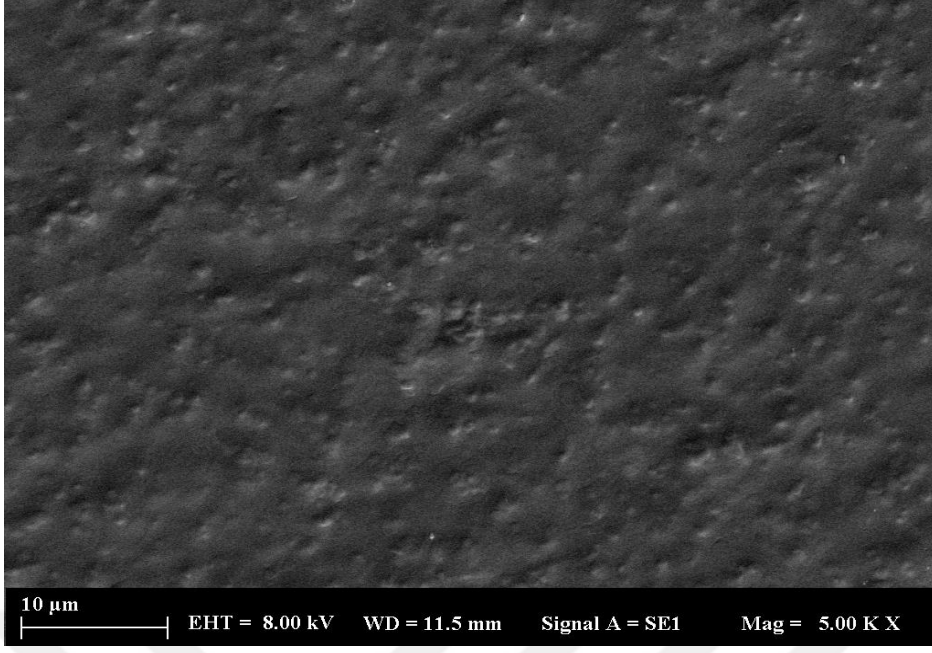
4.2.2. Yüzey Morfolojisi ve Elementel Dağılım Analizi Bulguları

HKN ve OKN filmlerinin yüzey morfolojisi ve elementel dağılımının sonuçları aşağıda verildi. SEM cihazı ile yapılan analizlerde HKN ve OKN filmlerinin yüzeyinde gözenekli bir yapıya rastlanmadı.

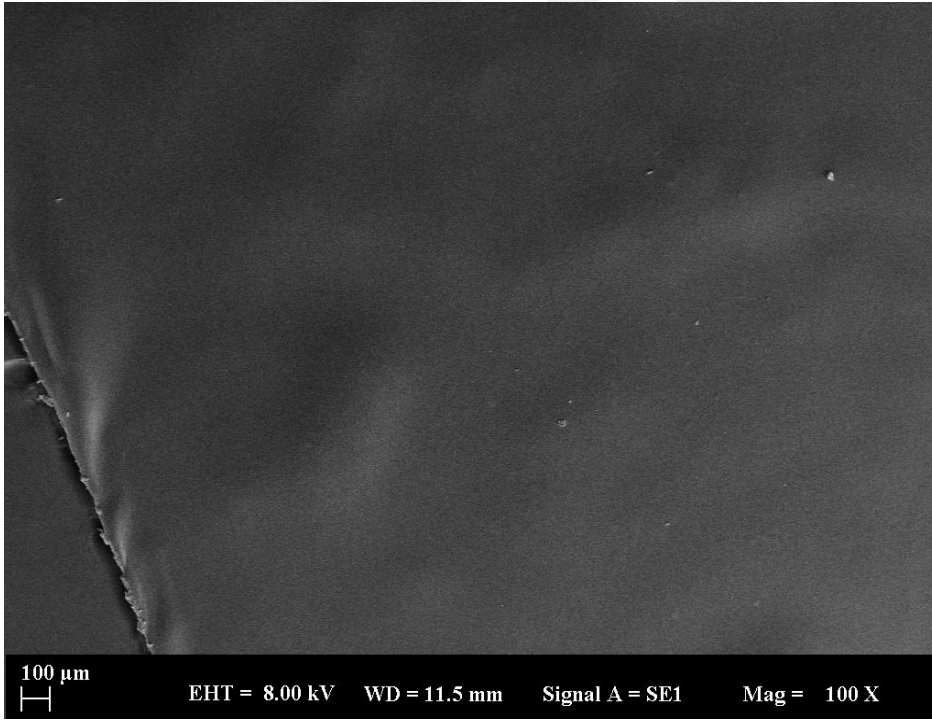
HKN filmlerinin SEM görüntüleri Şekil 4.5, 4.6 ve 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.5: HKN numunesine ait birinci SEM görüntüsü

