

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**SİNNAMALDEHİT İLAVE EDİLEREK KARBOKSİMETİL
SELÜLOZ / SODYUM ALJİNAT FİLM ÜRETİLMESİ VE
BADEM EZMESİ MUHAFAZASINDA KULLANILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Orhun MACİT

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Gıda Mühendisliği Programı

KASIM, 2023

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**SİNNAMALDEHİT İLAVE EDİLEREK KARBOKSİMETİL
SELÜLOZ / SODYUM ALJİNAT FİLM ÜRETİLMESİ VE
BADEM EZMESİ MUHAFAZASINDA KULLANILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Orhun MACİT
(Y2113.040001)

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Meral YILDIRIM YALÇIN

KASIM, 2023

ONAYFORMU

ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum ‘Sinnamaldehit İlave Edilerek Karboksimetil Selüloz / Sodyum Aljinat Film Üretilmesi ve Badem Ezmesi Muhafazasında Kullanılması’ adlı çalışmanın, tezin proje başlangıcından bitişine kadarki bütün süreçlerde etik kurallar başta olmakla birlikte bilimsel ahlaka aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlanılan eserlerin Kaynakça’da gösterildiğini ve atıf yapılarak yararlanıldığını belirtir ve onurumla beyan ederim. (27/11/2023)

Orhun MACİT

ÖNSÖZ

“Sinnamaldehit İlave Edilerek Karboksimetil Selüloz / Sodyum Aljinat Film Üretilmesi ve Badem Ezmesi Muhafazasında Kullanılması” adlı çalışmamız İstanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmamız boyunca benden kıymetli bilgilerini ve araştırmalarını esirgemeyen ve bu zorlu yolda çalışmalarımı yönlendirmemde büyük yardımları olan ve tez konumun seçimi ile sonuçlarının değerlendirilmesinde göstermiş olduğu desteklerinden dolayı değerli danışman hocam Sn. Dr. Öğr. Üyesi Meral YILDIRIM YALÇIN’a, kıymetli zamanlarını ayırarak tez değerlendirmemi gerçekleştiren değerli jüri üyeleri Sn. Prof. Dr. Avni ÇAKICI ve Sn. Dr. Öğr. Üyesi Özlem AKTÜRK GÜMÜŞAY’a teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarım da bilgi ve tecrübeleriyle destek olan ve bu süreçte beni yalnız bırakmayan Arş. Gör. Hatice Sena OLCAY ve laborant Habibe ÇAKIR’a şükranlarımı sunarım. Ayrıca bütün hayatım boyunca maddi ve manevi yönden beni destekleyen aileme minnetlerimi sunarım.

Kasım, 2023

Orhun MACİT

SİNNAMALDEHİT İLAVE EDİLEREK KARBOKSİMETİL SELÜLOZ / SODYUM ALJİNAT FİLM ÜRETİLMESİ VE BADEM EZMESİ MUHAFAZASINDA KULLANILMASI

ÖZET

Yenilebilir filmler, çevresel problemlere neden olmaması nedeniyle polimer filmlere iyi bir alternatif olarak görülmektedir. Bu nedenle son yıllarda çeşitli yenilenebilir ve biyobozunur kaynaklardan ambalaj materyali üretim çalışmaları önem kazanmıştır. Mevcut kaynakların giderek azalması, sıfır atık projelerinin öneminin anlaşılması ve evrensel boyutta sürdürülebilirlik bilincinin artması yenilebilir filmlerin popülerliğini arttırmıştır. Bu çalışmada film hazırlamak için sodyum aljinat ve karboksimetil selüloz kullanılmıştır. Filmlere farklı oranlarda sinnamaldehit (%0,1; %0,2 ve %0,3 w/v) eklenerek antimikrobiyal özellik kazandırılması amaçlanmıştır. Üretilen filmlerin bazı özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla; filmlerde kalınlık, yoğunluk, nem, optik geçirgenlik, su buharı geçirgenliği, FTIR ve çekme testleri (maksimum kopma uzaması ve çekme mukavemeti) gerçekleştirilmiştir. Farklı oranlarda sinnamaldehit ilavesi sonucunda filmlerin kalınlık ve yoğunluk değerlerinde sinnamaldehit içermeyen kontrol örneğine göre değişim olmazken %0,3 sinnamaldehit içeren filmin nem değeri ve su buharı geçirgenliği daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca sinnamaldehit içeriği arttıkça % uzama miktarı artmıştır. Görsel olarak %0,2 sinnamaldehit konsantrasyonunun üstüne çıkıldıkça filmlerde matlaşma ve opaklık değerinde artış meydana gelmiştir. Filmlerin *Bacillus cereus*, *Salmonella typhi*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* ve *Staphylococcus aureus* bakterilerine antimikrobiyal aktivite gösterdiği ve sinnamaldehit oranı arttıkça antimikrobiyal etkinin arttığı görülmüştür. Üretilen yenilebilir filmler, badem ezmeleri üzerine kaplanarak gerçekleştirilen duyu analizi sonuçlarına göre %0,2 oranında sinnamaldehit içeren film en yüksek puanı almıştır. Öne çıkan özellikleri ile kaplama analizlerinde %0,2 sinnamaldehit içeren filmler kullanılmıştır. Kaplanmış ve kaplanmamış badem ezmeleri oda sıcaklığında 15 gün depolama sırasında serbest

yağ asitliği ve peroksit sayısı değişimi ve aerobik mezofilik bakteri, maya ve küf gelişimi incelenmiştir. Kaplanmış badem ezmesi ile kaplanmamış badem ezmesine yapılan toplam serbest yağ asitliği ve peroksit testleri sonucuna göre serbest yağ asitliğinde kaplanmış ve kaplanmamış örneklerde zamanla değişim olmazken kaplanmış örneklerin peroksit sayısı kaplanmamış örneklerden anlamlı şekilde daha düşük bulunmuştur. Ayrıca kaplanmış badem ezmelerinin 15 gün depolama sonucunda toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı kaplanmamış badem ezmesi örneklerinden daha düşük bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yenilebilir film, Sinnamaldehit, Karboksimetil selüloz, Sodyum aljinat, Yenilebilir kaplama.

PRODUCTION OF CARBOXYMETHYL CELLULOSE / SODIUM ALGINATE FILM BY ADDING CINNAMALDEHYDE AND USING IT IN MARZIPAN PRESERVATION

ABSTRACT

Edible films are seen as a good alternative to polymer films because they do not cause environmental problems. For this reason, packaging material production studies from various renewable and biodegradable resources have gained importance in recent years. The gradual decrease in available resources, the understanding of the importance of zero waste projects and the increase in universal sustainability awareness have increased the popularity of edible films. In this study, sodium alginate and carboxymethyl cellulose were used to prepare the film. It was aimed to provide antimicrobial properties by adding different amounts of cinnamaldehyde (0.1%, 0.2% and 0.3% w/v) to the films. Some properties of the produced films were examined. To this end; Thickness, density, moisture, optical transmittance, water vapor permeability, FTIR and tensile tests (maximum breaking elongation and tensile strength) were performed on the films. As a result of the addition of cinnamaldehyde at different rates, there was no change in the thickness and density values of the films compared to the control sample without cinnamaldehyde, while the moisture value and water vapor permeability of the film containing 0.3% cinnamaldehyde were found to be higher. Additionally, as the cinnamaldehyde content increased, the % elongation increased. Visually, as the concentration of 0.2% cinnamaldehyde was exceeded, the films became dull and their opacity increased. It was observed that the films showed antimicrobial activity against *Bacillus cereus*, *Salmonella typhi*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* bacteria, and the antimicrobial effect increased as the cinnamaldehyde ratio increased. According to the results of the sensory analysis performed by coating the produced edible films on almond pastes, the film containing 0.2% cinnamaldehyde received the highest score. Films containing 0.2% cinnamaldehyde were used in coating analyzes with their prominent features.

Free fatty acidity and peroxide number changes and aerobic mesophilic bacteria, yeast and mold growth were examined in coated and uncoated almond pastes during 15 days of storage at room temperature. According to the results of total free fatty acidity and peroxide tests performed on coated and uncoated almond paste, there was no change in free fatty acidity over time in coated and uncoated samples, while the peroxide number of coated samples was found to be significantly lower than uncoated samples. In addition, after 15 days of storage of coated almond paste, the total number of mesophilic aerobic bacteria was found to be lower than that of uncoated almond paste samples.

Keywords: Edible film, Cinnamaldehyde, Carboxymethyl cellulose, Sodium alginate, Edible coating.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ONUR SÖZÜ	i
ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
I. GİRİŞ	1
II. LİTERATÜR İNCELEMESİ	3
A. Yenilebilir Kaplamaların Tarihsel Gelişimi	3
B. Yenilebilir Film ve Kaplamalar	3
1. Yenilebilir Filmlerin Çeşitleri ve Bileşimi	4
2. Yenilebilir Filmlerin Fonksiyonları ve Özellikleri	5
3. Yenilebilir Film Hazırlama Yöntemleri.....	6
4. Gıdalara Uygulama Yöntemleri.....	7
5. Yenilebilir Film Üretiminde Kullanılan Malzemeler	8
a. Karboksimetil Selüloz (CMC).....	8
b. Sodyum Aljinat (SA).....	9
c. Sinnamealdehit (CN).....	9
III. MATERYAL VE METOD.....	11

A. Materyal.....	11
B. Metod.....	11
1. Yenilebilir Film Yapımı.....	11
a. CMC ve SA ile Yenilebilir Kontrol Film Yapılması.....	12
b. CMC ve SA'nın CN ile Zenginleştirilerek Yenilebilir Film Yapılması....	12
2. Film Analizleri	13
a. Kalınlık	13
b. Yoğunluk	14
c. Nem	14
d. Su Buharı Geçirgenliği.....	14
e. Mekanik Özellikler (Kopma Mukavemeti ve Kopma Anında Uzama Değeri).....	15
f. Fourier Transform Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi.....	16
g. Optik Geçirgenlik	16
h. Antimikrobiyal Aktivite	16
3. Film ile Kaplanmış ve Kaplanmamış Badem Ezmesi Analizleri.....	16
a. Kaplama Uygulaması	16
b. Duyusal Analiz	17
c. Depolama Süresince Film ile Kaplanmış ve Kaplanmamış Badem Ezmesinin Mikrobiyal Yükü.....	20
d. Depolama Süresince Film ile Kaplanmış ve Kaplanmamış Badem Ezmesinin Yağ Analizleri	21
e. Serbest Yağ Asitliği Tayini (FFA)	22
f. Peroksit Sayısı Tayini.....	23
4. İstatistiksel Analiz.....	24
IV. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	25
A. Film Özellikleri.....	25

1. Kalınlık, Yoğunluk ve Nem.....	25
2. Su Buharı Geçirgenliği	26
3. Mekanik Özellikler	26
4. Opaklık.....	28
5. Antimikrobiyal Aktivite.....	30
6. Fourier Transform Kızılötesi (FTIR) Spektrokopisi.....	32
7. Duyusal Analiz.....	32
B. Badem Ezmesi Depolama Analizleri.....	34
1. Film ile Kaplanmış ve Kaplanmamış Badem Ezmesinin Mikrobiyal Yüğü	34
2. Serbest Yağ Asitliğı Tayini (FFA).....	37
3. Peroksit Sayısı Tayini	38
V. SONUÇ.....	41
VI. KAYNAKÇA	43
ÖZGEÇMİŞ.....	50

KISALTMALAR LİSTESİ

- %** : Yüzde oranı
- %0,1 CN**: Yüzde 0,1 oranında sinnamaldehit içeren CMC-SA film
- %0,2 CN**: Yüzde 0,2 oranında sinnamaldehit içeren CMC-SA film
- %0,3 CN**: Yüzde 0,3 oranında sinnamaldehit içeren CMC-SA film
- CMC** : Karboksimetil selüloz
- CN** : Sinnamaldehit
- g** : Gram
- mg** : Miligram
- ml** : Mililitre
- °C** : Sıcaklık (Santigrad derece)
- rpm** : Roundsperminute
- SA** : Sodyum aljinat
- vd.** : ve diğerleri
- µl** : Mikrolitre

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan bileşenler ve örnek kodları.	11
Çizelge 2. Film örneklerinin kalınlık (mm), yoğunluk (g/cm ³) ve nem (%) analiz sonuçları.	25
Çizelge 3. Film örneklerinin su buharı geçirgenliği (gmm/m ² hkPa) değerleri.	26
Çizelge 4. İnhibisyon zonu oluşumlarının çap (mm) ölçümleri.	31
Çizelge 5. Tüketici kabul testi sonuçları.	33
Çizelge 6. Duyusal analizde tüketicilere sorulan satın alma eğilimi sorularının cevapları.	33
Çizelge 7. Depolama sırasındaki toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları (log KOB/g).....	35
Çizelge 8. Depolama sırasındaki toplam maya-küf sayıları (log KOB/g).....	36
Çizelge 9. Badem ezmelerinde serbest yağ asitliği değerleri.....	38
Çizelge 10. Badem ezmelerinin peroksit değerleri.....	40

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.	Yenilebilir filmlere eklenen biyoaktif bileşenler.....	4
Şekil 2.	Yenilebilir film hazırlama yöntemleri.....	7
Şekil 3.	Yenilebilir film uygulama yöntemleri.....	8
Şekil 4.	Sinnamaldehitin antibakteriyel mekanizmaları.....	10
Şekil 5.	Su buharı geçirgenliği analizinde kullanılan test kapları.....	15
Şekil 6.	Mukavemet ölçme cihazı.....	15
Şekil 7.	Badem ezmesi örneklerinin yenilebilir film ile sarılması aşaması ve kaplanmış örnekler.	17
Şekil 8.	Duyusal analiz örnekleri hazırlığı.....	18
Şekil 9.	Duyusal analiz test formu.....	19
Şekil 10.	PCA ve PDA besiyerindeki koloni sayımları.....	21
Şekil 11.	Badem ezmelerinden yağın ayrıştırılması işlemi.....	22
Şekil 12.	Film örneklerinin çekme mukavemeti (N/mm ²).....	27
Şekil 13.	Film örnekleri % uzama miktarları.....	28
Şekil 14.	Film örneklerinin görünüşleri.....	29
Şekil 15.	Film örneklerin opaklık (Abs600nm/kalınlık) değerleri.....	30
Şekil 16.	Kontrol film ve CN içeren film çözeltilerinin antimikrobiyal aktiviteleri	31
Şekil 17.	Kontrol film, %0,1 CN, %0,2 CN ve %0,3 CN örneklerinin Fourier transform kızılötesi (FTIR) spektroskopisi verileri.....	32
Şekil 18.	PCA besiyerinde toplam mezofilik aerobik bakteri.....	35
Şekil 19.	PDA besiyerinde toplam maya-küf sayısı.....	36

Şekil 20. Badem ezmelerinde serbest yağ asitliği (FFA)	38
Şekil 21. Badem ezmelerinin peroksit değerleri.....	39