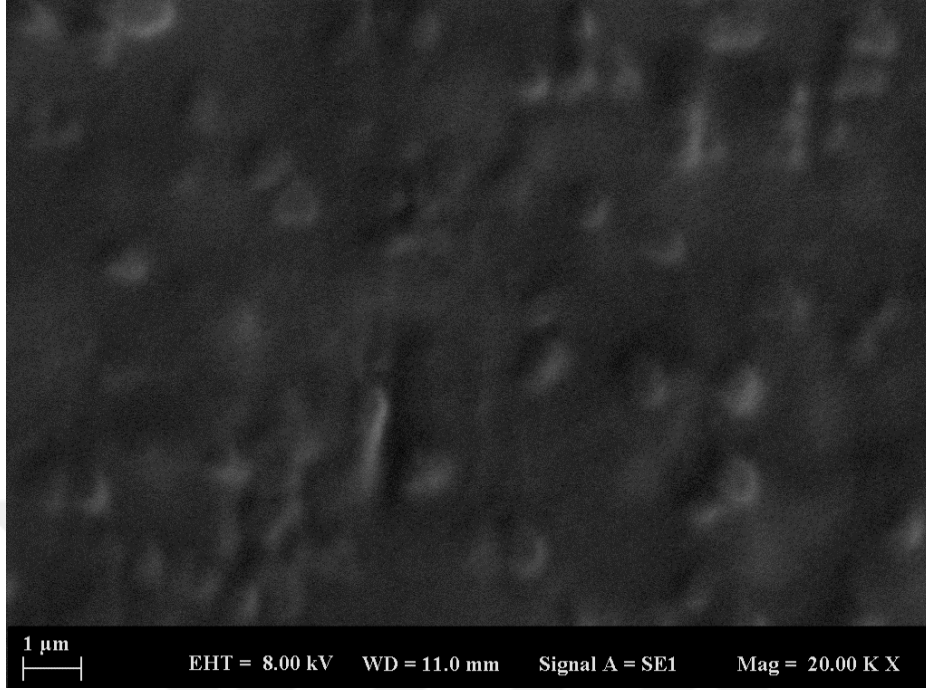


Şekil 4.6: HKN numunesine ait ikinci SEM görüntüsü

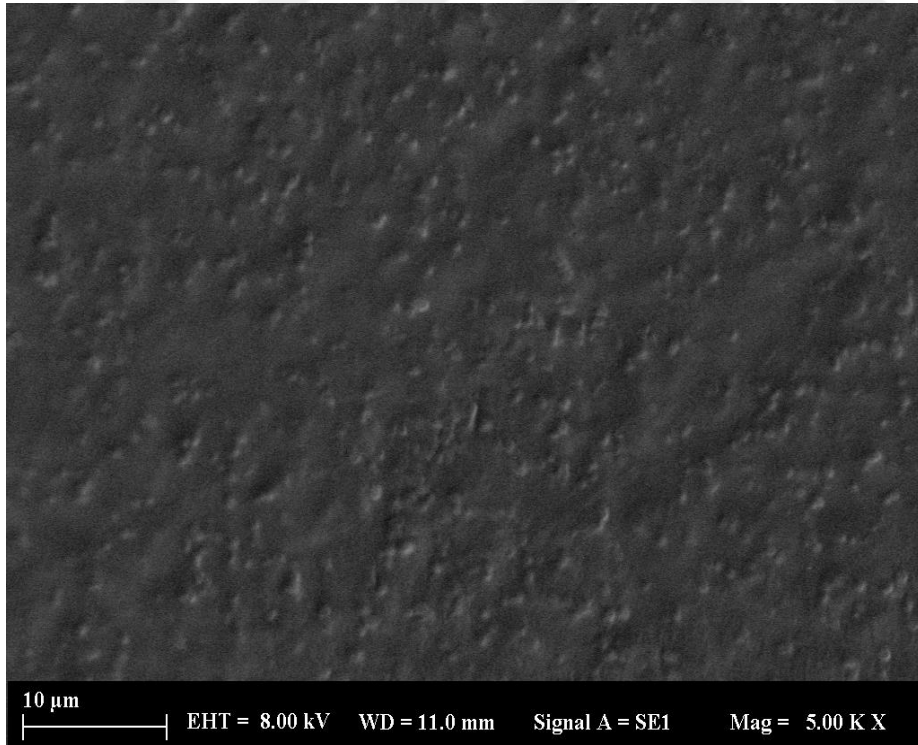


Şekil 4.7: HKN numunesine ait üçüncü SEM görüntüsü

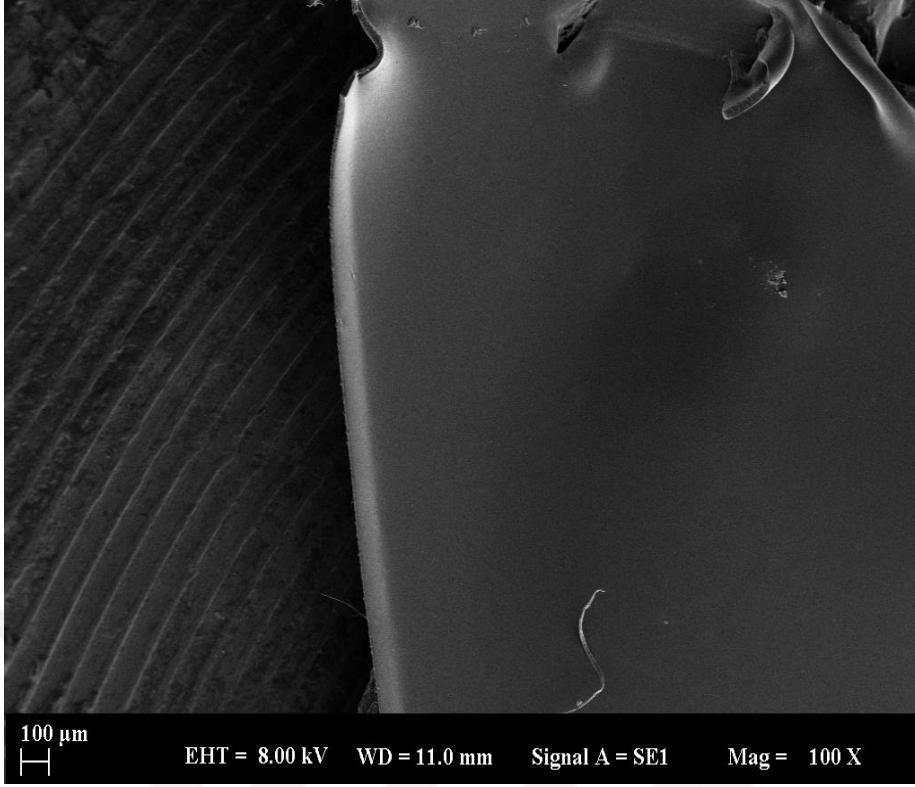
OKN filmlerinin SEM görüntüleri Şekil 4.8, 4.9 ve 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.8: OKN numunesine ait birinci SEM görüntüsü



Şekil 4.9: OKN numunesine ait ikinci SEM görüntüsü

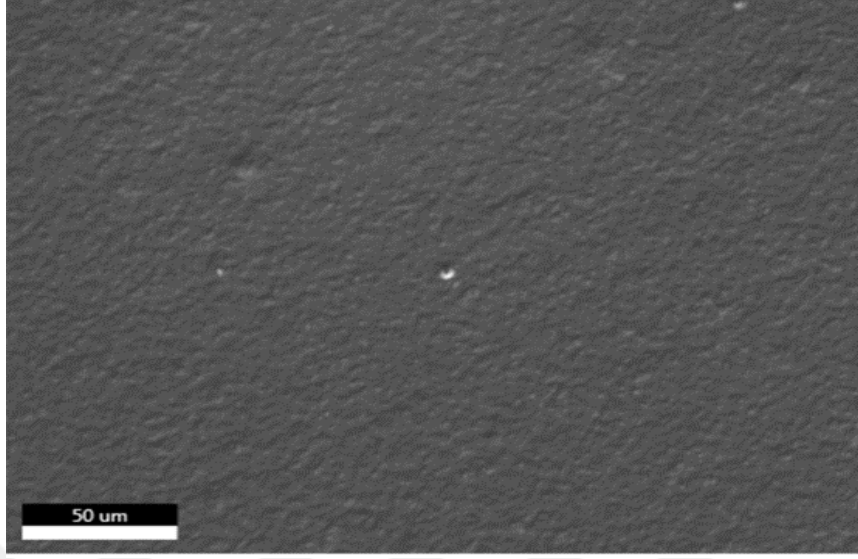


Şekil 4.10: OKN numunesine ait üçüncü SEM görüntüsü

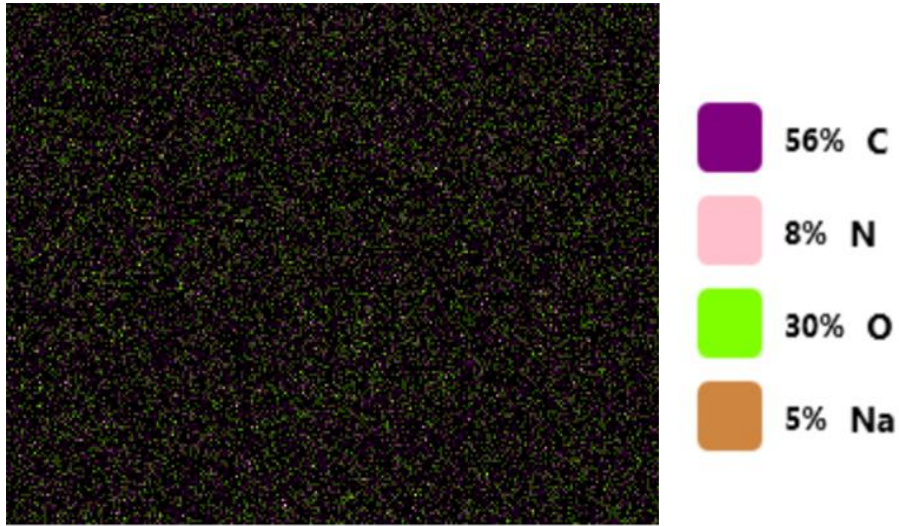
SEM cihazı ile yapılan analizlerle filmlerde gözeneklilik olup oluşmadığına bakılmaktadır. Gözenekli yapının olmaması gaz bariyerinin iyi olduğu anlamına gelmektedir. Diğer bir ifade ile oksijen, nem, aroma ve koku kaybı gibi geçirgenliklerin kontrol altına alınması demektir. Böylece mikrobiyal gelişimin gecikmesini ve raf ömrünün uzamasını sağlamaktadır (Demirci,2020; Türköz ve Erdem, 2019).