I. GİRİŞ

Günümüzde insanların bilinç düzeyinin artmasıyla çevresel sorunlara karşı bir hassasiyet oluşmaktadır (Duroy Q. M. 2005). Plastik ambalaj malzemeleri son yıllarda çevresel kaygıların odak noktası haline gelmiştir. Tek kullanımlık ambalaj malzemeleri genellikle petrokimyasal hammaddeler ile üretilmektedir. Plastik ambalajların gıdaya temas ettiği noktalarda migrasyon gerçekleştiği ve gıdaya mikro ve nano plastik geçtiği kanıtlanmıştır (Stapleton P. A. 2021). Ekonomik olarak hammaddelerde yaşanan olumsuzluklara rağmen plastiklerin hafif oluşu, geçirgenlik özelliklerinin iyi oluşu (gıdada nem kaybını azaltması vb.), fiziksel ve kimyasal dirence sahip olmaları, üzerine reklam amaçlı görsel tasarımların eklenebilmesi ve tüketici albenisinin artırılması gibi nedenler kullanımının artarak devam etmesini sağlamaktadır (Ke J. 2019). Ancak daha sürdürülebilir bir dünya için ambalaj sektöründe bir dönüşümün gerçekleşebilmesi için Ar-Ge çalışmalarının artırılarak desteklenmesi ve devam etmesi gerekmektedir. Yenilebilir ambalajlar, çevresel sorunlara neden olmamalarının yanında bireysel ve toplum sağlığı üzerine de olumlu etkilere sahiptir (Nisar T. vd., 2018). Bununla birlikte ekonomiye döngüsel katma değer katması da mümkündür. Yenilebilir ambalajlar, yenilenebilir kaynaklardan üretilir ve kaplandığı ürün ile birlikte tüketilebilir veya doğaya atıldığında biyobozunma prosesi sonucunda çevresel bir atık oluşturmaz (Salama E. H., vd., 2019). Yenilebilir ambalaj üretiminde çok çeşitli biyomalzemelerden yararlanılmaktadır. Başlıca hammadde olarak karbonhidratlar, proteinler ve yağlar kullanılmaktadır. Bu ambalajlar doğaya atıldığında kara veya deniz ekosistemindeki canlılar tarafından tüketime de uygundur. Yenilebilir ambalajların organoleptik ve besinsel özelliklerini geliştirmek için çok çeşitli bileşenler eklenerek fonksiyonel özellik kazandırılması ve beslenme kaynaklı hastalıklara ek olarak besin yetersizliğinin sebep olacağı rahatsızlıkların azaltılması sağlanabilir. Plastik malzemeler yerine ülkelerin mevcut gıda proseslerinden elde edilen gıda atıkları yenilebilir ambalaj üretiminde

kullanılabilmektedir. Atıklardan elde edilen nişasta ve liflerin ambalaj hammaddesi olarak kullanılmasıyla hem çevreci bir ambalaj üretilmiş hem de atık ürünlerin değerlendirilmesi ile atık bertarafı prosesinden tasarruf edilmiş olmaktadır. Yenilebilir ambalajların depolama süresi, tüketici beğenisine yönelik tasarımların yapılması, uygun maliyetli üretim proseslerinin geliştirilmesi duyuşal olarak ana maddenin önüne geçmeyecek nötr tatların elde edilmesi gibi konularda iyileştirmelere ihtiyacı vardır (Ruan C., vd., 2019). Bu çalışmada günümüzde artan çevre kirliliğinin önemli sebeplerinden biri olan plastik esaslı gıda ambalajlarına alternatif olarak karboksimetil selüloz ve sodyum aljinat içeren yenilebilir ambalaj malzemesi tasarlanması ve ambalaja sinnamaldehit ilavesi ile antimikrobiyal aktivite kazandırılması amaçlanmıştır. Ayrıca üretilen filmin badem ezmesi muhafazasında kullanım potansiyelinin araştırılması da amaçlar arasındadır.

II. LİTERATÜR İNCELEMESİ

A. Yenilebilir Kaplamaların Tarihsel Gelişimi

Yenilebilir filmler ve kaplamalar, gıdaların korunması için büyük önem arz etmektedir. Ambalaj materyalinin tüketime uygun olması aynı anda ürünü korumakta ve besin takviyesi sağlayarak enerji alımında avantaj sağlamaktadır (Pobiner B. 2003). Yenilebilir filmlerin tarihi milattan önceki yüzyıllara kadar gitmektedir. Bilinen en eski paleontolojik kanıtlar insanların ağaç yaprakları, bambu ve su kabaklarını yenilebilir ambalaj olarak tükettiklerini bildirmektedir (Erkmen vd., 2018). Milattan önce 600 yıllarında etin küçük parçalar halinde doldurulduğu bağırsak ile tüketilmesi; Milattan önce 200 yılında Çin’de yenilebilir esnek kâğıt ambalaj kullanılmaya başlanması; Milattan sonra 1100 yılında Çin’de balmumu ile limon ve portakalların kaplayarak uzak mesafelere gönderilmesi; 1400 yılında Japonya’da soya proteininden yapılan yuba adında yenilebilir film yapılması; 1500 yılında İngiltere’de et ve balıkların yağlanarak raf ömrünün uzatılması ve 1869 yılında Amerika’da et ürünlerini korumak için jelatin kaplamaya başlanması yenilebilir filmlerin tarihsel gelişimini göstermektedir (Debeaufort F. vd., 1998). Her geçen gün kullanımı ve çeşitleri artarak ilerleyen yenilebilir film kaplamalar tarihsel süreçler doğrultusunda evrimleşerek gelişmektedir. Her yıl yeni formülasyonlar geliştirilerek patentler alınmaktadır. Yenilebilir filmlerin ve kaplamaların bileşenleri korunacak gıdanın özelliklerine göre farklılaşabilir. Yenilebilir filmler, bileşimlerine göre bazı kalite parametrelerini karşılamalıdır. Bileşenler ve kalite parametreleri yenilebilir bir film veya kaplamanın karakteristik özelliklerini oluşturmaktadır (Huber K. C. vd., 2009).

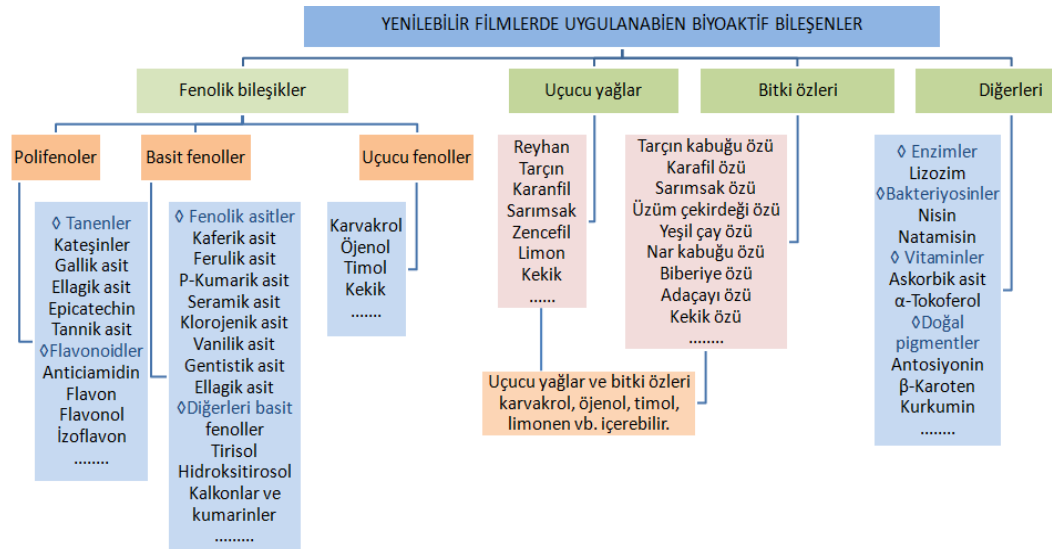
B. Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Yenilebilir filmler ve kaplamalar, yenilebilir biyopolimerlerden ve gıda sınıfı katkı maddelerinden üretilir. Film oluşturucu biyopolimerler proteinler,

polisakkaritler (karbonhidratlar ve zamklar), lipitler veya bunların karışımı olabilir. Plastikleştiriciler ve diğer katkı maddeleri, yenilebilir filmlerin fiziksel özelliklerini veya diğer işlevlerini değiştirmek için film oluşturucu biyopolimerler ile birlikte kullanılır (Boateng J. S. vd. 2009). Biyopolimerler, disülfid bağları ve çapraz bağlar gibi kovalent kuvvetler ve elektrostatik, hidrofobik veya iyonik etkileşimler göstererek film oluşturabilirler (Jung H. H., 2014).

1. Yenilebilir Filmlerin Çeşitleri ve Bileşimi

Yenilebilir filmler gıda ürünlerinin korunmasında önemli bir rol oynamaktadır. Yenilebilir filmlerin doğal malzemelerden elde ediliyor oluşu çevreye bırakıldığında kompost oluşturarak hızlıca doğaya karışmasına sebep olur (Makwana S. vd., 2014). Yenilebilir filmler genellikle polisakkaritler, proteinler ve yağlardan yapılmaktadır. Polisakkaritler; pektin, aljinat, nişasta, selüloz, kitosan ve gamlardan oluşmaktadır. Protein sınıfında çeşitli bitkisel protein, süt proteini, jelatin ve albümin sayılabilir. Yağlar ise yağ asitleri, mumlar ve çeşitli reçinelerdir. Yenilebilir filmler antimikrobiyal maddelerle zenginleştirilerek gıda ürünlerini mikroorganizmalara karşı korumaları için ilave özellikler kazandırılmaktadır. Antimikrobiyal ambalajın ana rolü, bakteri ve mantar gelişimini engelleyerek gıdanın raf ömrünü arttırmaktır (Abdollahzadeh E. vd., 2021). Şekil 1’de yenilebilir film ve kaplamalara eklenen biyoaktif bileşenler gösterilmiştir.



Şekil 1. Yenilebilir filmlere eklenen biyoaktif bileşenler (McClements D. J. vd., 2021).

2. Yenilebilir Filmlerin Fonksiyonları ve Özellikleri

Yenilebilir film ve kaplamalar, gıda ürününü mekanik hasarlardan, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik faaliyetlerden korumaktadır. Bu sayede gıdanın bozulmasını yavaşlatarak ve kalitesini daha uzun süreler muhafaza etmesini ve raf ömrünün uzamasını sağlamaktadır. Yenilebilir filmler özellikle kolay bozulabilen raf ömrü kısa olan gıdalarda kullanılmaktadır (Falguera V. vd., 2011).

Yenilebilir filmlerin maliyet, mekanik dayanım, optik özellik, bariyer özellik ve mikroorganizmalara karşı dayanım gibi karakteristikleri önemli özellikleri arasındadır. Yenilebilir filmlerin sağlıklı gıda materyallerinden üretiliyor oluşu tüketici sağlığı için önemlidir. Bu filmler kaplandıkları ürün ile birlikte tüketildiklerinden dolayı tüketiciler için ek enerji kaynağı olmaktadır. Böylece gıda piyasası için yeni ürün geliştirmede seçenekleri artırmaktadır (Rudolph M. J. 2007).

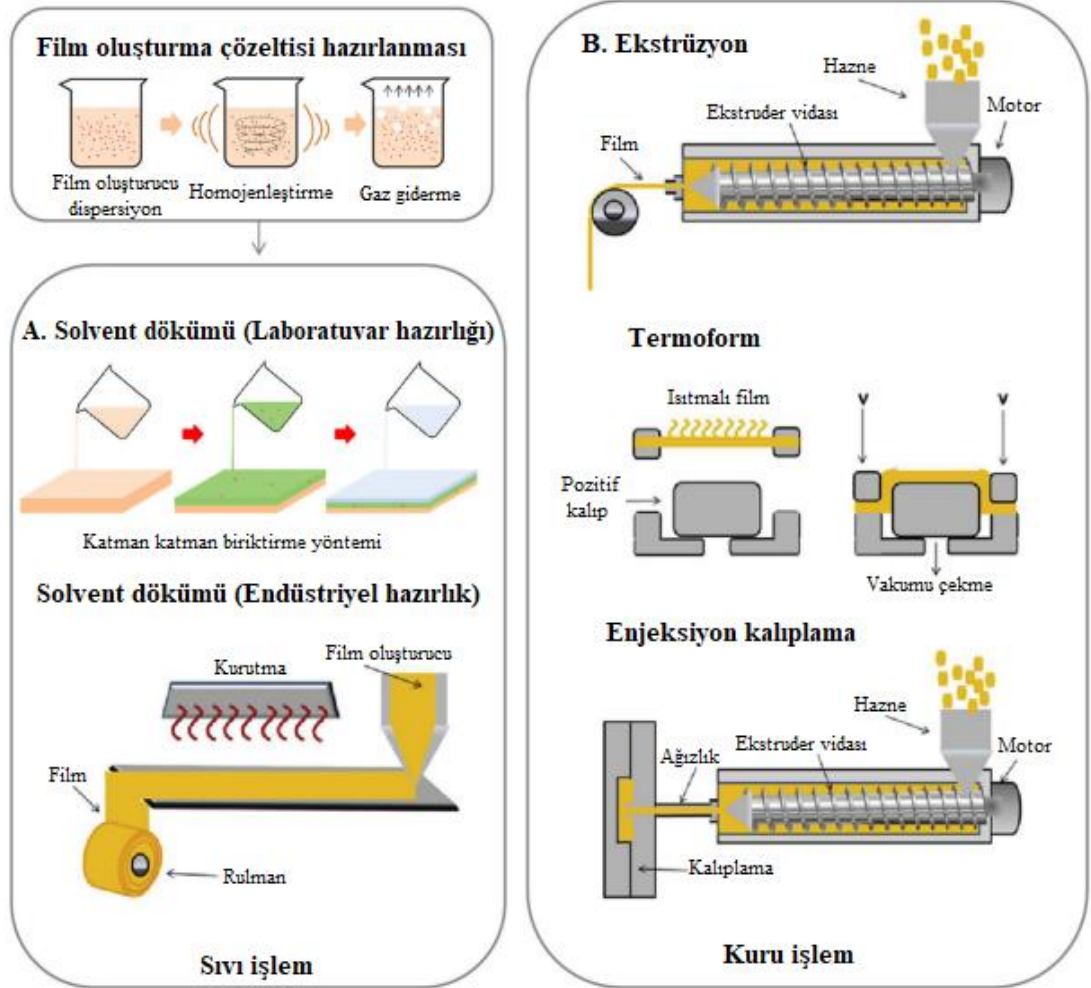
Yenilebilir filmler ve kaplamalar gıda yüzeyinde fiziksel bir bariyer görevi yapmaktadır. Bu bariyer sayesinde gıdaya bulaşabilecek patojenler ve çeşitli mikroorganizmalar engellenmektedir. Aynı zamanda gaz bariyeri görevi de yaparak oksijen geçişini engellemekte ve oksidatif bozulmayı ve nem kaybını azaltmaktadır (Mellinas C. vd., 2015). Yenilebilir ambalajın tarihsel gelişimi incelendiğinde önceleri kullanım amacının mekanik dayanım ve raf ömrünü uzatmak olduğu görülmektedir. Zamanla yenilebilir kaplamalar ile geliştirilen geleneksel ürünler oluşturulmuştur ve tüketiciler tarafından kabul görmüştür. Böylece katkı maddeleri kullanılmadan uzun süreler dayanabilen ürünler elde edilmiştir. Dünyada farklı ülkelerde çok çeşitli kaplama malzemesi ve kaplanmış gıda ürünleri örnekleri görmek mümkündür. Asya'da yosun, Japonya'da pirinç nişastasından yapılan mochi, Afrika'da tuz ve baharat karışımı kaplamayla etlerin kaplanıp kurutulması, Avrupa'da kamamber peyniri ve türevleri (Nair S. S. vd., 2023). Orta doğuda yaygın kullanılan gelenekselmiş yenilebilir ambalaj kaplı ürünler, inek bağırsağında sucuk, çemen macununda pastırma, küflü peynirlerin dış yüzeylerinde oluşturdukları küf çeperi, kuruyemişlerin pestil ile kaplanması, pişmaniye'nin çikolata ile kaplanması gibi birçok ürün mevcuttur (Heine P. 2018).