EDS cihazı ile yapılan analizlerde HKN ve OKN filmlerin bileşiminde bulunan elementlerin (C, Na, O, N) normal miktarlarda olduğu ve homojen olarak dağıldığı görüldü (Su, 2020).

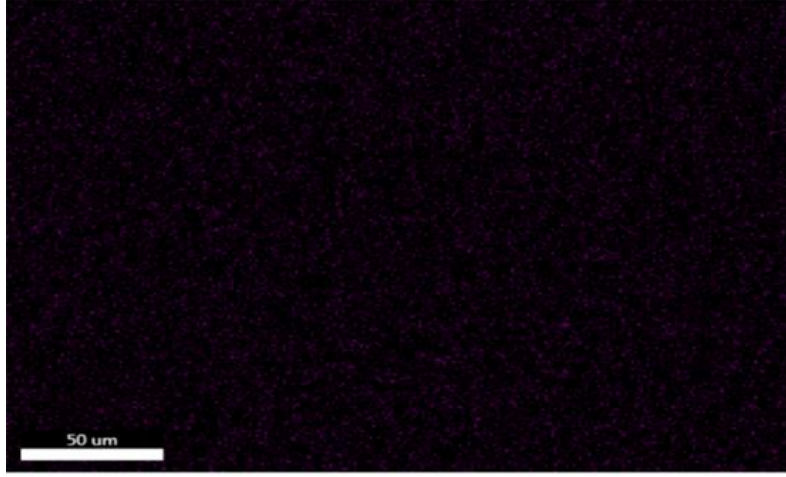
HKN filmlerinin EDS görüntüleri Şekil 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16'da verilmiştir.



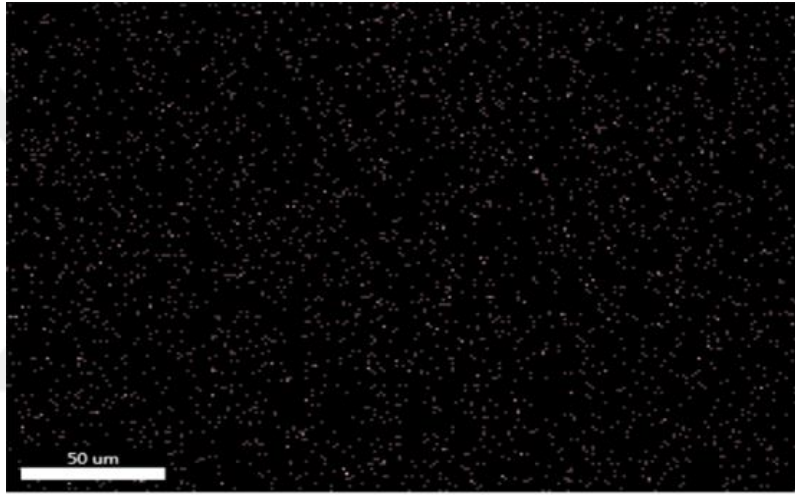
Şekil 4.11: HKN numunesine ait EDS görüntüsü. Numune üzerinde görülen kabarcıklar numunenin yüzeyine gönderilen yüksek enerjili elektronlardan kaynaklıdır.



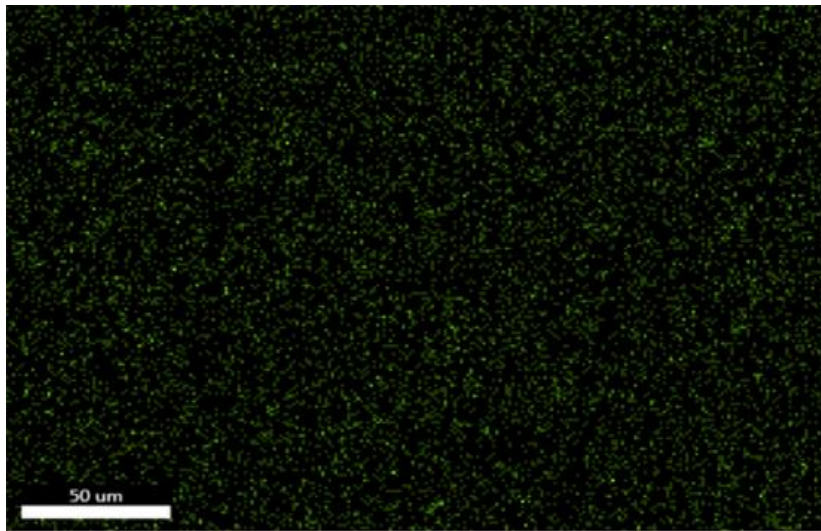
Şekil 4.12: HKN film numunesindeki toplam elementel dağılımı



Şekil 4.13: HKN film numunesindeki C (karbon) elementinin dağılımı



Şekil 4.14: HKN film numunesindeki N (azot) elementinin dağılımı

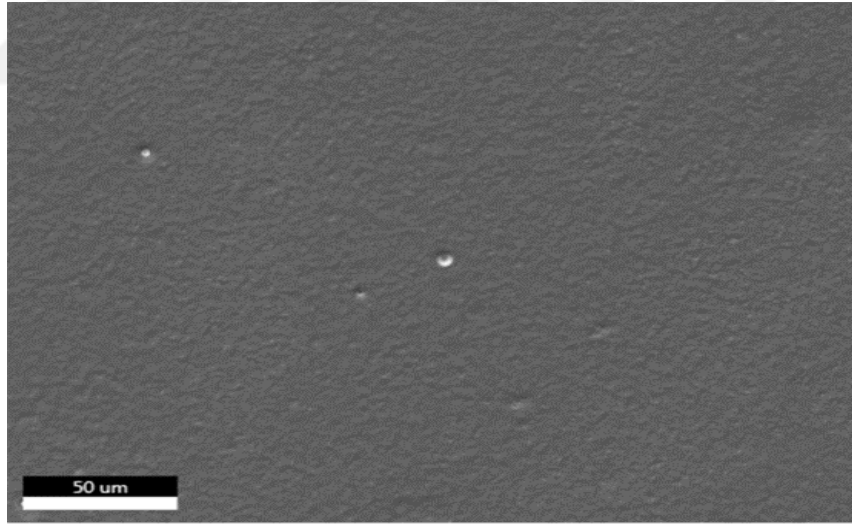


Şekil 4.15: HKN film numunesindeki O (oksijen) elementinin dağılımı

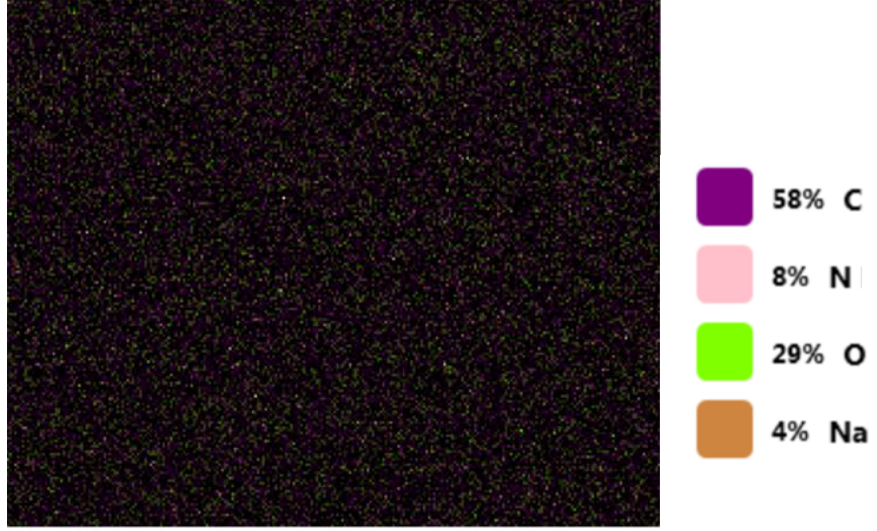


Şekil 4.16: HKN film numunesindeki Na (sodyum) elementinin dağılımı

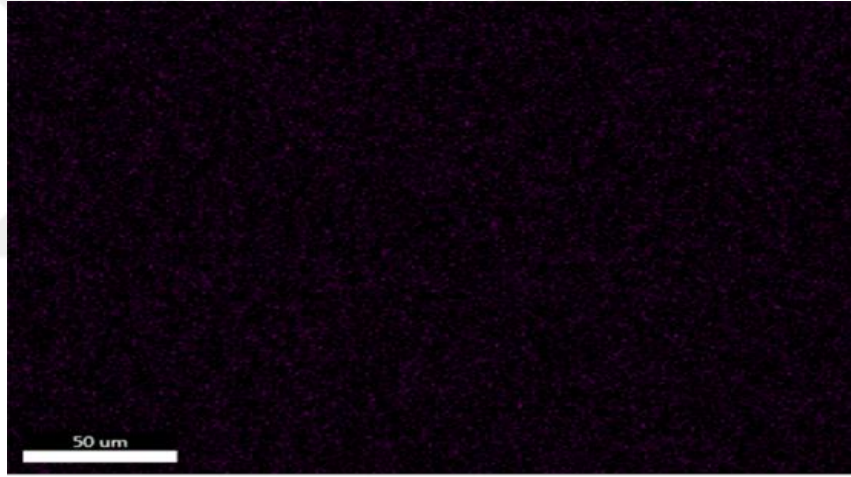
OKN filmlerinin EDS görüntüleri Şekil 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22’de verilmiştir.



Şekil 4.17: OKN numunesine ait EDS görüntüsü. Numune üzerinde görülen kabarcıklar numunenin yüzeyine gönderilen yüksek enerjili elektronlardan kaynaklıdır.



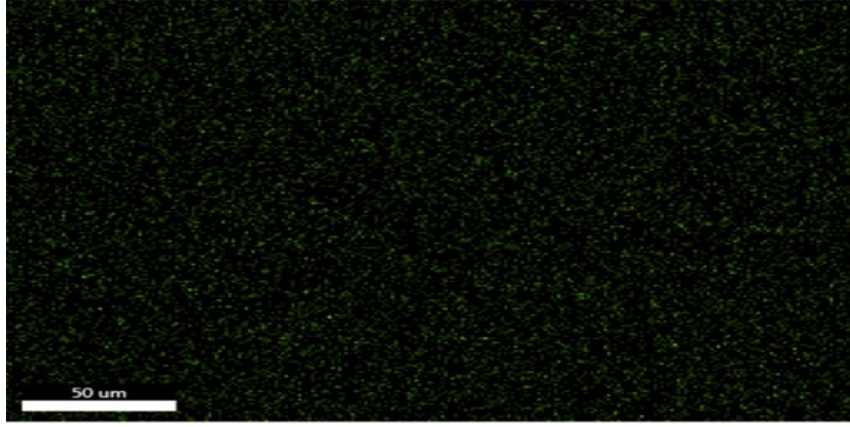
Şekil 4.18: OKN film numunesindeki toplam elementel dağılımı



Şekil 4.19: OKN film numunesindeki C (karbon) elementinin dağılımı



Şekil 4.20: OKN film numunesindeki N (azot) elementinin dağılımı



Şekil 4.21: OKN film numunesindeki O (oksijen) elementinin dağılımı



Şekil 4.22: OKN film numunesindeki Na (sodyum) elementinin dağılımı

Kazein katkıli biyobozunur gıda ambalaj filmleri besinsel değeri yüksek, şeffaf görümlü, kokusuz ve esnektir. Filmin yapısına katılan kazein diğere proteinler gibi filmdeki gözenekliliğı en aza indirmektedir. Gıda ürünündeki oksijen varlığını kontrol altında tutarken, tat ve aromayı oluşturan uçucu bileşiklerin kaybını önlemek için gaz geçişlerini etkin bir şekilde bloke etmektedir (Mihalca, 2021; Sarıkuş 2006). Nitekim çalışmamızda da üretmiş olduğumuz filmlerin şeffaf ve esnek olduğu ayrıca gözenekliliğinin olmadığı görülmüştür.

4.2.3. Kül Tayini Bulguları

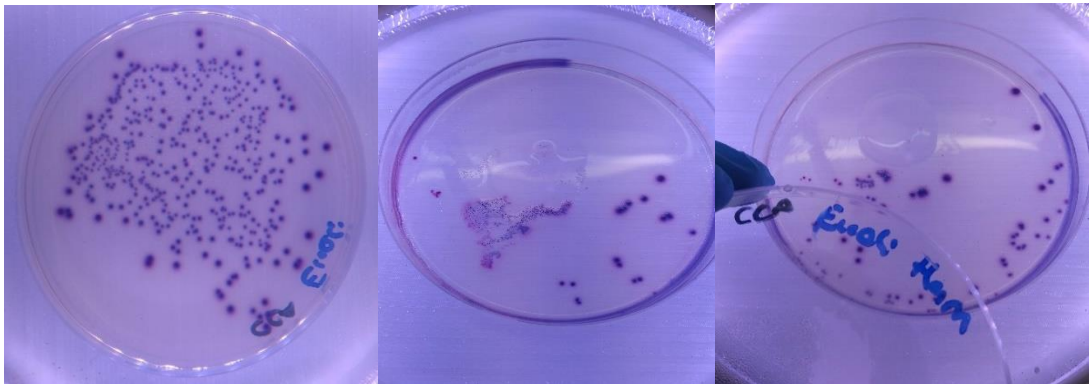
Kül tayini numuneleri tartım sonuçları formüle yerleştirildi ve sonuçları %0 olarak hesaplandı. Kül tayini, biyobozunur özellikteki antimikrobiyal yenilebilir filmlerinin tamamen organik bileşenlerden elde edildiğini kanıtlamak için yapıldı.



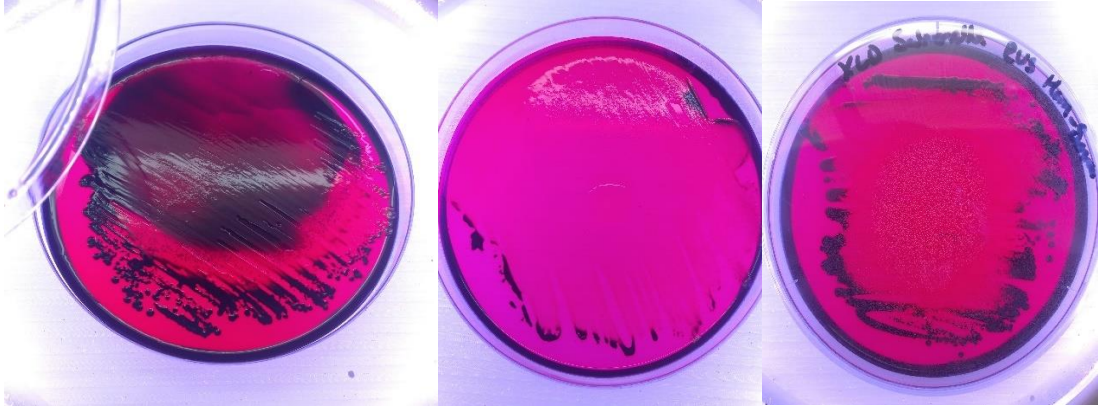
Şekil 4.23: Kül analizi sonunda fırından alından numuneler.