3. Yenilebilir Film Hazırlama Yöntemleri

Yenilebilir filmler gıda sektöründe ağırlıklı olarak çabuk bozulabilen hassas gıdalarda kullanılmaktadır. Yenilebilir filmler kapladıkları gıdanın raf ömrünü uzatabilen, organoleptik özellikleri iyileştirebilen ve nihai ürünün besin değerini artırabilen, nötr tatlarda olan, antimikrobiyal ve antioksidan özellikte olan ince yapılarıdır. Günümüzde, sağlık ve çevresel kaygılar nedeniyle doğal antioksidan ve antimikrobiyal kaynakların kullanımı ambalaj sektörünün de dikkatini çekmektedir (Galus S. vd. 2020). Yenilebilir film ve kaplama formülasyonlarında aktif bileşenler yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Yenilebilir kaplama yöntemleri püskürtme, daldırma veya yayma işlemleri uygulanarak doğrudan gıda yüzeyine yenilebilir bir kaplama oluşturulmasını içermektedir. Yenilebilir film sentezinde ise solvent döküm, enjeksiyon kalıplama veya ekstrüzyon işlemleri gibi yöntemler kullanılmaktadır. Yenilebilir film üretiminde film ayrı bir tabaka olarak elde edilerek gıdanın üzerine veya arasına yerleştirilerek uygulanmaktadır (Ribeiro A. M. vd., 2020).

a. Döküm yöntemi: Yenilebilir film yapımında yaygın kullanılan bir yöntemdir. Bu metod biyopolimerin veya biyopolimerlerin uygun bir çözücü içerisinde (su, alkol vb.) çözündürülmesi ile çözeltinin kalıba dökülmesi ve kap içerisinde kurutulup yüzeyinden ayrıştırılması olmak üzere 3 aşamadan oluşmaktadır.

b. Ekstrüzyon yöntemi: Ticari olarak film üretiminde kullanılan yöntemdir. Hızlı ve pratik bir yöntemdir ve seri üretime uygundur. Döküm yöntemine göre daha yoğun olarak hazırlanan film çözeltisi besleme alanından geçerek yoğurma kısmına gelmektedir. Şekil alan ürün kurutma aşamasından sonra son formuna ulaşmaktadır (McClements D. J. vd., 2021). Şekil 2'de a. bölümünde döküm yöntemi ile film oluşum prosesi gösterilmektedir ve b. bölümünde ekstrüzyon yöntemi ile film üretim prosesi gösterilmektedir.

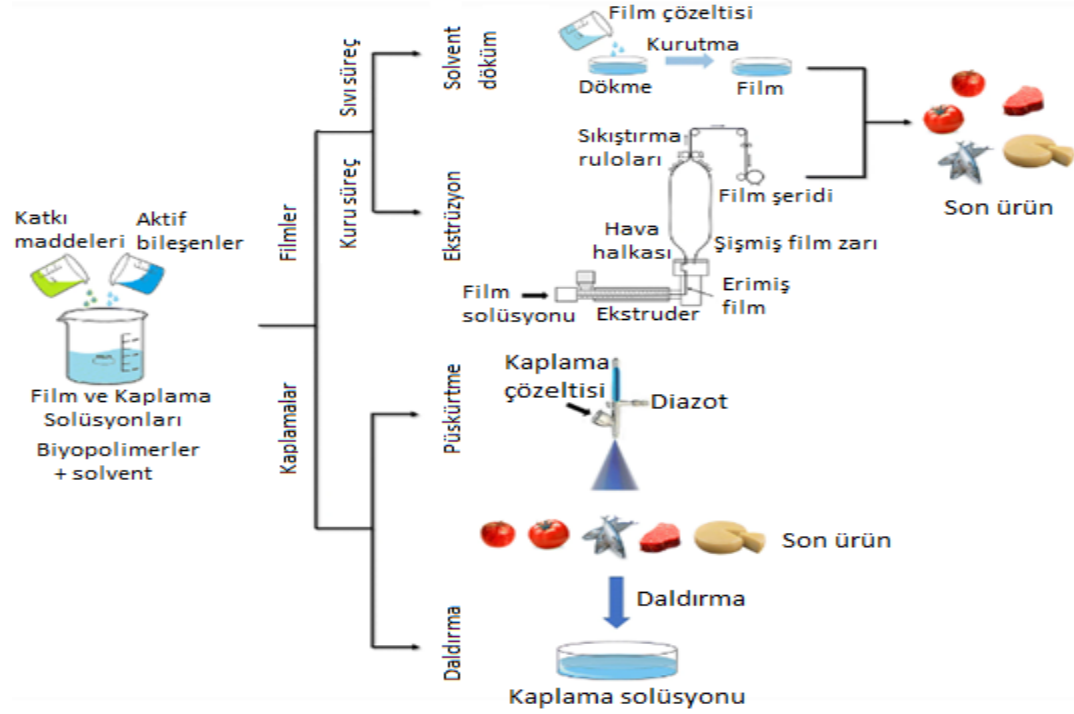


Şekil 2. Yenilebilir film hazırlama yöntemleri (McClements D. J. vd., 2021).

4. Gıdalara Uygulama Yöntemleri

Yenilebilir filmler ve kaplamalar, üretim sırasında çeşitli fiziksel ve kimyasal işlemlerden geçmektedir. Gıda kaplamalarında döküm, daldırma ve püskürtme metotları direkt olarak gıda maddesinin üzerine kaplama çözeltisinin kaplanmasını sağlamaktadır (Kurtfaki M., vd., 2023). Döküm metodu uygun bir çözücü içerisinde çözünen biyopolimerlerin bir kalıba dökülüp, kurutulması ve kalıptan çıkarılması prensibine dayanır. Kolay olması nedeniyle en çok kullanılan metotlardandır ve oluşturulan filmler gıdaya sarılarak kullanılır. Daldırma yönteminde hazırlanmış olan kaplama çözeltisinin içerisine gıda daldırılıp çıkartılır ve gıda yüzeyindeki kaplama çözeltisi kurutulur. Bu yöntemde tam homojen bir kaplama gerçekleşmeyebilir ve kurutma sırasında yerçekimi kuvvetinin etkisiyle farklı kalınlıklarda kaplama oluşabilir. Kaplama kalınlığı dipte kalın üstte ince oluşabilir. Ayrıca fazla ürün aynı tank içerisinde geçtiği için bulaş kaynaklı mikroorganizma yükü artar. Püskürtme, inceltile

damlacıkların püskürtülerek ürün yüzeyine kaplanmasıdır. Daldırma metoduna göre solüsyon daha verimli kullanılmış olur ve her ürüne bireysel etki ettiğinden mikroorganizma bulaşması ve çoğalması riski daha düşüktür (Parreidt vd., 2018). Ambalajlama işleminde gıda ve ambalaj kombinasyonu çok önemlidir. Bu aşamada, antioksidanlar, antimikrobiyaller, renklendiriciler, tatlandırıcılar, plastikleştiriciler gibi çeşitli aktif maddeler film formülasyonlarına eklenebilir. Şekil 3’de yenilebilir film uygulama yöntemlerini göstermektedir.



Şekil 3. Yenilebilir film uygulama yöntemleri (Ribeiro A.M. vd., 2020).

5. Yenilebilir Film Üretiminde Kullanılan Malzemeler

a. Karboksimetil Selüloz

CMC selüloz halkasındaki hidroksil grubunun yer değiştirip esterleşmesi sonucu üretilir. Sanayi ölçekli olarak odun hamurundan üretilmektedir. CMC anyonik bir polisakkarittir ve pseudoplastik akış gösterir. Gıdalarda genellikle kalınlaştırıcı, yoğunlaştırıcı ve kıvam artırıcı olarak kullanılmaktadır (Benchabane A. vd., 2008). Gıdalarda E466 kodu ile belirtilmektedir. Ayrıca kâğıt, tekstil, ilaç, deterjan ve boya endüstrisinde de kullanılmaktadır. Toksik olmayan, kokusuz ve biyolojik olarak parçalanabilen bir üründür. EFSA (Avrupa gıda güvenliği otoritesi) 2017 de tüketiminin herhangi bir kısıtlamaya gerek olmadığını beyan ederek, tüketiminin uzun vadede kanserojenik olmadığını

bildirmiştir (Rahman S. vd., 2021). CMC sanayideki uygulamalarda en yaygın kullanılan selüloz eteridir. Tek başına belirli oranlarda film üretiminde kullanılabildiği gibi başka karışımlarla da film yapılmaktadır. Genellikle film yapım aşamasında belirli karışımlar yapılarak mekanik ve duyuşsal özelliklerin iyileştirilmesi sağlanır (Yaradoddi S. J. 2020).

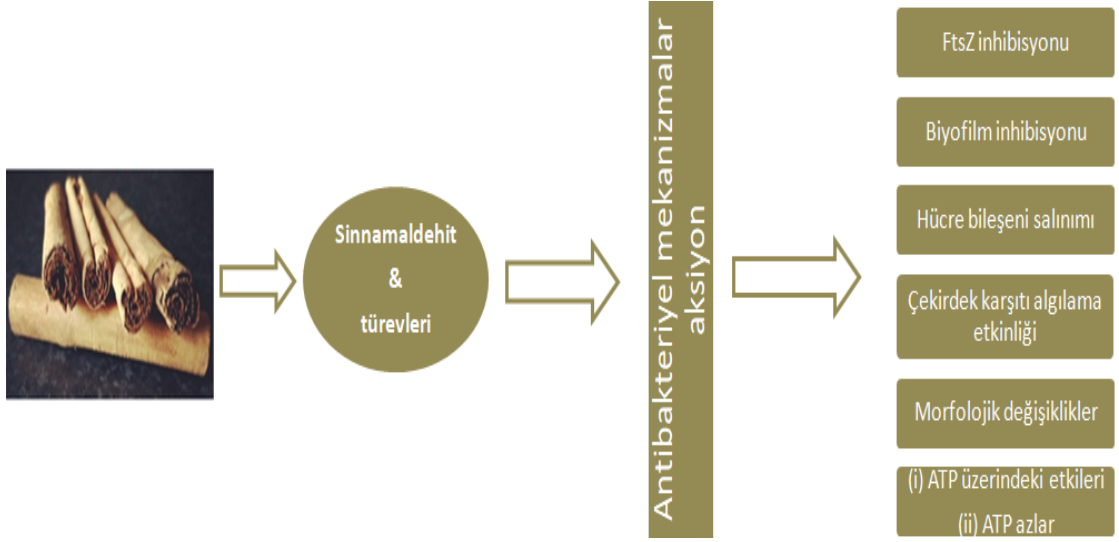
b. Sodyum Aljinat (SA)

SA yenilebilir filmler yapmak için mükemmel bir malzemedir. Benzer polisakaritlerle kombinasyonu uyumludur ve şeffaf filmler üretiminde oldukça başarılıdır. Çeşitli kahverengi deniz yosunu türlerinden (*Phaeophyceae*) seyreltik alkali ile ekstrakte edilen hidrofilik kolloidal bir karbonhidrattır. Sodyum aljinat kalınlaştırma, stabilize etme, film oluşturma, jel oluşturma ve emülsiyon stabilize etme gibi özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir. Moleküler yapısında (1→4)-bağlı β - d -mannuronik asit ve α - l -guluronik asit içeren bir polimerik asittir (Rhim J. W. 2004). SA jelleri, gıda endüstrisinde et ürünleri, soğan halkaları ve birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Alginik asidin doğal bir kaynak olarak mevcut potansiyel miktarı ve tekrar üretilebilirliği göz önüne alındığında, biyolojik olarak parçalanabilen veya yenilebilir filmler için bir kaynak olarak geliştirilmesi anlamlıdır (Kontaminas G. M. 2020).

c. Sinnamaldehit (CN)

CN organik bir bileşiktir. Tarçın ağaçlarının ve cinnamomum cinsi diğer türlerin kabuğunun lignin kısmında %90 oranlarında bulunmaktadır. Sarımtırak ve viskoz sıvı halde elde edilir (Ji M. vd., 2019). Tarçın aromasına ve kokusuna sahiptir. Tarçın kabuklarının buharda damıtılmasıyla elde edilir. Piyasada tatlandırıcı olarak kullanılmaktadır (Gadkari R. R. 2019). Gıda sanayinde sakız, dondurma, şekerlemeler, içeceklerde kullanıldığı gibi parfüm endüstrisinde de kullanımı mevcuttur. Doğal tarım ilacı olarak kullanımı mevcuttur ve düşük toksisite değerlerine sahiptir. Sinnamaldehit sivrisinek ve larvalarına karşı etkili bir insektisit olarak test edilmiştir. 29 ppm konsantrasyonunda 24 saat içinde sivrisinek larvalarının yarısını öldürdüğü ve yetişkin sivrisinekler için fumigant ve itici, kovucu olarak çalışmaktadır. Ayrıca antibakteriyel ve antifungal özellikleri mevcuttur (Doyle A. A. vd., 2019). İnsanlar için alerjik olabilir ve cildi tahriş edebilir. Farelere, x ışını ışımasına maruz bırakıldıktan sonra oral olarak

verilen sinnamaldehitin x ışını kaynaklı kromozolanomalikleri azaltıp DNA onarımına uyarımsal destek verdiği tespit edilmiştir (Sasaki Y. vd., 1990). Şekil 4’de sinnamaldehitin antibakteriyel mekanizmalarını göstermektedir.



Şekil 4. Sinnamaldehitin antibakteriyel mekanizmaları (Doyle A. A. vd., 2019).

III. MATERYAL VE METOD

A. Materyal

Sodyum aljinat (SA) ve Karboksimetil selüloz (CMC) olarak gıdalarda kullanıma uygun ürünler temin edilmiştir. Cinnamaldehyde (CN) %98'lik (Karlsruhe, Germany) Cartroth firmasından temin edilmiştir. Analizlerde kullanılan potasyum iyodür ve sodyum tiyosülfat, gliserol (84-88%), Tween 80, Nutrientbroth ve Nutrientagar çeşitli kimyasal firmalarından temin edilmiştir. Kaplama analizlerinde kullanılan Badem ezmesi Şekerci Cafererol (İstanbul, Türkiye) satın alınmıştır. Kullanılan badem ezmesi etiket bilgisinde toz şeker, badem ve içme suyu içermekte olduğu belirtilmektedir.