4.3. Mikrobiyolojik Analiz Bulguları

Antimikrobiyal özellikli yenilebilir gıda ambalaj filmleri petri kaplarında üremiş olan *E. coli* O157:H7 ve *Salmonella* spp. patojen bakterileri üzerinde çok yüksek bir antimikrobiyal etki gösterip bakterilerin tamamının gelişimlerini inhibe ettiği gözlemlendi. *E. coli* O157:H7 bakterisinin inhibisyonu Şekil 4.24'de, *Salmonella* spp. türlerinin inhibisyonu ise Şekil 4.25'de gösterildi.



Şekil 4.24: Yenilebilir gıda ambalaj filmlerinin *E. coli* O157:H7 üzerindeki antibakteriyel etkisi. Orijinal görünümü- OKN filmi- HKN filminin etkisi



Şekil 4.25: Yenilebilir gıda ambalaj filmlerinin *Salmonella* spp. Üzerindeki antibakteriyel etkisi. Orijinal görünümü- OKN filmi- HKN filminin etkisi

Protein bazlı oluşturulan filmlerin kudret narındaki fenolik bileşikler ve kekik uçucu yağı yüklenerek zenginleştirilmesiyle her iki bakteri üzerinde belirli bir antimikrobiyal etki sağlamıştır.

Söğüt'ün (2018) yaptığı çalışmada üzüm çekirdeği tozundan fenolik bileşikleri ekstrakte ederek %5, %10, %15 oranlarında kitosanlı filmlere eklenmiş ve hazırlanan üç farklı gıda ambalaj filmleri ile tavuk göğsü filetoları ambalajlanmıştır. Antimikrobiyal aktivite değerleri üzüm çekirdeği ekstraktının artışına bağlı olarak mikrobiyal azalmada artış gözlemlenmiştir. Söğüt'ün (2018) yaptığı filmlerin antimikrobiyal test sonuçlarının *E. coli* üzerinde antimikrobiyal etki üretmiş olduğumuz filmlere antimikrobiyal etkiye paralel bir test sonucu elde edilmiştir.

Kavas ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada peynir altı suyu tozu ile oluşturulan filmlere kekik ve karanfil uçucu yağları eklenmiş ve kontamine edilmiş kaşar peynirlerine kaplandıktan sonra mikrobiyal yüklerindeki azalma takip edilmiştir. Bu çalışmada kekik uçucu yağı kullanılarak üretilen film sonuçları ile üretilmiş olduğumuz filmlerimizin *E. coli* bakterisi üzerindeki antimikrobiyal test sonuçları uyumlu bulunmuştur.

Bir başka çalışmada (Yılmaz, 2014) ise kekik esansiyel yağı içeren kitosan filmlerin hazırlanan *L. acidophylus*, *E. coli*, *L. monocytogenes*, *A. hydrophila* ve *S. aureus* bakterileri üzerindeki etkileri incelenmiş ve *E. coli* bakterisine karşı göstermiş olduğu

antimikrobiyal aktiviteyle üretmiş olduğumuz filmlerin antimikrobiyal aktivitesinin benzer olduğu gözlemlenmiştir.

Literatürlerde yer alan çalışmalarda kudret narı meyvesinde bulunan fenolik bileşiklerin patojen mikroorganizmaları yüksek oranda inhibe ettikleri saptanmıştır. Özellikle etanol ve metanol ile ekstrakte edilmiş kudret narı yapraklarının *Escherichia coli*, *Salmonella paratyphi* ve *Shigella dysenterae* gibi birçok mikroorganizmaya karşı etkili bir antimikrobiyal aktivite gözlemlenmiştir (Şahin, 2007; Kültür, 2007). Nitekim elde ettiğimiz filmlerin formülasyonuna eklenen fenolik bileşikler, kudret narı meyvelerinin etanol ile ekstraktı sonucu elde edilmiş ve filmlerin mikrobiyal analiz sonuçlarına bakıldığında *Escherichia coli* ve *Salmonella* spp. bakterileri üzerinde önemli bir düzeyde azalma göstererek antimikrobiyal aktivitelerinin benzer şekilde etkili olduğu saptanmıştır.

Yapılan birçok çalışmada, Thyme kekik uçucu yağının, antibiyotiklere dirençli mikroorganizmalara karşı yüksek oranda antimikrobiyal aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Başyigit vd., 2017; Bozdemir, 2019; İli, 2003; Karagöz, 2007). Kıyaslayacak olursak, üretmiş olduğumuz HKN ve OKN filmlerinin de formülasyonuna eklediğimiz *Thymus vulgaris* kekik uçucu yağının patojen olan *E. coli* ve *Salmonella* bakterilerini inhibe ettiği gözlemlenmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada, ham ve olgun kudret narı ekstraktı (*Momordica charantia*) ile zenginleştirilmiş biyobozunur özellikteki antimikrobiyal etkisi yüksek yenilebilir nanokompozit gıda ambalaj filmi üretilmiştir. Bu amaçla tasarlanan gıda ambalaj filmlerinin uygulanan analizler sonucu başarılı oldukları kanıtlanmıştır. Çalışmamızda üretilen HKN ve OKN filmlerinin ayırt edilemeyecek kadar birbirlerine çok yakın özelliklerde olduğu görülmüştür.

Biyobozunur özellikteki yenilebilir antimikrobiyal gıda ambalaj filmlerinin düzgün, parlak ve pürüzsüz bir görünüme sahip, şeffaf renkli, elastik formda yapışkan olmayan, kekik kokulu ve hoş bir tadı olan ürün elde edilmiştir. Filmlerin pH analizi sonucunda, yenilebilir değerler (pH: 3 ile 7 arası) kategorisinde olduğu saptanmıştır. SEM/EDS sonuçlarına göre HKN ve OKN ekstraktı eklenmiş filmlerin yapısında bulunan proteinler ve kekik uçucu yağı sayesinde yüzey morfolojisinde herhangi bir gözenekli yapıya rastlanmamıştır. Bu durumda, iyi bir gaz bariyeri ile oksijen nem, aroma ve koku kaybının önlenmesini sağlamaktadır. Böylece mikrobiyal gelişiminin gecikmesini ve raf ömrünün uzamasını, aroma ve koku kaybının önlenmesini sağlamaktadır. Kül analizi sonucu filmlerin organik bir gıda ambalaj filmi olan yani biyobozunur özellikli yapıda üretildiği belirlenmiştir. Kekik uçucu yağının ve HKN/OKN' deki fenolik bileşiklerin ekstraktları ile filmlere kazandırılan yüksek antimikrobiyal aktivite ile patojen bakteriler üzerindeki çok kuvvetli bir etki göstererek tamamının gelişimlerini inhibe ettiği kanıtlanmıştır.

Sonuç olarak, kimyasal maddelerinin kullanımını azaltacak ve/veya ortadan kaldıracak ve plastik ambalaja alternatif olarak biyobozunur özellikteki antimikrobiyal yenilebilir nanokompozit gıda ambalaj filmi başarıyla üretilmiştir.

İleri zamanda ise filmlerin farklı gıda madde maddeleri üzerinde ambalaj niteliğinde deneyip, gıdalar üzerindeki etkileri ve süreçleri takip edilecektir. Bu filmlerin üzerine bir laminasyon (alüminyum folyo, parşömen vb.) söz konusu olup olamayacağı araştırmaları yapılacaktır. Filmlerin gerilme kuvveti ve kopma mukavemeti analizleri gibi mekanik dayanımın çalışmaları yapılacaktır. Migrasyon analizleri, gıda ürünlerindeki oksidasyonu için antioksidan analizlerine, yağ, gaz ve nem geçirgenlikleri için de bariyer analizleri yapılarak süreçlerin takip edildiği bir çalışma yapılacaktır. Işık ile etkileşime girerek istenmeyen reaksiyonlara sebep olacak gıda

ürünleri için uygunluğu incelenecek gerekirse geliştirilecektir. Mikrobiyolojik analizler sonucu bakteriler üzerinde belirli bir inhibisyonu gözlemlenen filmlerin ilerde disk yöntemi ile daha detaylı bir şekilde antimikrobiyal aktivitesi sonuçları eklenecektir. Bu çalışmalar sonucunda, çalışmamızda laboratuvarında pratik olarak ürettiğimiz filmlerin endüstriyel olarak üretilmesi ve gıda sanayi kullanımına sunulmasının mümkün olabileceğini düşünmekteyiz.