B. Metod

1. Yenilebilir Film Yapımı

Film çözeltilerinin yapımında CMC, SA, gliserol, CN ve Tween 80 kullanılmıştır (Han Y. vd., 2018). Hazırlanan örneklerin bileşen oranları ve örneklerin kısaltmaları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan bileşenler ve örnek kodları.

Örnekler	SA (%, w/v)	CMC (%, w/v)	Gliserol (%, w/w)	CN (%, w/v)	Tween 80 (%, w/v)
Kontrol	0,75	0,25	50	-	-
%0,1 CN	0,75	0,25	50	0,1	0,1
%0,2 CN	0,75	0,25	50	0,2	0,2
%0,3 CN	0,75	0,25	50	0,3	0,3

a. CMC ve SA ile Yenilebilir Kontrol Film Yapılması

- Kontrol filmi üretilmesi için 3 gram SA ve 1 gram CMC hassas terazide (HZ-250AZ, Japonya) tartılarak behere aktarılıp, üzerine 400 ml distile su eklenmiştir.
- Karışım 60 °C lik su banyosunda mekanik karıştırıcı ile (IKARW 20, Almanya) 400 rpm'de ağzı kapalı şekilde 30 dk boyunca karıştırılmıştır.
- Hazırlanan homojen çözelti oda sıcaklığına soğuduğunda 2 g gliserol eklenerek mekanik karıştırıcı ile 400 rpm'de homojenize edilmiştir.
- Çözeltide oluşan hava kabarcıklarını uzaklaştırmak için vakum pompası kullanılmıştır.
- Çözelti, iç çapı 14 cm olan polistiren petrilere 40 ml dökülmüştür.
- Petriler etüvde (ED53, Binder, Almanya) 24 saat 50 °C de kurutulmuştur.
- Süre sonunda elde edilen filmler doymun $Mg(NO_3)_2$ içeren desikatörde ($\%55 \pm 2$ bağıl nemde) 25 °C de 48 saat dinlendirilmiştir.

b. CMC ve SA'nın CN ile Zenginleştirilerek Yenilebilir Film Yapılması

Sinnamaldehitin yağlı bir sıvı oluşu nedeniyle çözeltiye eklendiğinde homojen karışım sağlamak amacıyla emülgatör olarak Tween 80 kullanılmıştır (Han Y. vd., 2018).

i. %0,1 CN İçeren Yenilebilir Film Yapılması

- %0,1 (w/v) oranında CN içeren film üretilmesi için 3 gram SA ve 1 gram CMC hassas terazide tartılarak behere aktarılıp, üzerine 400 ml distile su eklenmiştir.
- Karışım 60 °C lik su banyosunda mekanik karıştırıcı ile 400 rpm'de ağzı kapalı şekilde 30 dk boyunca karıştırılmıştır.
- Hazırlanan homojen çözelti oda sıcaklığına soğuduğunda 2 g gliserol eklenerek mekanik karıştırıcı ile 400 rpm'de homojenize edilmiştir.

- Oda sıcaklığına gelen çözeltiliye önceden hassas terazide tartımları alınarak karıştırılmış 0,40 g sinnamaldehit ve 0,40 g Tween 80 eklenmiştir.
- Çözelti homojenizatörde (Yellowline D125, IKA, Almanya) 10.000 rpm'de 5 dk süre ile homojenize edilmiştir.
- Çözeltide oluşan baloncukların yok olması amacıyla çözelti ultrasonik su banyosunda (PMUY4LD, Protech, İstanbul, Türkiye) 5 dk bekletilmiştir.
- Filmlerin kusursuz olması amacıyla ayrıca vakum pompasıyla da hava kabarcıklarının uzaklaştırılması sağlanmıştır.
- Çözelti, iç çapı 14 cm olan polistiren petrilere pipet yardımıyla 40 ml dökülmüştür.
- Film çözeltisi içeren petrilere etüvde 24 saat 50 °C de kurutulmuştur.
- Süre sonunda elde edilen filmler doygun $Mg(NO_3)_2$ içeren desikatörde ($\%53 \pm 2$ bağıl nemde) 25 °C de 48 saat dinlendirilmiştir.

ii. %0,2 CN İçeren Yenilebilir Film Yapılması

%0,2 (w/v) oranında CN içeren film üretilmesi amacıyla 0,1 CN film üretim aşamaları takip edilmiştir. Filmlere 0,80 g CN ve 0,80 g Tween 80 karıştırılarak eklenmiştir.

iii. %0,3 CN İçeren Yenilebilir Film Yapılması

%0,3 (w/v) oranında CN içeren film üretilmesi amacıyla 0,1 CN film üretim aşamaları takip edilmiştir. Filmlere 1,20 g CN ve 1,20 g Tween 80 karıştırılarak eklenmiştir.

2. Film Analizleri

a. Kalınlık

Üretilen filmlerin kalınlığını ölçmek amacıyla farklı petrilere alınan filmlerin farklı noktalarından kalınlık ölçümleri alınmıştır. Bu amaçla 0,001 mm hassasiyette dijital bir mikrometre kullanılmıştır (3109-25A, Insize, Almanya).

b. Yoğunluk

Elde edilen farklı filmlerden bir kenarı yaklaşık 39 mm uzunluğunda olan kare parçalar kesilerek filmlerin kalınlığı (d) ve alanı (S) hacim hesabı yapılmıştır. Hassas terazi ile ölçülen film ağırlığı (m) hacme bölünerek yoğunluk (ρ) değerleri hesaplanmıştır.

$$\rho = \frac{m}{S \times d} \quad \text{formül 1}$$

c. Nem

Film örneklerinden elde edilen 20 mm çapında yuvarlak parçalar darası alınan cam petri kaplarına koyularak tartımları alınmıştır (w_i). Filmler sabit ağırlığa ulaşana kadar 24 saat 80 °C'de vakum etüvde (EV018, Nüve, Ankara, Türkiye) kurutulmuştur. Ardından filmlerin kuru ağırlığını belirlemek için tekrar tartılıp (w_f) değeri tespit edilmiştir. Testler üç paralel halinde gerçekleştirilerek ortalamaları alınmıştır. Toplam nem yüzdesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{Nem (\%)} = \frac{w_i - w_f}{w_i} \times 100 \quad \text{formül 2}$$

d. Su Buharı Geçirgenliği

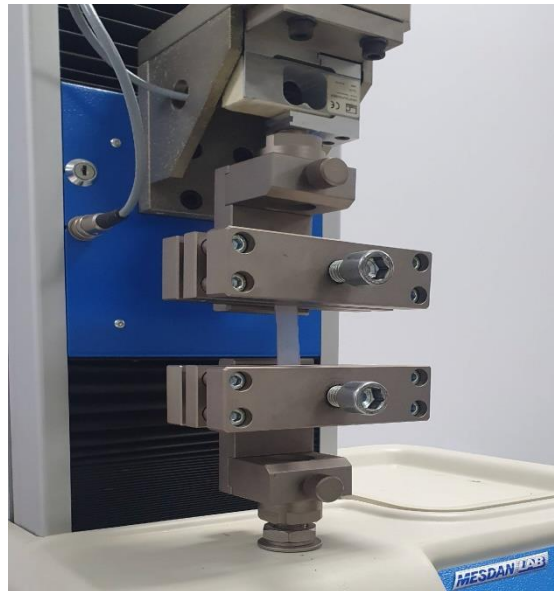
Filmlerin su buharı geçirgenliği, modifiye gravimetrik su metoduna ASTM standart metod E96/E96M'ye göre belirtilmiştir (ASTM, 2015). Analizin yapılması amacıyla Şekil 5'de görülen 29,7 cm²'lik ağız açıklığına sahip yuvarlak alüminyum test kapları kullanılmıştır. Kapların içine 20 ml distile su konularak uygun boyutlarda kesilen film örnekleri kap ve kapak arasındaki plastik conta üzerine yerleştirilmiş ve kapak kapatılarak vidaları takılmıştır. Kabın içerisindeki su yüzeyi ile film arasındaki mesafe yaklaşık 14 mm olarak ölçülmüştür. Kaplar 25 °C de doymuş Mg(NO₃)₂ çözeltisi içeren (53 ± 2% bağıl nemde) desikatör içerisine yerleştirilip ağırlık kayıpları 1 saat aralıklarla 6 saat boyunca hassas terazide tartılarak ölçülmüştür. Filmlerin su buharı iletim oranı (WVTR) hesaplamak için ağırlık kaybının zamana karşın değişim grafiği çizilip, eğim hesaplanmıştır. Su buharı geçirgenliği kat sayısı (WVP, g mm m⁻²h⁻¹kPa⁻¹), WVTR'nin film kalınlığı ile çarpılması ve film boyunca su buharı kısmi basınç farkına bölünmesiyle hesaplanmıştır (Yıldırım-Yalçın vd., 2019).



Şekil 5. Su buharı geçirgenliği analizinde kullanılan test kapları.

e. Mekanik Özellikler (Kopma Mukavemeti ve Kopma Anında Uzama Değeri)

Kopma mukavemeti ve kopma anındaki maksimum uzama değeri ASTM D 882-88 standart yöntemine göre ölçülmüştür (ASTM, 2012). Filmlerden 15 mm x 70 mm boyutlarında kesilen dikdörtgen örnekler test cihazının (LAB3-2512A, Mesdan LAB, İtalya) alt ve üst kıskaçları arasına sıkıştırılmıştır (Şekil 6). Filmlerin kıskaçlar arasındaki mesafesi 40 mm olacak şekilde ayarlanmıştır ve ölçümlerde 100 N yük ve 25 mm/dk hız kullanılmıştır. Kopma anındaki örneğe uygulanan kuvvet ile kopma anındaki maksimum uzama miktarları değerleri her film örneği için en az 8 kez okunmuştur.



Şekil 6. Mukavemet ölçme cihazı.

f. Fourier Transform Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi

Film örneklerinin FTIR spektrumları Bruker Invenio-S (Bruker C., Almanya) FTIR spektrofotometresi kullanılarak 600-4000 cm⁻¹ dalga boyu aralığında 4 cm⁻¹ ayırma ile alınmıştır.

g. Optik Geçirgenlik

Film opaklık değerinin belirlenmesi için UV-Görünür bölge spektrofotometre (T60UV, PG instruments, Birleşik Krallık) kullanılarak 600 nm'de absorbans ölçümü yapılmıştır. Filmler 0,4 cm genişliğinde 3 cm yüksekliğinde dikdörtgen parçalar halinde kesilip spektrofotometre küvetlerinin dış yüzeyine yerleştirilmiştir. Sonuçlar, 3 paralelli bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki formüle göre opaklık hesaplanmıştır:

$$\text{Opaklık} = \frac{A_{600}}{\delta} \quad \text{formül 3}$$

Buradaki A₆₀₀, 600 nm'deki absorbanstır ve δ ise film kalınlığıdır (mm).

h. Antimikrobiyal Aktivite

Yenilebilir filmlerin antimikrobiyal aktivitesi kuyu difüzyon metodu ile ölçülmüştür. CN içeren ve içermeyen film solüsyonlarının aktivitesini ölçmek için önce 0,1 ml kültür Nutrientagar besiyerine aktarılmıştır. Ardından kuyu açma aparatı 4'e bölünen besiyerlerine 6 mm çapında delikler açılmıştır. Kontrol grubu, %0,1 CN, %0,2 CN ve %0,3 CN solüsyonlarından açılan kuyucuklara pipet yardımıyla 0,1 ml konmuştur. Bir gün süreyle 37 °C'de inkübe edilen Petrielerde inhibisyon yarıçapları mm olarak kumpas ile ölçülmüştür ve 2 ile çarpılarak inhibisyon çapı hesaplanmıştır. Analizde kullanılan bakteriyel kontaminantlar *Bacillus cereus*, *Salmonella typhi*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* ve *Staphylococcus aureus* kültürleridir.

3. Film ile Kaplanmış ve Kaplanmamış Badem Ezmesi Analizleri

a. Kaplama Uygulaması

Üretilen filmler badem ezmelerine sarılarak kaplanmıştır. Filmler, badem ezmesinin her yerinde tek kat olacak şekilde sarılmıştır. Şekil 7 paketleme aşamasını ve paketlenmiş ürünleri göstermektedir.



Şekil 7. Badem ezmesi örneklerinin yenilebilir film ile sarılması aşaması ve kaplanmış örnekler.

b. Duyusal Analiz

Film ile kaplanmış badem ezmelerinin tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğinin ölçülmesi amacıyla duyu analizi gerçekleştirilmiştir. Duyu analizinde farklı oranlarda CN içeren filmler ile sarılmış 3 adet badem ezmesi rastgele bir sırayla beyaz tabaklar üzerinde panelistlere sunulmuştur (Şekil 8). Tadımlar arasında panelistlerin ağızını çalkalaması için su da verilmiştir. Analiz İstanbul Aydın Üniversitesi kampüsü içerisinde Gıda Mühendisliği bölümü Lisansüstü öğrencileri ile yaşları 30-60 arasında değişen toplam 50 kişilik bir panelist grubu tarafından gerçekleştirilmiştir. Panelistler her bir tanımlayıcı için 7 puanlık skala kullanarak değerlendirme yapmıştır. Şekil 9’de panelistlere sunulan duyu analizi test formu görülmektedir.



Şekil 8. Duyusal analiz örnekleri hazırlığı.

YENİLEBİLİR FİLM KAPLI BADEM EZMESİ

CİNSİYET: ERKEK KADIN

YAŞ: 18-28 29-39 40-50 51-üstü

Lütfen ürünler için aşağıdaki analiz formunu aşağıdaki sıraya göre numaralandırınız.

1) HİÇ 2) AZ 3) HAFİF 4) ORTA 5) İYİ 6) ÇOK
7) AŞIRI

	VQX	YWI	PGZ
1) Ürünün görünüşünü ne derece beğendiniz?			
2) Ürünün kokusunu ne derece beğendiniz?			
3) Ürünün tekstür yapısını ne derece beğendiniz?			
4) Ürünün tadını ne derece beğendiniz?			
5) Ürün hakkında genel beğeninizi derecelendiriniz.			

6) Ürünleri satın alır mıydınız?

VQX: Evet Belki Hayır

YWI: Evet Belki Hayır

PGZ: Evet Belki Hayır

7) Arkadaşınız tarafından ikram edilse bir daha yer miydiniz?