KAYNAKÇA

- Anilakumar, K., Kumar, G. ve Ilaiyaraja, N. (2015). "Nutritional, Pharmacological and Medicinal Properties of *Momordica charantia*". *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 4 (1): 75-83.
- Anonim (2021). Geri Dönüşüm Konusunda En Başarılı Ülkeler. <https://www.netpakambalaj.com/tr/geri-donusum-konusunda-en-basarili-ulkeler-h-37>. [Erişim Tarihi: 3 Mart 2021.]
- Anonymous (2020). Ooho! Edible and biodegradable. The alternative to plastic. <https://www.notpla.com/products-2/>. [Erişim Tarihi: 10 Aralık 2020.]
- Anonymous (2021). Bioplastics market data. <https://www.european-bioplastics.org/market/>. [Erişim Tarihi: 2 Şubat 2021.]
- Arfat, Y. A., Benjakul, S., Vongkamjan, K., Sumpavapol, P., Yarnpakdee, S. (2015). "Shelf-life extension of refrigerated sea bass slices wrapped with fish protein isolate/fish skin gelatin-ZnO nanocomposite film incorporated with basil leaf essential oil". *Journal of Food Science and Technology*, 52(10): 6182-6193.
- Arslanoğlu, F., Hendekci A. (2012). "İlman İklim Koşullarında Kudret Narının (*Momordica charantia* L.) Yetiştirilebilmesi Üzerine Bir Araştırma". *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5 (2): 1-5.
- Ayana, B., Turhan, K.N. (2010). "Gıda Ambalajlamasında Antimikrobiyel Madde İçeren Yenilebilir Filmleri Kaplamalar ve Uygulamaları". *Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Bölümü, Derleme*, 35(2): 151-158.
- Bahtimur, E.D. (2018). "*Limon Kabuklarından Antimikrobiyal Özellikli Yenilebilir Film Üretimi ve Karakterizasyonu*". (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Baldemir, A., Ekinci, K., İlgün, S., Dalda, A., Yetişir, H. (2018). "*Momordica charantia* L. (Kudret narı) meyvelerinin toplam fenolik madde içerikleri ve antioksidan kapasitelerinin değerlendirilmesi". *Derim*, 35(1): 45-50.

- Başıyigit, B., Hayoğlu, İ., Atasoy, F. (2017). “Kekik Esansiyel Yağı ve Mikroenkapsülasyon Uygulamaları”. *Batman University Journal of Life Sciences*, 7(1-2): 63-70.
- Baysal, G., Doğan F. (2020). “İnvestigation and preparation of biodegradable starch-based nanofilms for potential use of curcumin and garlic in food packaging applications”. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 31(9): 1127-1143.
- Baysal, S. (2019). “Beyaz Peynirde Enstrümental Tekstür ve Duyusal Analizler Arasındaki Korelasyonun Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma”. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Becerril, R., Gómez-Lus, R., Goñi, P., López, P., Nerín, C. (2007). “Combination of Analytical and Microbiological Techniques To Study The Antimicrobial Activity of A New Active Food Packaging Containing Cinnamon or Oregano Against *E. coli* and *S. aureus*”. *Anal Bioanal Chem.*, 388(5-6):1003-1011.
- Bosnalı, S., Özdestan Ocak Ö. (2019). “Gıda Sanayiinde Kullanılan Uçucu Yağların Mikroenkapsülasyon Uygulamaları”. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(7): 846-853.
- Bourtoom, T. (2008). “Edible films and coatings: characteristics and properties”. *International Food Research Journal*, 15(3).
- Bozdemir Ç. (2019). “Türkiye’de Yetişen Kekik Türleri, Ekonomik Önemi ve Kullanım Alanları”. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3): 583-594. DOI: 10.29133/yyutbd.511777.
- Burt, S. (2004). “Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: A Review”. *Int. J. Food Microbiol.*, 94:223-53.
- Burt S. A., Reinders R. D. (2003). “Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7”. *Lett Appl Microbiol.*, 36(3):162-67.
- Candan, T., Bağdatlı, A. (2018). “Gıda Ürünlerinde Yenilebilir Film ve Kaplama Uygulamaları”. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi/ El-Cezerî Journal of Science and Engineering ECJSE*, 5(2): 645-655.

- Çelik, İ., Tümer G. (2016). “Gıda Ambalajlamada Son Gelişmeler”. *Akademik Gıda Dergisi*, 14(2): 180-188.
- Çinibulak, P. (2010). “Gıda Ambalajlarında Migrasyon”. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Çokaygil, Z. (2013). “Portakal Kabuklarından Biyobozunur Nanokompozit Film Üretilmesi ve Gıda Ambalajı Olarak Değerlendirilmesi”. (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Dallas, P., Sharma, V. K., Zboril, R. (2011). “Silver polymeric nanocomposites as advanced antimicrobial agents: Classification, synthetic paths, applications, and perspectives”. *Advances in Colloid and Interface Science*, 166(1-2): 119-135.
- Demircan, B., Ocak Ö. Ö. (2019). “Gıda Katkı Maddelerinin Yenilebilir Film ve Kaplamalar Kullanılarak Taşınmasının Günümüzde ve Gelecekteki Uygulama Potansiyeli”. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(2):130-150.
- Demirci, C., Baysal, G. (2020). “Taurin Ekstraktı ile Biyopolimer Gıda Ambalaj Filmlerinin Sentezi, Antimikrobiyal ve Migrasyon Özelliklerinin İncelenmesi”. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul.
- Díaz-Montes, E., Castro-Muñoz, R. (2021). “Edible Films and Coatings as Food-Quality Preservers: An Overview”. *Foods Journal*, 10(2): 249. <https://dx.doi.org/10.3390/foods10020249>
- Dicastillo, C. L., Velásquez, E., Rojas A., Guarda A., Galotto M.J. (2020). “The use of nanoadditives within recycled polymers for food packaging: Properties, recyclability, and safety”. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4): 1760-1776. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12575>.
- Dursun, S., Erkan, N. (2009). “Yenilebilir Protein Filmler ve Su Ürünlerinde Kullanımı”. *Journal of Fisheries Sciences*, 3(4): 352-373.
- Dursun, S., Erkan, N., Yeşiltaş, M. (2010). “Doğal Biyopolimer Bazlı (Biyobozunur) Nanokompozit Filmler ve Su Ürünlerindeki Uygulamaları”. *Journal of Fisheries Sciences*, 4(1): 50-77.