VQX: Evet Belki Hayır

YWI: Evet Belki Hayır

PGZ: Evet Belki Hayır

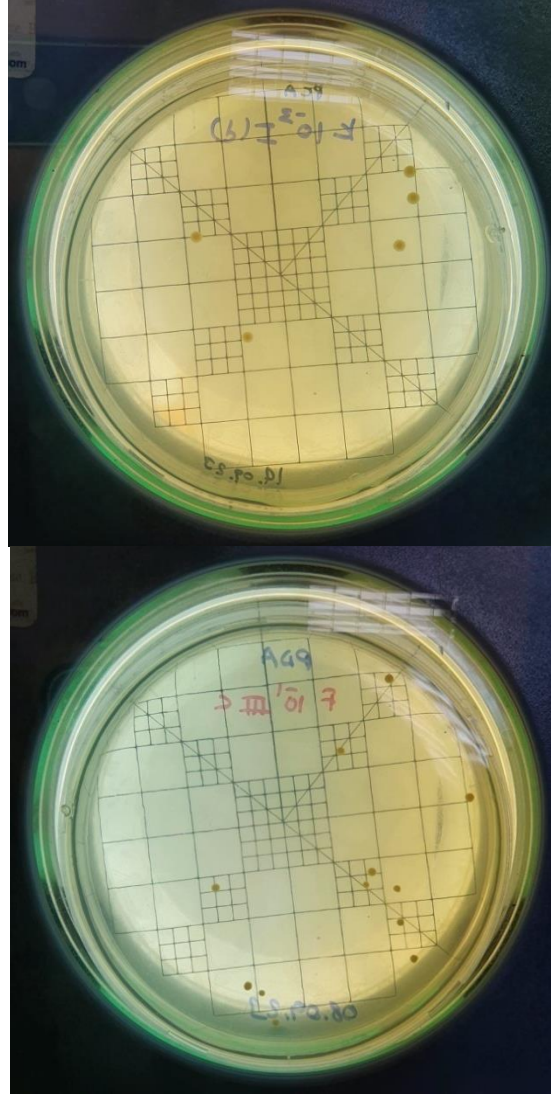
ÖZNEL YORUMUNUZ:

DESTEĞİNİZ İÇİN ÇOK TEŞEKKÜR EDERİZ,
İYİ GÜNLER.

Şekil 9. Duyusal analiz test formu.

c. Depolama Süresince Film ile Kaplanmış ve Kaplanmamış Badem Ezmesinin Mikrobiyal Yüğü

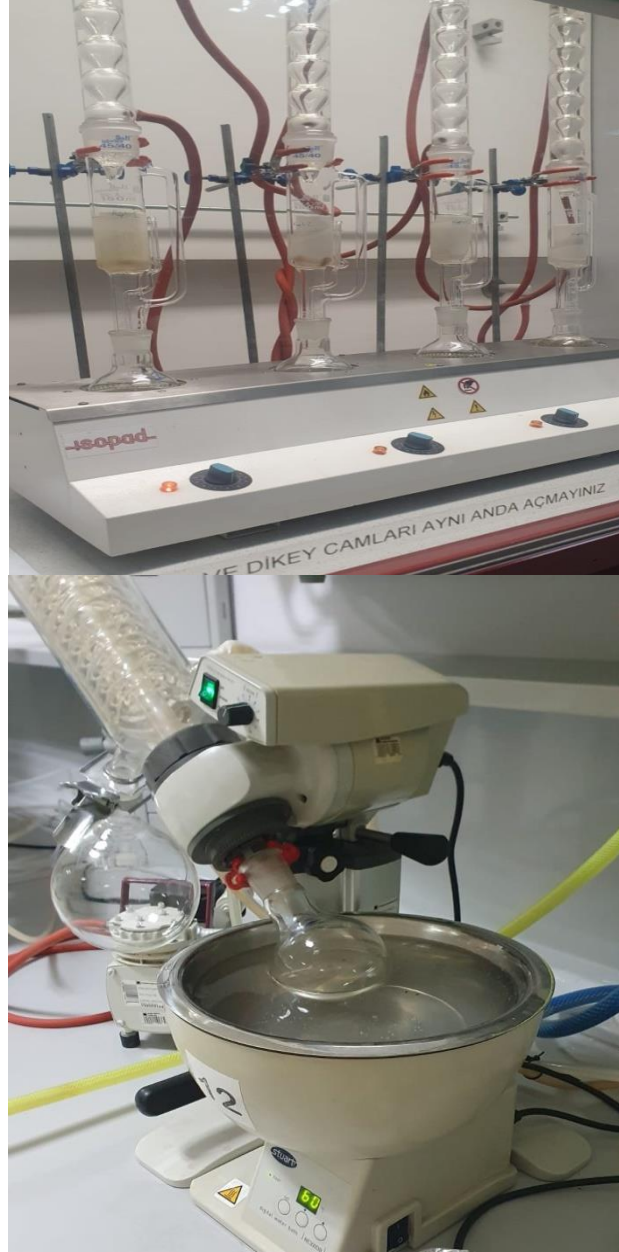
Yenilebilir film ile kaplanmış (%0,2 CN film) ve kaplanmamış badem ezmeleri plastik kapaklı bir kap içerisinde 15 gün süre ile oda sıcaklığında depolanmıştır. Depolama süresinde 1, 4, 7, 10 ve 15. günlerde badem ezmesi örneklerindeki toplam mezofilik aeroik ve maya ve küf analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla PlateCountAgar (PCA) ve PotatoDextroseAgar (PDA) besiyerleri ve dilüsyonların hazırlanması ve seyreltmek için peptonlu su hazırlanmıştır. Mikrobiyal analiz için 10 g badem ezmesi örneği steril stomacher torbasına alınarak 90 ml steril peptonlu su ile stomacherda 40 s homojenize edilmiştir. Elde edilen bu homojen karışımdan ileriki dilüzyonların hazırlanması amacıyla 1 ml alınıp 9 ml peptonlu su içeren deney tüpüne ilave edilmiştir ve deney tüpünden bir diğere de 1 ml'lik tranferler yapılarak 10^{-3} seviyesine kadar seyreltilmiştir. Pipet yardımıyla 10^{-1} , 10^{-2} ve 10^{-3} 'lük derişiklikteki deney tüplerinden 0,1 ml alınarak her besiyere 3 paralelli olacak şekilde ekim gerçekleştirilmiştir. Yayma plak yöntemi kullanılmıştır. Tüm bu işlemler alev yanında steril edilmiş tezgâhta yapılmıştır. PCA 37 °C'de 2 gün ve PDA 25 °C'de 5 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda oluşan koloniler sayılmıştır. Şekil 10'da PCA ve PDA besiyerindeki koloni sayımları gösterilmektedir.



Şekil 10. PCA ve PDA besiyerindeki koloni sayımları.

d. Depolama Süresince Film ile Kaplanmış ve Kaplanmamış Badem Ezmesinin Yağ Analizleri

Kaplanmış (%0,2 CN) ve kaplanmamış badem ezmesi örneklerinden 15 günlük depolama süresince 1, 4, 7, 10 ve 15. günlerde yağ analizleri için yağ ekstaksiyonu yapılmıştır. Havanda ezilen örnekler sonrasında soxhlet ekstraktöründe %98'lik hekzan solvent olarak kullanılarak ekstrakte edilmiştir. Elde edilen yağ ve solvent karışımından döner buharlaştırıcıda vakum altında 60 °C'de solvent buharlaştırılarak yağ ekstaksiyonu tamamlanmıştır. Şekil 11'de badem ezmesi örneklerinden yağ ekstaksiyonu aşamaları görülmektedir.



Şekil 11. Badem ezmelereinden yağın ayrıştırılması işlemi.

e. Serbest Yağ Asitliği Tayini (FFA)

Serbest yağ asitlerinin toplamı, yağlarda asitlik olarak ifade edilir. Yağlarda bozulma reaksiyonlarının başladığının göstergesidir. Yağlarda serbest yağ asitlerinin oranının artması, yağın kokusu ve tadını olumsuz yönde etkileyip raf ömrünü düşürmektedir. Oksijen, sıcaklık ve ışık faktörü başta olmak üzere çevresel faktörler gliserol molekülü ve esterleşmemiş yağ asitlerinin hidrolizi yoluyla serbestleşir. Yağın acılaşmasına sebep olurlar ve tüketilemez hale getirir. Yağlarda serbest yağ asitleri toplamı oleik asit yüzdesi olarak belirtilir. 1 gram

yağın nötürleşmesi için gerekli olan NaOH miligram ağırlığı şeklinde belirtilir. Titrimetrik metod kullanılarak gerçekleştirilir (Başoğlu F. 2012).

Badem ezmesi örneklerinden elde edilen yağda serbest yağ asidi AOAC 940.28 standart metoduna göre yapılmıştır (AOAC, 2000). Etanol ve dietil eter ile karıştırılan yağ, %1'lik fenolftalein indikatörü varlığında 0,1 N NaOH ile kalıcı pembe renk oluşana kadar titre edilir. Titrasyonda harcanan NaOH sarfiyatı kaydedilip oleik asit cinsinden FFA değeri hesaplanır:

$$\text{Serbest Yağ Asitliği (\%Oleik cinsinden)} = \frac{V \times N \times 28,2}{m} \quad \text{formül 4}$$

V: Titrasyonda sarf edilen NaOH'ın miktarı (ml)

N: NaOH çözeltisinin normalitesi

m: Numunenin ağırlığı

28,2: 282 (Oleik asidin molekül ağırlığı)x100/1000

f. Peroksit Sayısı Tayini

Oksidasyon gıda içerisindeki yağlarda meydana gelen bir bozulma türüdür. Doymamış yağ asitlerinin oksijen ile reaksiyona girip aktif oksijen oluşturan peroksitlere sebebiyet verir. Peroksit sayısı tayini, potasyum iyodürün 1 gram yağdaki peroksitin oksijeni ile okside olarak iyodunun serbest hale geçmesi ve bu iyodun tiyosülfat ile titre edilmesi prensibinden oluşur (Kayahan M.2003).

Badem ezmesi örneklerinden elde edilen yağda peroksit sayısı tayini AOAC 965.33 standart titrimetrik metoda göre yapılmıştır (AOAC, 2000). Ekstrakte edilen yağdan 5 gram alınıp, bir erlenmeyer içerisine konur. Erlen içerisindeki yağın üzerine hazırlanan asetik asit-kloroform (1,5:1, v:v) karışımından 30 ml eklendi. Karışıma 1 ml doymuş potasyum iyodür çözeltisinden ilave edilip ağzı kapatılıp 10 dakika karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Sonrasında içerisine 30 ml saf su eklenmiştir. Ardından 1 ml nişasta çözeltisi eklenip çalkalanarak oluşan koyu mor renk kaybolana kadar sodyum tiyosülfat ile titre edilmiştir. Sarfiyat miktarı aşağıdaki denklemde yerine konularak peroksit sayısı hesaplanmıştır:

$$\text{Peroksit sayısı (miliequivalent O}_2\text{/kg yağ)} = \frac{V \times N \times 1000}{m} \quad \text{formül 5}$$

V: Numune için titrasyonda harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisinin miktarı (ml)

N: Sodyum tiyofülfat çözeltisinin normalitesi (0,01 N)

m: Kullanılan numunenin miktarı (g)

4. İstatistiksel Analiz

Gerçekleştirilen film analizleri ve badem ezmesi kaplama analizlerinden elde edilen verilerin sonuçları ortalama \pm standart sapma olarak ifade edilmiştir. İstatistiksel analizlerin yapılması amacıyla SPSS yazılımı kullanılmıştır. Varyans Analizi (ANOVA) ve gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesi için Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır (IBM SPSS Statistics 19, SPSS Inc., Chicago, ABD). Anlamlılık düzeyi tüm istatistiksel analizlerde 0,05 olarak seçilmiştir.

IV. BULGULAR VE TARTIŞMA

A. Film Özellikleri

1. Kalınlık, Yoğunluk ve Nem

Kontrol film ve CN eklenmiş filmlerin kalınlık (mm), yoğunluk (g/cm^3) ve nem (%) değerleri. Çizelge 2’de gösterilmiştir. Filmlerin kalınlıkları 0,0217 ile 0,0315 mm arasında değişmektedir. Değerler gözlemlendiğinde CN eklenmesinin filmlerin kalınlığında anlamlı bir değişime neden olmadığı saptanmıştır ($p>0,05$). %0,1 CN, %0,2CN ve %0,3CN örnekleri incelendiğinde; filmlerin CN oranlarının değişmesi, kalınlık değerlerinde anlamlı bir değişime neden olmamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 2. Film örneklerinin kalınlık (mm), yoğunluk (g/cm^3) ve nem (%) analiz sonuçları.

Film Örnek	Kalınlık (mm)	Yoğunluk (g/cm^3)	Nem (%)
Kontrol	$0,0247 \pm 0,0032^{ab}$	$1,360 \pm 0,100^{ab}$	$13,389 \pm 1,530^b$
%0,1 CN	$0,0217 \pm 0,005^b$	$1,565 \pm 0,141^a$	$20,210 \pm 0,381^{ab}$
%0,2 CN	$0,0275 \pm 0,0049^a$	$1,390 \pm 0,064^{ab}$	$19,730 \pm 0,043^b$
%0,3 CN	$0,0315 \pm 0,0059^a$	$1,340 \pm 0,099^b$	$27,511 \pm 5,032^a$

Filmlerin yoğunluğu 1,340 ile 1,565 g/cm^3 arasında değişmektedir. Değerler incelendiğinde CN içeriğinin filmlerin yoğunluk değerlerinde bir değişime neden olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Nem değerleri %13,389 ile %27,511 arasında değişim göstermektedir. CN eklenmiş filmlerin nem içeriği kontrol film ile karşılaştırıldığında %0,1 CN ve %0,2 CN örnekleri için nem değerleri kontrolden farklı değilken ($p>0,05$) %0,3 CN için anlamlı bir artış olmuştur.

Guo X. vd. (2020)’nin yaptığı çalışmada, CMC ve CN içerikli CMC filmlerin kalınlıklarında da anlamlı bir farklılığa rastlanılmamıştır.

Han Y. ve Wang L. (2016)’nin pirogallik asit içerikli SA ve CMC filmlerinde asit oranı arttıkça nemlilik oranı artmıştır. Bu bulgu yüksek asit içeriğinin polimer yapıyı açarak yüklü bölgenin su molekülleri tarafından ulaşılabilir hale getirilmesi ile açıklanmıştır. Ayrıca pirogallik asitin higroskopik özellik göstermesi de su alımına neden olduğu bildirilmiştir.

2. Su Buharı Geçirgenliği

Filmlerin su buharı geçirgenliği değerleri Çizelge 3’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde film örneklerinin su buharı geçirgenliği değer ortalamaları 0,183 ile 0,435 gmm/m²hPa arasında değiştiği görülmektedir. Kontrol filme eklenen %0,1 oranındaki CN su buharı geçirgenliğini anlamlı bir şekilde arttırmıştır (p<0,05). Eklenen %0,2 oranındaki CN kontrol filme göre anlamlı bir fark oluşturmazken (p>0,05) %0,3 oranındaki CN anlamlı bir artışa neden olmuştur (p<0,05).

Çizelge 3. Film örneklerinin su buharı geçirgenliği (gmm/m²hPa) değerleri.

Film Örnekleri	Su buharı geçirgenliği (gmm/m ² hPa)
Kontrol	0,183 ± 0,011 ^c
%0,1 CN	0,260 ± 0,022 ^b
%0,2 CN	0,237 ± 0,010 ^{bc}
%0,3 CN	0,435 ± 0,028 ^a

Ayala-Zavala J. F. vd. (2012)’nin tarçın yaprağı yağı (CLO) içeren pektin film ile şeftali dilimlerini kaplamışlardır. CLO içeren pektin filmleri ile CLO içermeyen pektin filmleri arasında CLO içeren filmin su buharı geçirgenliği daha yüksek bulunmuştur ancak fark istatistiksel olarak önemli değildir. Emülsiyon veya katman halinde eklenen lipit gibi bileşenlerin filmlerin su buharı bariyer özelliklerini genellikle geliştirir. Ancak bu çalışmada anlamlı bir etki gözlenmemiştir.

Chen Y. vd. (2021)’nin ekstrüzyon yöntemi ile hazırladıkları yenilebilir filmlerde kolza tohumu yağı arttıkça su buharı geçirgenliği düşmüştür. Bu durum film matrisine eklenen yağın hidrofilik fazda düzensizlikler meydana getirerek suyun difüzyon yolunu uzattığı ve böylece su buharı geçirgenliğini düşürdüğüne bağlanmıştır.

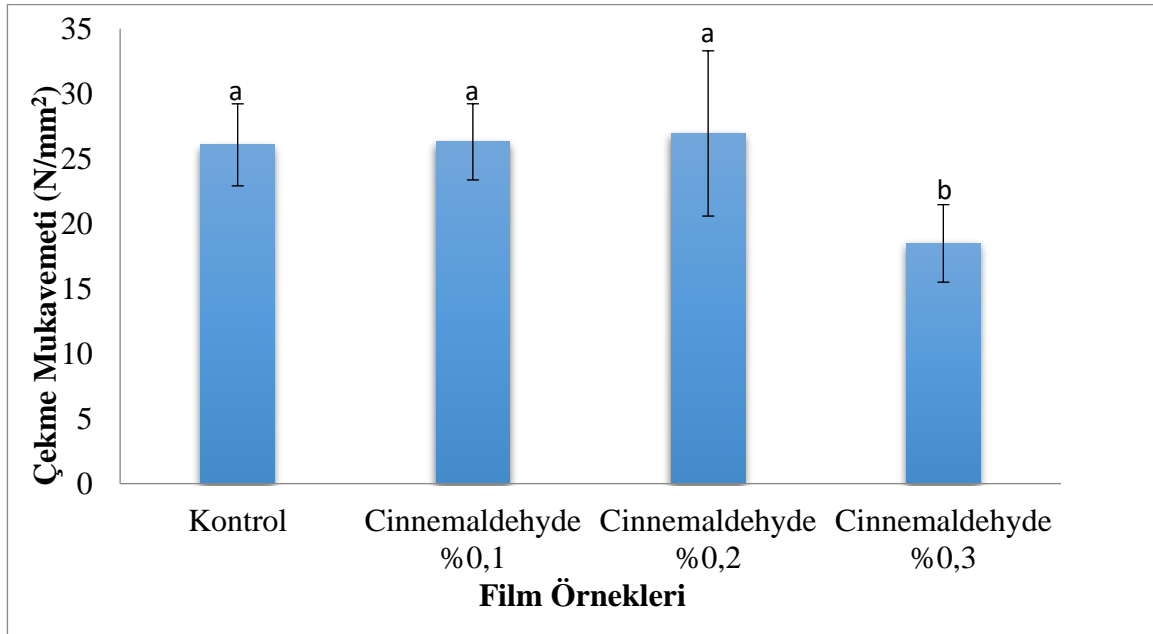
3. Mekanik Özellikler

Ambalaj filmlerinin mekanik özellikleri fiziksel dayanımını göstermektedir. Film örneklerinin çekme mukavemeti ve maksimum % uzama miktarları Şekil 12 ve Şekil 13’de gösterilmiştir. Film örneklerinin çekme mukavemeti 18,483 ile 26,944 N/mm² arasında değişmektedir. Çekme mukavemeti değerlerinin kontrol ve %0,1 ve %0,2 CN içeren filmler için istatistiksel olarak farklı olmadığı

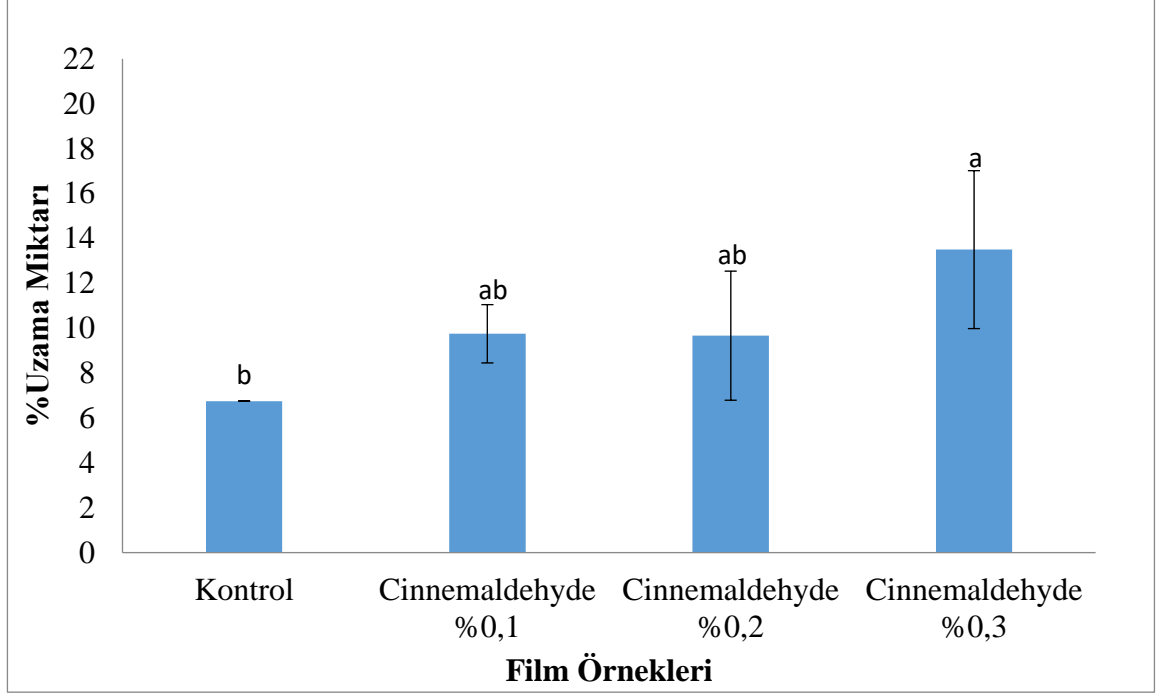
görülmektedir ($p>0,05$). Şekil 12’de görüldüğü gibi %0,3 CN filmde çekme mukavemetinin azaldığı gözlenmiştir ($p<0,05$).

Film örneklerinin maksimum % uzama miktarı %6,750 ile %13,500 arasında değişmiştir. Kopma anındaki maksimum uzama değerlerinin filmlerin CN konsantrasyonu arttıkça arttığı görülmektedir. CN oranı %0,1 ve %0,2 olduğunda filmlerin uzama değerlerinde kontrole göre anlamlı bir değişiklik olmazken ($p>0,05$) %0,3 CN içeren filmlerin uzama miktarının kontrolden anlamlı şekilde yüksek olduğu Şekil 13’de görülmüştür ($p<0,05$).

Han Y. vd. (2018)’nin tarçın esansiyel yağı (CEO) ile zenginleştirilmiş sodyum aljinat/karboksimetil selüloz filmlerinde CEO'nun dahil edilmesi kontrol filmiyle karşılaştırıldığında gerilme mukavemeti azalırken ve filmlerin % uzama miktarını arttırmıştır. Filmlere ilave edilen CEO, polimer yapıdaki yapışma kuvvetlerini azaltarak polimer zincir hareketliliğini arttırmaktadır. Ayrıca yağ damlacıklarının varlığı filmlerdeki gözenekliliğin artmasına neden olmaktadır. Böylece homojenlik azalarak gerilme mukavemeti azalır ve % uzama miktarı artar.



Şekil 12. Film örneklerinin çekme mukavemeti (N/mm²).



Şekil 13. Film örnekleri % uzama miktarları.

4. Opaklık

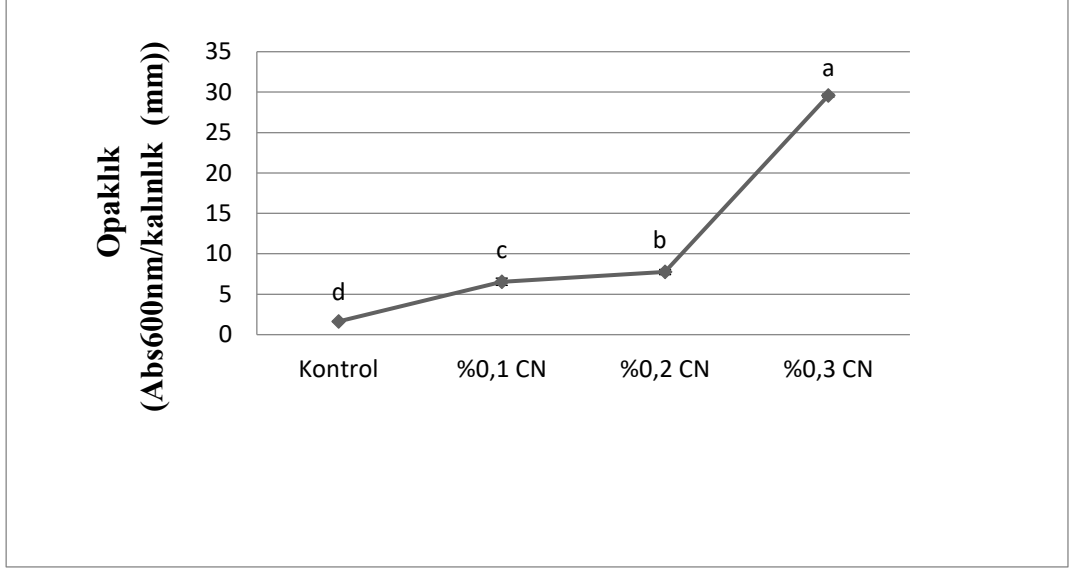
Gıda ambalajı olarak kullanılan filmlerin kaplandığı ürünü göstermesi için şeffaf olması istenir. Bu nedenle filmlerin opaklık değeri oldukça önemlidir. Şekil 14’de Kontrol film ile CN ilave edilmiş filmler görsel olarak karşılaştırıldığında CN içeriği arttıkça filmlerin opaklığının bir miktar arttığı ama hala arkasında bulunan görsellerin görünebilir olduğu görülmektedir.

Hosseini F. S. vd. (2021)’nin yaptıkları trans sinnamaldehit içerikli (%0,4, %0,8 ve %1,6 a/h) biyopolimer filmlerinde, çalışmamızda saplandığı gibi trans CN oranı ile doğru oranda opaklık artmıştır. Bu durum aktif maddenin doğal sarı rengine bağlanmıştır. Ayrıca filmlerin renginde olan değişiklikler CN’in film matrisindeki polimer molekülleri ile etkileşimi sonucu meydana gelen mikro yapısal değişikliklerden kaynaklanmaktadır.



Şekil 14. Film örneklerinin görünüşleri.

Kontrol ve CN filmlerin opaklık değerleri Şekil 15’de gösterilmiştir. Filmlerin opaklık değerleri 1,635 ile 29,577 arasında değişmektedir. Veriler incelendiğinde; CN içeriğinin artırılması filmlerin opaklığını doğrusal oranda anlamlı bir şekilde arttırmıştır ($p < 0.05$). Yüksek oranda CN içeren filmin (%0,3 CN) diğerlerine göre daha yüksek opaklıkta olduğu görülmektedir.



Şekil 15. Film örneklerin opaklık (Abs600nm/kalınlık) değerleri.

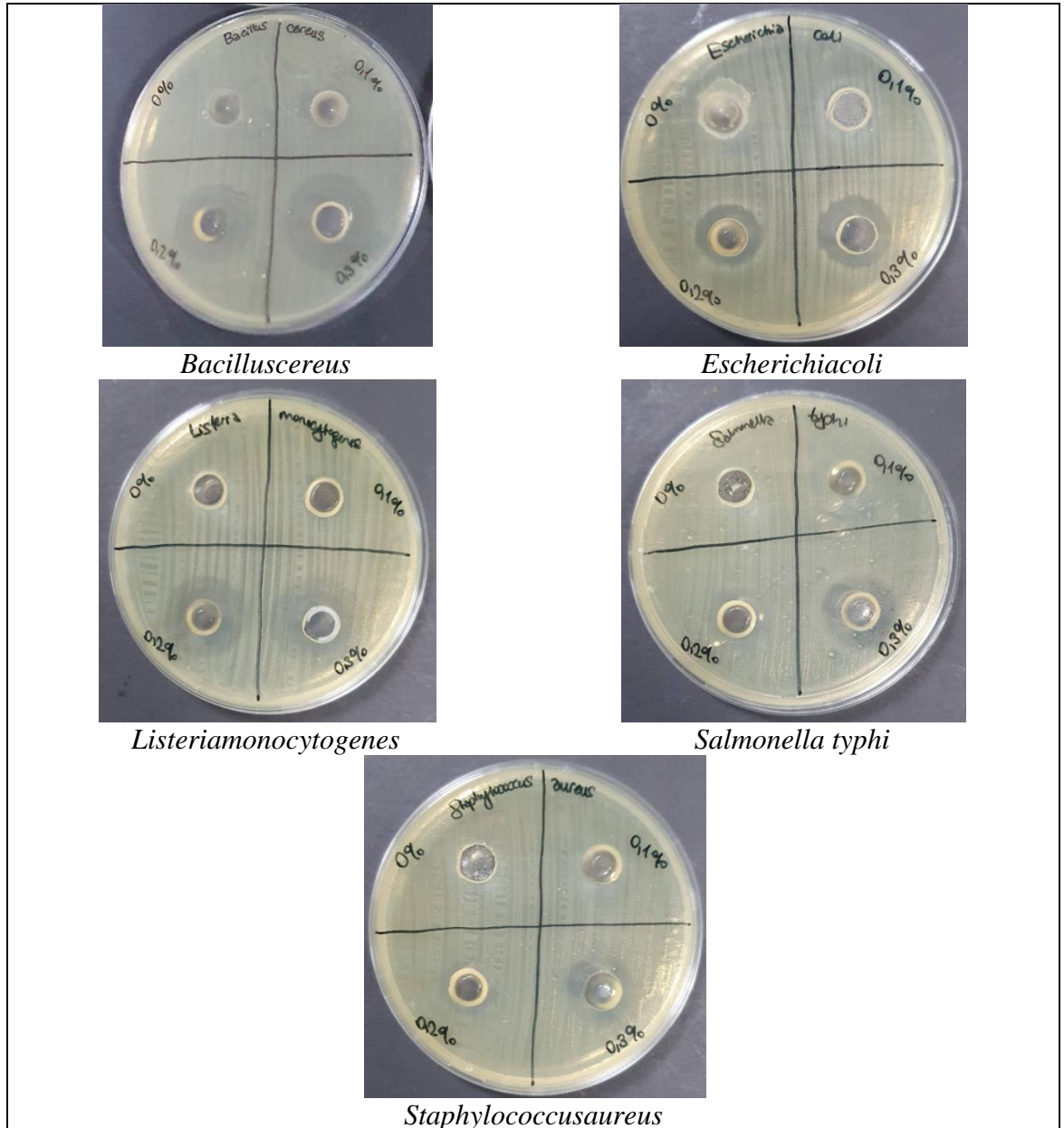
5. Antimikrobiyal Aktivite

Filmlerin antimikrobiyal aktivitesinin belirlenmesi amacıyla film çözeltilerinin kuyu difüzyon metodu ile çeşitli gıda patojenlerine karşı antimikrobiyal etkinliği test edilmiştir (Aytar M. vd., 2019). Antimikrobiyal aktiviteleri gösteren zonlar Şekil 16'da gösterilmiştir. Zon ölçümlerinin ortalama çap değerleri Çizelge 4'de verilmiştir. Kontrol filmlerde zon oluşumu gözlenmemiş olup antimikrobiyal aktivite göstermediği görülmüştür. CN içeren film örneklerinde tüm bakterilere karşı zon oluşumu mevcuttur ve CN konsantrasyonu artıkça paralel şekilde zon çapı da artmaktadır. Sınnamaldehit yoğunluğu artıkça *B. cereus*, *S. typhi*, *E. coli*, *L. monocytogenes* ve *S. aureus* bakterilerine karşı antimikrobiyal aktivite de artmıştır.