- Elibal B. (2009). “*Kanola Yağından Kudret Narı Yağ Asitleri (KLNA) ile Yapılandırılmış Yağ Üretimi ve Reaksiyon Koşullarının Optimizasyonu*”. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Feyzioğlu, G. C. (2016). “*Satureja hortensis L. Uçucu Yağı Yüklenmiş Kitosan Nanopartiküllerinin ve Kitosan Filmlerin Üretimi ve Karakterizasyonu*”. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Günkaya, Z., Demirel R., Banar M. (2016). “Portakal kabuğu atıklarından üretilen biyokompozit ambalaj filminin aflatoksinlere karşı etkisinin incelenmesi”. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 22(6): 513-519.
- Gölkücü, M., Toker, R., Ayas, F., Çınar N. (2014). “Some physical and chemical properties of bitter melon (*Momordica charantia L.*) seed and fatty acid composition of seed oil”. *Derim*, 31(1): 17-24.
- Grover, J.K., Yadav, S.P. (2004). “Pharmacological Actions and Potential Uses of *Momordica charantia*: A Review”. *Journal of Ethnopharmacology*, 93:123-132.
- Hong, S.I., Lee, J.W., Son, S.M. (2005). “Properties of polysaccharide-coated polypropylene films as affected by biopolymer and plasticizer types”. *Packag Technol Sci.*, 18:1-9.
- Hong, S. I., Rhim, J. W. (2012). “Preparation and properties of melt-intercalated linear low density polyethylene/clay nanocomposite films prepared by blow extrusion”. *LWT - Food Sci. and Technology*, 48(1): 43-51.
- Ishiaku, U. S., Pang, K. W., Lee, W. S., Ishak, Z. A. M. (2002). “Mechanical properties and enzymic degradation of thermoplastic and granular sago starch filled poly(ϵ -caprolactone)”. *European Polymer Journal*, 38(2): 393-401.
- İli, P. (2003). “Bazı Tıbbi Bitkilerin Kimyasal İçerikleri ve Hayvanlara Etkileri”. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.

- Jideani, V. A., Vogt, K. (2016). "Antimicrobial Packaging for Extending the Shelf Life of Bread-A Review". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(8): 1313-1324.
- Joerger, R. D. (2007). "Antimicrobial films for food applications: A quantitative analysis of their effectiveness". *Packag Technol Sci.*, 20:231-73.
- Karagöz, Ş., Demirdöven, A. (2017). "Gıda Ambalajlamada Güncel Uygulamalar: Modifiye Atmosfer, Aktif, Akıllı ve Nanoteknolojik Ambalajlama Uygulamaları". *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD)*, 6(14): 9-21
- Karagöz, Z. (2007). "Antimikrobiyal Özellikteki Yenilebilir Filmlerin Taze Sığır Etinin Mikrobiyolojik ve Renk Stabilitesine Etkileri". (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Kavas, G., Kavas, N., Saygılı, D. (2015). "The Effects Of Thyme And Clove Essential Oil Fortified Edible Films On The Physical, Chemical And Microbiological Characteristics Of Kashar Cheese". *Journal of Food Quality*, 38: 405-412.
- Kazemi, S. M., Rezaei, M. (2015). "Antimicrobial Effectiveness Of Gelatin-Alginate Film Containing Oregano Essential Oil For Fish Preservation". *Journal of Food Safety*, 35: 482-490.
- Kılınç, B., Sürengil, G. (2015). "Taze alabalık filetoalarının gümüş antimikrobiyal yenilebilir film kaplanarak bozulmaya neden olan bakterilerin tanımlanması". *Su Ürünleri Dergisi/ Ege J. Fish Aqua Sci*, 32(4): 183-192.
- Kılınç, M., Tomar, O., Çağlar, A. (2017). "Biyobozunur Ambalaj Malzemeleri". *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, sayı 17: 998-996.
- Koçak S., Akkaya E, Kalemtaş A. (2019). "Jelatin Esaslı Gıda Ambalajları". *Plastik & Ambalaj Teknolojisi Dergisi*. 27-32.
- Krasaekoopt, W., Mabumrung, J. (2008). "Microbiological Evaluation of Edible Coated Fresh-Cut Cantaloupe". *Nat. Sci*, 42: 552-557.

- Kristo, E., Koutsoumanis, K. P., Biliaderis, C. G. (2008). "Thermal, mechanical and water vapor barrier properties of sodium caseinate films containing antimicrobials and their inhibitory action on *Listeria monocytogenes*". *Food Hydrocolloid*, 22(3): 373-86.
- Kültür, Ş. (2007). "Medicinal plants used in Kırklareli province (Turkey)". *Journal of Ethnopharmacology*, 111: 341-364.
- Lamba, A., Garg, V. (2019). "Recent innovations in food packaging: A Review". *International Journal of Food Science and Nutrition*, 4(2);123-129.
- Liu, J., Liu, S., Wu, Q., Gu, Y., Kan, J., Jin, C. (2017). "Effect of protocatechuic acid incorporation on the physical, mechanical, structural and antioxidant properties of chitosan film". *Food Hydrocolloids*, 73, 90-100.
- Liu, Y., Cai, Y., Jiang, X., Wu, J., Le, X. (2016). "Molecular interactions, characterization and antimicrobial activity of curcumin-chitosan blend films". *Food Hydrocolloids*, 52, 564-572.
- Liu, C. H., Yen, M.H., Tsang, S. F., Gan, K. H., Hsu, H. Y. ve Lin, C. N. (2010). "Antioxidant triterpenoids from the stems of *Momordica charantia*". *Food Chemistry*, 118: 751–756.
- Mangiacapra, P., Gorrasi, G., Sorrentino, A. ve Vittoria, V. (2006). "Biodegradable nanocomposites obtained by ball milling of pectin and montmorillonites". *Carbohydrate Polymers*, 64, 516-523.
- Mao, X., Nguyen, T.H.D., Lin, M., Mustapha A. (2016). "Engineered Nanoparticles as Potential Food Contaminants and Their Toxicity to Caco-2 Cells". *J. Food Sci*, 81(8): 2107- 2113.
- Mathew, S., Abraham, T. E. (2008). "Characterisation of ferulic acid incorporated starch-chitosan blend films". *Food Hydrocolloids*, 22(5): 826-835.
- Matiacevich, S., Acevedo, N., López, D. (2015). "Characterization of Edible Active Coating Based On Alginate–Thyme Oil–Propionic Acid For The Preservation of Fresh Chicken Breast Fillets". *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 2792–2801.

- Mihalca, V., Kerezsi, A. D., Weber, A., Gruber-Traub, C., Schmucker, J., Vodnar, D. C., Dulf, F.V., Socaci, S.A., Farcas, A., Mureşan, C. I., Suharoschi, R., Pop, O. L. (2021). “Protein-Based Films and Coatings for Food Industry Applications”. *Polymers*, 13: 769. <https://doi.org/10.3390/polym13050769>.
- Nazlı, Bülent. “Süt Teknolojisi”. İstanbul: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Yayını, 2018, 27-30.
- Nidhin, S., Ananthakrishnan, U., Amith, S., Kalody, H.A. (2019). “Review on Recent Developments and Future Scope in using Biodegradable Materials for Food Packaging”. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 8, Issue 04, p: 474-478, April, <http://www.ijert.org>, ISSN: 2278-0181, IJERTV8IS040298.
- Nile, S. H., Başkar, V., Selvaraj D., Nile, A., Xiao, J., Kai, G. (2020). “Nanotechnologies in Food Science: Applications, Recent Trends, and Future Perspectives”. *Nano-Micro Lett.*, 12-45. <https://doi.org/10.1007/s40820-020-0383-9>
- Onaç, H. (2009). “*Bazı Gıda Katkı Maddeleri Kullanılarak Ceviz Ezmesinin Raf Ömrünün Uzatılması*”. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Otoni, C.G., Avena-Bustillos, R.J., Azeredo, H.M.C, Lorevice, M.V., Moura, M.R., Mattoso, L. H. C., McHugh T.H. (2017) “Recent Advances on Edible Films Based on Fruits and Vegetables—A Review”. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety/ Institute of Food Technologists*, 6:1151-1169. Doi: 10.1111/1541-4337.12281
- Pandey, J. K., Raghunatha Reddy, K., Pratheep Kumar, A., Singh, R. P. (2005). “An overview on the degradability of polymer nanocomposites”. *Polymer Degradation and Stability*, 88(2): 234-250.
- Peelman, N., Ragaert, P., De Meulenaer, B., Adons, D., Peeters, R., Cardon, L., Impe, F. V., Devlieghere, F. (2013). “Application of Bioplastics for Food Packaging”. *Trends in Food Science & Technology*, 32(2), 128–141. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.06.003>.