Alves D. vd. (2020)'nin yaptıkları SA ve %0,3 ile %0,4 CN içerikli SA filmlerinde *Salmonella* fajı $\phi 135$ ve *E. coli* fajı *EC4* suşlarına karşı antimikrobiyal etkilerine bakmışlardır. CN gibi hidrofobik yağ bileşikleri bakteriyel hücre zarı ile etkileşime girerek lipid tek tabakasında değişikliğine neden olmaktadır. Böylece hücre içinden fosfat ve diğer bileşenlerin sızıntısı gerçekleşmekte ve bakteri hücrelerinin ölümüne neden olmaktadır.

Çizelge 4. İnhibisyon zonu oluşumlarının çap (mm) ölçümleri.

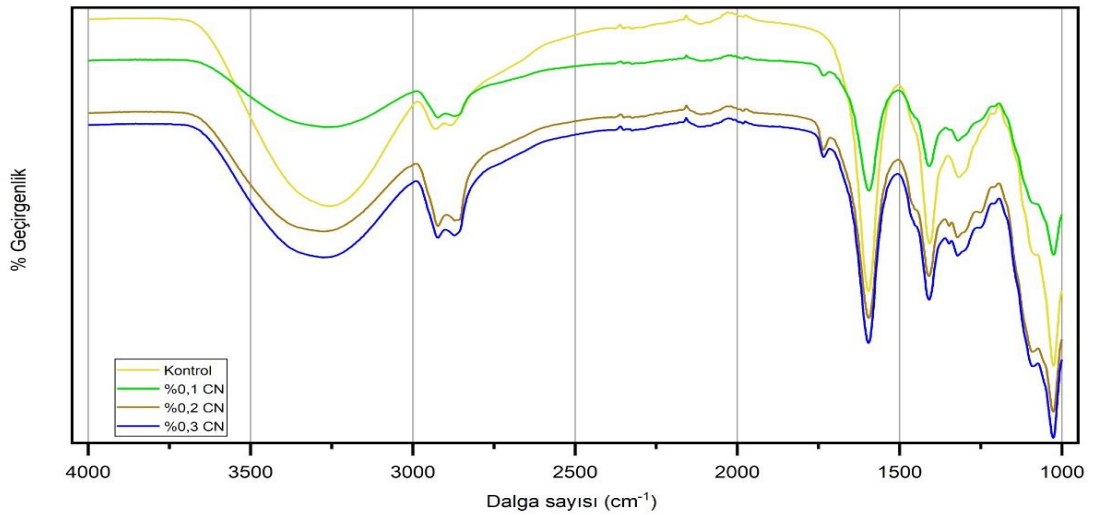
Filmler	<i>B. cereus</i>	<i>E. coli</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>S. typhi</i>	<i>S. aureus</i>
Kontrol	-	-	-	-	-
%0,1 CN	3,960±0,368	2,890±0,174	3,043±0,787	2,177±0,203	2,330±0,438
%0,2 CN	9,625±0,983	9,980±2,744	9,563±1,485	4,200±1,358	5,287±0,132
%0,3 CN	14,306±0,253	17,413±0,816	12,817±0,561	11,157±0,382	8,037±0,514



Şekil 16. Kontrol film ve CN içeren film çözeltilerinin antimikrobiyal aktiviteleri

6. Fourier Transform Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi

FTIR spektroskopisinde verilen pikler ile biyopolimer karışımları arasındaki fiziksel bağlar ve kimyasal etkileşimleri belirtilmektedir (Berthomieu vd., 2009). Çalışmada üretilen filmlerin FTIR analiz spektrumları Şekil 17’de gösterilmektedir. Filmlere CN ilave edilmesiyle yaklaşık 1700 cm^{-1} dalga boyunda oluşan yeni pik CN’in aldehit grubundaki C=O gerilme titreşimlerini göstermektedir (Yang Y. vd., 2020).



Şekil 17. Kontrol film, %0,1 CN, %0,2 CN ve %0,3 CN örneklerinin Fourier transform kızılötesi (FTIR) spektroskopisi.

7. Duyusal Analiz

CN ilave edilmiş filmler ile kaplanmış badem ezmelerine yapılan tüketici testinin sonuçları Çizelge 5 ve Çizelge 6’da verilmiştir. Tüketici testinin sonuçlarının ortalaması %0,2 CN içeren filmin diğer ikisine göre daha çok beğenildiğini ancak sonuçlar arasında anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymaktadır ($p>0,05$). Çizelge 6’ya göre panelistler “Ürünleri satın alırdınız mıydınız?” ve “Arkadaşınız tarafından ikram edilseydi yer miydiniz?” sorularına en fazla evet cevabını %0,2 CN filmi ile kaplanmış badem ezme için vermişlerdir.

Çizelge 5. Tüketici kabul testi sonuçları.

Sorular	%0,1 CN	%0,2 CN	%0,3 CN
Ürünün görünüşünü ne derece beğendiniz?	4,56 ± 1,46 ^a	4,84 ± 1,46 ^a	4,68 ± 1,67 ^a
Ürünün kokusunu ne derece beğendiniz?	4,08 ± 1,71 ^a	4,60 ± 1,67 ^a	4,14 ± 1,62 ^a
Ürünün tekstür yapısını ne derece beğendiniz?	4,18 ± 1,84 ^a	4,48 ± 1,75 ^a	4,34 ± 1,73 ^a
Ürünün tadını ne derece beğendiniz?	4,12 ± 2,04 ^a	4,52 ± 1,81 ^a	4,26 ± 1,99 ^a
Ürün hakkında genel beğeninizi derecelendiriniz.	4,28 ± 1,67 ^a	4,70 ± 1,46 ^a	4,46 ± 1,49 ^a

Çizelge 6. Duyusal analizde tüketicilere sorulan satın alma eğilimi sorularının cevapları.

	Ürünleri satın alır mıydınız?			Arkadaşınız tarafından ikram edilseydi yer miydiniz?		
	Evet	Belki	Hayır	Evet	Belki	Hayır
%0,1 CN	14	12	24	21	8	21
%0,2 CN	15	19	16	24	14	12
%0,3 CN	12	19	16	20	12	18

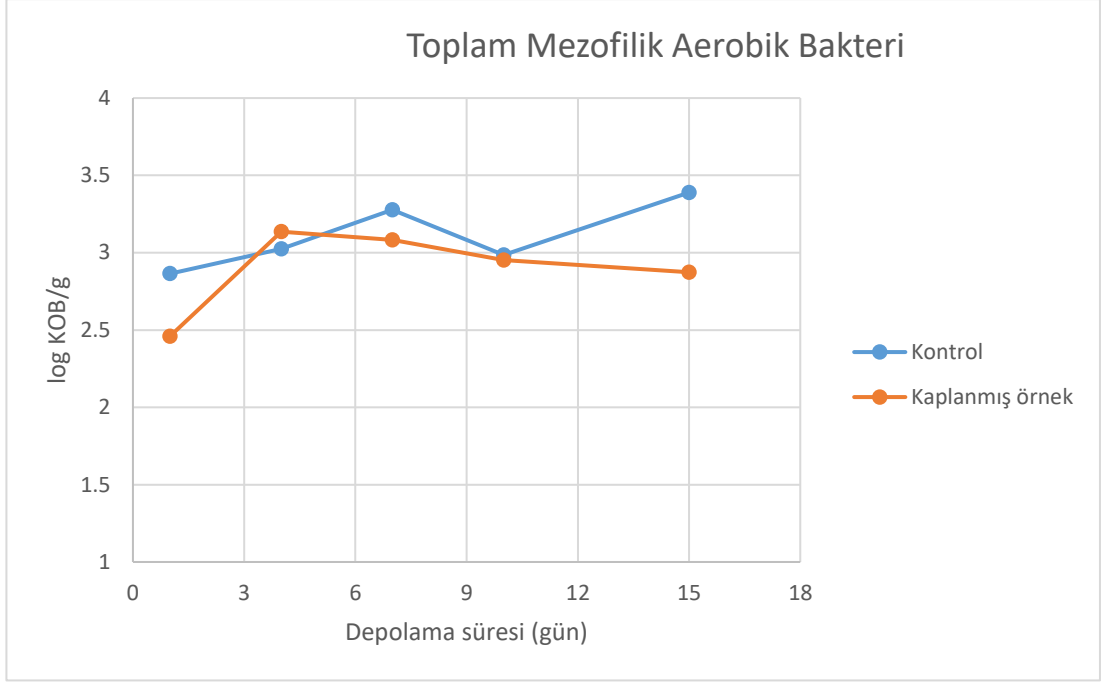
Tüm film analizleri değerlendirildiğinde mekanik, su buharı geçirgenlik ve optik özellikleri ve duysal kabul edilebilirliği ile %0,2 CN film badem ezmesi depolama çalışmalarında kullanılmak üzere seçilmiştir.

B. Badem Ezmesi Depolama Analizleri

1. Film ile Kaplanmış ve Kaplanmamış Badem Ezmesinin Mikrobiyal Yüğü

- Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı gıda ürünlerinin raf ömrünün ve kalite standartlarının belirlenmesinde kullanılır. Kaplanmamış badem ezmeleri ile %0,2 CN içeren film ile kaplanmış badem ezmelerinin zamana bağılı olarak toplam mezofilik aerobik sayılarını gösteren grafik Şekil 18’de verilmiştir. İnkübasyon sonrası sayılan kolonilerin sayıları ise Çizelge 7’de gösterilmiştir. Kaplanmamış kontrol badem ezmesi örneğinin 1. gün sonucu 2,864 log Kob/g iken 15 gün oda sıcaklığında depolama sonrasında 3,389 log KOB/g olmuştur. %0,2 oranında CN içeren film ile kaplanmış badem ezmesi örnekleri 1. gün sonunda kontrol örneğine göre daha düşük seviyede toplam mezofilik aerobik bakteri içermektedir (2,46 log KOB/g). Depolama süresince 4, 7 ve 10. günlerde kaplanmış ve kontrol örneklerinin toplam mezofilik aerobik sayıları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar oluşmamıştır ($p > 0,05$). Ancak depolama süresinin sonunda kaplanmış örnek için koloni sayısı 2,874 log KOB/g olarak bulunmuştur. Bu değer kontrol numuneleri için bulunan değerden istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşüktür ($p < 0,05$). Diğer bir ifade ile %0,2 CN içeren film 15 gün depolamada badem ezmesinin toplam mezofilik aerobik canlı sayısının azalmasını sağlamıştır.



Şekil 18. PCA besiyerinde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı.

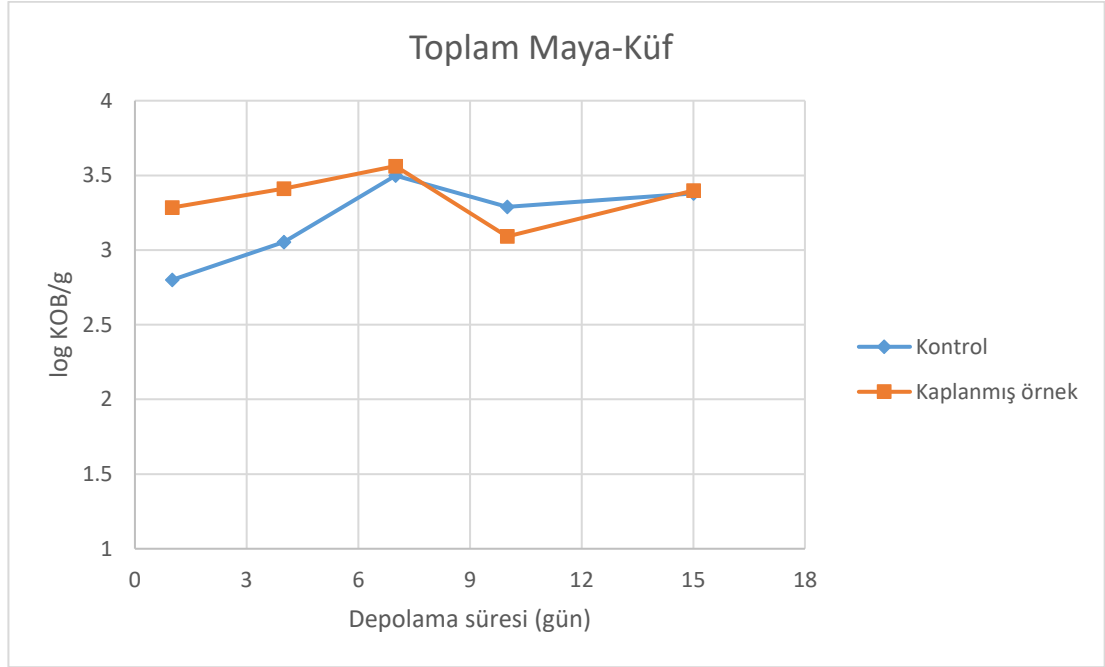
Çizelge 7. Depolama sırasındaki toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları (log KOB/g)

Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı (log KOB/g)		
Gün	Kontrol	Kaplanmış örnek
1	2,864 ± 0,033 ^d	2,46 ± 0,151 ^e
4	3,025 ± 0,172 ^{cd}	3,136 ± 0,134 ^{bc}
7	3,278 ± 0,023 ^{ab}	3,082 ± 0,166 ^{bcd}
10	2,985 ± 0,026 ^{cd}	2,951 ± 0,222 ^{cd}
15	3,389 ± 0,013 ^a	2,874 ± 0,033 ^d

- Toplam Maya ve Küf Sayısı

Kaplanmamış badem ezmeleri ile %0,2 CN içerikli film kaplı badem ezmelerinin toplam maya-küf sayısı Çizelge 8’de ve Şekil 19’da verilmiştir. Kontrol badem ezmesi örneği 1. depolama gününde 2,800 log KOB/g içerirken kaplanmış örnek için bu değer 3,284 KOB/g olarak bulunmuştur. Kaplanmış örnekte maya-küf sayısının ilk depolama gününde daha yüksek çıkması film üretim ve depolanması sırasında meydana gelen bulaşma kaynaklı olabileceği düşünülmüştür. Dördüncü depolama gününde de kaplanmış badem ezmesi örneğinin maya-küf sayısı daha yüksek çıkarken, ilerleyen 7, 10 ve 15. depolama günlerinde kontrol ve kaplanmış örnekler arasında anlamlı farklar bulunmamıştır

($p > 0,05$). Bu sonuç CN ilaveli filmlerin badem ezmelerinde maya-küf gelişimi üzerinde 15 günlük depolama süresince engelleyici bir etki oluşturmadığını göstermektedir.