- Perreira, D. A., Cruz, J. M., Losada, P. P. (2012). "Active and Intelligent Packaging for the Food Industry". *Food Reviews International*, 28(2): 146-187. <http://dx.doi.org/10.1080/87559129.2011.595022>.
- Quintavalla, S., Vicini, L. (2002). "Antimicrobial food packaging in meat industry". *Meat Science*, 62(3): 373-380.
- Ramos, M., Valdés, A., Mellinas, A., Garrigós, M. (2015). "New Trends in Beverage Packaging Systems: A Review". *Beverages*, 1(4): 248-272.
- Rubentheren, V., Ward, T. A., Chee, C. Y., Nair, P. (2015). "Physical and chemical reinforcement of chitosan film using nanocrystalline cellulose and tannic acid". *Cellulose*, 22(4): 2529-2541.
- Rydz, J., Musioł, M., Zawidlak-w, B., & Sikorska, W. (2018). "Present and Future of Biodegradable Polymers for Food Packaging Applications". In *Biopolymers for Food Design*, p: 431-467. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811449-0/00014-1>.
- Sarıkuş, G. (2006). "Farklı Antimikrobiyal Maddeler İçeren Yenilebilir Film Üretimi ve Kaşar Peynirinin Muhafazasında Mikrobiyal İnaktivasyona Etkisi". (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Sarioğlu, T., Öner, Z. (2006). "Yenilebilir Filmlerin Kaşar Peynirinin Kaplanması Kullanılma Olanakları ve Peynir Kalitesi Üzerine Etkileri". *Gıda Dergisi/ The Journal of Food*, 31(1): 3-10.
- Shankar, S., & Rhim, J.W. (2018). Bionanocomposite Films for Food Packaging Applications. Reference Module in Food Science. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.21875-1>
- Shivam, P. (2016). "Recent Developments on biodegradable polymers and their future trends". *Int. Res. J. of Science & Engineering*, 4(1): 17-26.
- Sinha Ray, S., Okamoto, M. (2003). "Polymer/layered silicate nanocomposites: A review from preparation to processing". *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 28(11): 1539-1641.

- Smolander, M., Chaudhry, Q., Castle, L., Watkins, R. “*Nanotechnologies in food packaging*”. In *Nanotechnologies in food*, (Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry RSC, 2010), 86-101.
- Söbeli, C., Uyarcan, M., Kayaardı, S. (2019). “Biyobozunur Ambalaj Materyalinin Gıda Endüstrisinde Kullanımı”. *Plastik & Ambalaj Teknolojisi Dergisi*. 57-64.
- Södergård, A., Stolt, M. (2002). “Properties of lactic acid based polymers and their correlation with composition”. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 27(6): 1123-1163.
- Söğüt, E. (2018). “*Antioksidan, Antimikrobiyal Özellik Kazandırılmış Nanokompozit Filmlerin Geliştirilmesi ve Gıda Uygulamaları*”. (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Söğüt, E., Seydim, A. C. (2017). “Biyobazlı Nanokompozitler ve Gıda Ambalajlamadaki Uygulamaları”. *Gıda Dergisi/ The Journal of Food*, 42(6):821-833. doi: 10.15237/gida.GD17084
- Su L., Li Y., Liu Y., Ma R., Liu Y., Huang F., An Y., Ren Y., Mei H.C., Busscher H.J., Shi L. (2020). “Antifungal-Inbuilt Metal–Organic-Frameworks Eradicate *Candida albicans* Biofilms”. *Advanced Functional Materials*. 30(28): 11. <https://doi.org/10.1002/adfm.202000537>.
- Sun, Q., Sun, C., Xiong, L. (2013). “Mechanical, barrier and morphological properties of pea starch and peanut protein isolate blend films”. *Carbohydrate Polymers*, 98(1): 630-637.
- Şahin, G. (2007). “Türkiye’den Toplanan Bazı *Paeonia* Türlerinin Antibakteriyel Etkisi”. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tokuşoğlu, Ö. (2016). “Kudret Narında Biyoaktif Antioksidan, Antikarsinojen Fenolikler: Toz Kudret Narından Gıda Katkı Maddesi Olarak Yararlanım Üzerine Bir Araştırma”. <https://www.gida2000.com/kudret-narinda-biyoaktif-antioksidan-antikarsinojenfenolikler-toz-kudret-narindan-gida-katki-maddesi-olarak-yararlanim-uzerine-bir-arastirma.html> [Erişim Tarihi: 2 Aralık 2020.]

- Top, R. (2018). “Bazı Önemli Tıbbi Bitkilerin Antioksidan, Antimikrobiyal ve Antikanser Etkilerinin Araştırılması”. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın Üniversitesi, Bartın.
- Topuz, F. C., Boran, B. (2018). “Jelatin Bazlı Yenilebilir Film ve Kaplamalar”. *Akademik Gıda*, 16(3): 332-339. DOI: 10.24323/akademik-gida.475370.
- Torlak, E. (2009). “Doğal Antimikrobiyal Maddeler ile Hazırlanan Yenilebilir ve Kaplanmış Plastik Filmlerin Gıda Kaynaklı Bazı Patojenlere Etkileri”. (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Torlak E., Nizamoğlu M. (2009). Doğal Antimikrobiyal Maddeler ile Hazırlanan Yenilebilir Filmlerin *Listeria monocytogenes* Üzerine Etkileri. *Veteriner Bilimleri Dergisi*, 25 (1-2): 15-217.
- TSE (2013), Su Kalitesi, TS EN ISO 19250, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE (2014), Su Kalitesi, TS EN ISO 9308-1, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tural, S., Sarıcaoğlu F. T., Turhan S. (2017). “Yenilebilir Film ve Kaplamalar: Üretimleri, Uygulama Yöntemleri, Fonksiyonları ve Kaslı Gıdalarda Kullanımları”. *Akademik Gıda*, 15(1): 84-94.
- Türköz, M.B., Erdem, Ü. (2019). “Katkısız ve Gümüş Katkılı Hidroksiapatitin Fiziksel ve Kimyasal Karakterizasyonu”. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 11(2): 643-656.
- Var, I., Sağlam, S. (2015). “Gıda Endüstrisinde Nanoteknoloji Uygulamaları”. *Gıda Dergisi/The Journal of Food*, 40 (2): 101-108. doi: 10.15237/gida.GD14040
- Yeşiltaş, M. (2012). “Dumanlanmış Balığın Kalitesinde Aljinat Kaplamanın Etkisi”. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Yıldız, P.O., Yangılar, F. (2016). “Yenilebilir Film ve Kaplamaların Gıda Endüstrisinde Kullanımı”. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi/ BEU Journal of Science*, 5(1): 27-35.

Yılmaz, R. (2014). “*Kekik Esansiyel Yağı ile Zenginleştirilmiş Kitosan Esaslı Filmlerin Antimikrobiyal Etkisinin Tespiti*”. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

Zinoviadou, K. G., Gougouli, M., & Biliaderis, C. G. (2016). “Innovative Biobased Materials for Packaging Sustainability. Innovation Strategies in the Food Industry: Tools for Implementation”. *Elsevier Inc.* Pages 167-189. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803751-5.00009-X>

Zivanovic, S., Chi, S. ve Draughton, A. E. (2005). “Antimicrobial Activity of Chitosan Films Enriched with Essential Oils”, *Journal of Food Science*, 70: 45-51.



ÖZGEÇMİŞ

Semira CAN

A. EĞİTİM

Yüksek Lisans: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi ve Marmara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 2021, İstanbul

Lisans: İstanbul Aydın Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 2013, İstanbul

B. MESLEKİ DENEYİM

2013-2014 Akkol Yemek Tic. A.Ş. (Proje Müdürü pozisyonunda çalıştım)