Şekil 19. PDA besiyerinde toplam maya-küf sayısı.

Çizelge 8. Depolama sırasındaki toplam maya-küf sayıları (log KOB/g)

Toplam Maya-Küf Sayısı (log KOB/g)		
Gün	Kontrol	Kaplanmış örnek
1	2,800 ± 0,039 ^d	3,284 ± 0,056 ^{bc}
4	3,054 ± 0,212 ^c	3,411 ± 0,188 ^{ab}
7	3,498 ± 0,102 ^{ab}	3,562 ± 0,164 ^a
10	3,289 ± 0,074 ^{bc}	3,091 ± 0,286 ^c
15	3,380 ± 0,026 ^{ab}	3,398 ± 0,025 ^{ab}

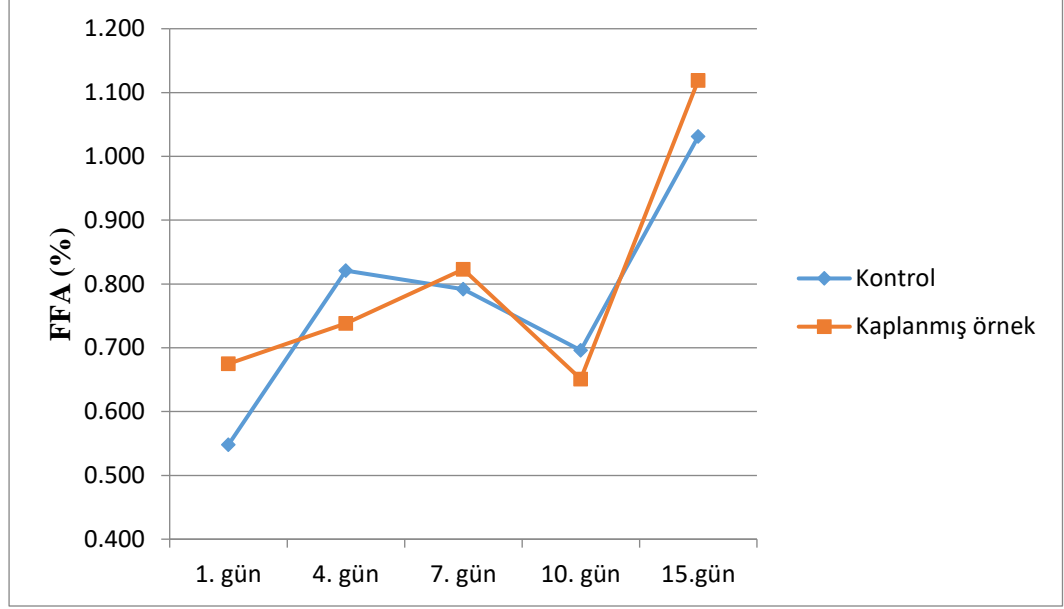
Konuk-Takma D. vd. (2018)'nin yaptığı, katkısız şekerli badem ezmesini küçük cam kavanoz ve polietilen poşet ambalajları içerisinde 4°C ve 21°C'de muhafaza etmişlerdir. 0, 14, 28, 42 ve 56 günlük depolama sırasında toplam aerobik mezofilik bakteri ve maya-küf sayımları gerçekleştirmişlerdir. Toplam aerobik mezofilik bakterilere 3M petri filmlerde ve maya-küf sayımlarını patates dekstroz agar (PDA) kullanılarak belirlemişlerdir. Badem ezmesi örneklerinin raf ömrünü malzeme türü ve saklama sıcaklığı etkilemiştir. Toplam aerobik mezofilik bakteri ve maya-küf için her iki ambalaj malzemesinde 4 °C'de 21 °C'ye kıyasla daha düşük üremeler gerçekleşmiştir. Başlangıçta toplam aerobik

mezofilik bakteri üremesinde polietilen ambalajda 3,3 log KOB/g bulunmuşken cam kavanozlarda 3,7 log KOB/g olarak bulunmuştur. Maya-küf koloni sayımlarında cam kavanozlarda polietilen ambalaja kıyasla daha az üreme gerçekleşmiştir. Ayrıca cam ambalajlar depolama süreci boyunca maya-küf sayısında bir değişim olmamıştır. Bu sonuç, maya-küf gelişiminin engellenmesinde cam ambalajın daha koruyucu etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Cam ambalajdaki daha az maya-küf üremesi camın daha az oksijen geçirgenliğine bağlanmıştır.

2. Serbest Yağ Asitliği Tayini (FFA)

Serbest yağ asitliği (FFA) yağın içerisindeki serbest yağ asitlerinin 1 g başına nötrleştiren potasyum hidroksidin miligram ağırlığını vermektedir. Serbest yağ asitliği, gıdalar için önemli bir kalite parametresidir. Gıdaların raf ömrü takibinde ve kalite kontrollerinde kullanılmaktadır. Serbest yağ asitliğinin yüksek çıkması yağ oksidasyonunun başladığının işaretidir (Saygın-Gümüşkesen A. vd., 2004).

Kontrol ve %0,2 CN ile kaplanmış badem ezmesi örneklerinin FFA değeri Şekil 20'de ve Çizelge 9'da verilmiştir. Depolamanın 1. gününde sırasıyla 0,548 ve 0,675 olarak bulunmuştur ve bu değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılığa sahip değildir. Depolama süresince kaplanmamış ve kaplanmış badem ezmesi örneklerinin her ikisi için de FFA değeri zamanla artmıştır. Eşit sürelerde kontrol ve kaplanmış örneklerin FFA değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 20. Badem ezemelerinde serbest yağ asitliği (FFA)

Çizelge 9. Badem ezemelerinde serbest yağ asitliği değerleri

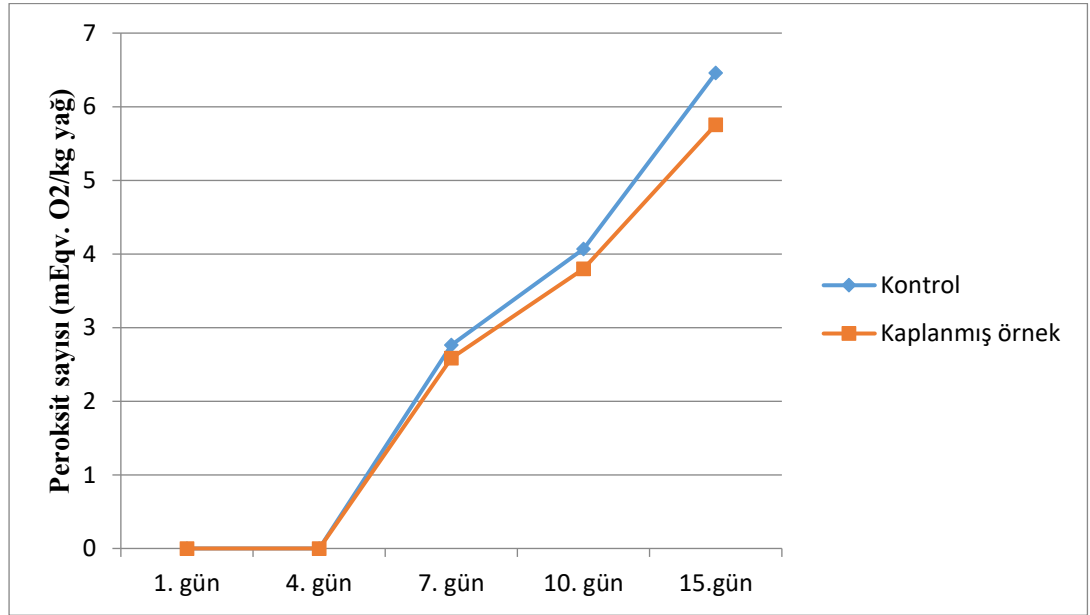
Gün	Serbest Yağ Asitliği (FFA)	
	Kontrol	Kaplanmış örnek
1	0,548 ^c ± 0,017	0,675 ^{bc} ± 0,002
4	0,821 ^b ± 0,000	0,738 ^{bc} ± 0,000
7	0,792 ^b ± 0,231	0,823 ^b ± 0,045
10	0,696 ^{bc} ± 0,054	0,651 ^{bc} ± 0,062
15	1,031 ^a ± 0,152	1,119 ^a ± 0,053

3. Peroksit Sayısı Tayini

Gıdalarda peroksit tayini, ürünün tüketime uygunluğu hakkında bilgi verir. Temel prensibi yağın içerisindeki peroksit oksijeni ile potasyum iyodürün okside olarak iyodun serbest hale geçmesidir. Serbest haldeki iyodun tiyosülfat ile titrasyonu sonucunda elde edilir. 1 gram yağ içerisindeki aktif oksijen miktarının ölçüsünü belirtir. Yağlarda acılaşıma (ransidite) durumunun tespiti için de kullanılmaktadır (Saygın-Gümüşkesen A. vd., 2004).

Kontrol ve kaplanmış badem ezmesi örneklerine 15 günlük depolama süresince uygulanan peroksit sayısı analizinin sonuçları Şekil 21’de ve Çizelge 10’da verilmiştir. Örneklerde uygulanan peroksit analizinde depolamanın 1. gün ile 4.gün deneylerinde peroksit sayısı tespit edilememiştir. Depolamanın 7. ve 10.

günlerinde kaplanmış örnekler için kontrol örneğe göre daha düşük peroksit sayısı tespit edilmiştir ancak aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0,05$). Depolamanın 7. gününde kontrol örneği için 2,765 mEqv/kg yağ, %0,2 CN film ile kaplanmış örnekte ise 2,584 mEqv/kg yağ peroksit sayısı bulunmuştur. Depolamanın 10. gününde ise kontrol ve kaplanmış örneklerin peroksit sayısı sırasıyla 4,069 ve 3,800 mEqv/kg yağ olarak bulunmuştur. Son depolama günü olan 15. günde örneklerin içerdikleri yağ için peroksit sayısı kontrol örneğinde 6,458 mEqv/kg yağ olurken kaplanmış örnekte 5,757 mEqv/kg yağ olarak bulunmuştur. Bu durum depolamanın son gününde kaplamanın badem ezmesi içeriğindeki yağın peroksit sayısının artmasında anlamlı bir yavaşlamaya neden olduğu şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 21. Badem ezmelerinin peroksit değerleri.

Çizelge 10. Badem ezmelerinin peroksit değerleri.

Gün	Peroksit tayini	
	Kontrol	Kaplanmış örnek
1	0	0
4	0	0
7	$2,765^d \pm 0,018$	$2,584^d \pm 0,008$
10	$4,069^c \pm 0,080$	$3,800^c \pm 0,145$
15	$6,458^a \pm 0,186$	$5,757^b \pm 0,041$

Capanoğlu E. ve Boyacıoğlu D. (2007) antioksidan ilave edilmiş ve edilmemiş badem ezmesi örneklerine 5, 12, 19 ve 26 gün boyunca 4 °C ve 30 °C’de muhafaza etmişlerdir. Bu süreçte serbest yağ asitliği ve peroksit sayılarına bakmışlardır. Antioksidan ilaveli badem ezmelerinde ilavesizlere göre daha düşük seviyelerde serbest yağ asitliği ve peroksit sayıları saplanmış ve 30 °C’de muhafaza edilen grupta ilk gün ve son gün farkı 4 °C’de muhafaza edilen gruptan daha yüksek olduğu saplanmış. Bunun sebebi antioksidan ilavesinin ve soğuk muhafazanın oksidasyon reaksiyonuna karşı koruyucu etki göstermesine bağlanmıştır.

V.SONUÇ

Bu çalışmada, sodyum aljinat (SA) ile karboksimetil selüloz (CMC) kullanılarak yenilebilir film üretilmiştir. Elde edilen yenilebilir filmlere farklı oranlarda (%0,1, %0,2 ve %0,3 w/v) sinnamaldehit (CN) ilave edilerek filmlerin karakteristik özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla kalınlık, yoğunluk, nem, su buharı geçirgenlik, mekanik dayanım, opaklık, FTIR, antimikrobiyal aktivite analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular filmlerin kalınlık ve yoğunluk değerinin CN içeriği ile değişmediğini göstermiştir. Yüksek oranda CN (%0,3) içeren filmlerin nem ve su buharı geçirgenliği artarken çekme dayanımı azalmıştır. Ayrıca %0,3 oranında CN eklendiğinde daha opak filmler elde edilmiştir. CN içeren tüm filmlerin *Bacillus cereus*, *Salmonella typhi*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* ve *Staphylococcus aureus* bakterilerine karşı antimikrobiyal etkiye sahip olduğu ve CN içeriğine bağlı olarak antimikrobiyal etkinin arttığı bulunmuştur.

CN içeren filmler ile sarılan badem ezmesi örneklerine tüketici kabul testi yapılmıştır ve %0,2 CN içeren filmin tüketiciler tarafından daha fazla satın alınabileceği görülmüştür. Yapılan film analizleri sonucunda nem dayanımı, mekanik dayanım, opaklık değeri ve duyuusal tercih edilebilirliği nedeniyle badem ezmesi depolama çalışmalarında %0,2 CN içeren filmler kullanılmıştır. Bu film ile kaplanmış badem ezmesi örnekleri ve kaplanmamış kontrol örnekleri 15 gün süre ile oda sıcaklığında depolanmıştır. Seçilen filmin badem ezmesi depolanması sırasında mikrobiyal yük, toplam serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı yönünden etkinliği değerlendirilmiştir. Filmlerimizde elde edilen verilere göre; 15 gün depolama sonucunda kaplanmamış ve kaplanmış örneklerin toplam serbest yağ asitliği ve toplam maya-küf sayılarında anlamlı bir değişiklik olmamıştır. Ancak kaplanmış örneklerin peroksit sayısı ve toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı 15 gün sonunda kaplanmamış örneklere göre daha az olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak; %0,2 CN içeren filmin tüketiciler tarafından kabul edilir ve badem ezmesinin depolanması sırasında toplam mezofilik aerobik bakteri gelişmesini ve

yağ acılaşmasını yavaşlatıcı etki göstererek raf ömrünü arttırmaya uygun bir yenilebilir ambalaj olduğu yorumu yapılabilir.

VI. KAYNAKÇA

KİTAPLAR

ASTM (2012). **Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting** - D882-12. West Conshohocken, PA: ASTM, Annual Book of American Standard Testing Methods.

ASTM (2015). **Standard test method for water vapor transmission of materials** - E96/E96M-15. West Conshohocken, PA: ASTM, Annual Book of American Standard Testing Methods.

HEINE P. (2018). **The Culinary Crescent: A History of Middle Eastern Cuisine**, Chapter – otoman cuisin, ss 132-165.

HUBER C. K & EMBUSCADO E. M. (2009). **Edible Films and Coatings for Food Applications**, Chapter 13 – Mechanical and Permeability Properties of Edible Films and Coatings for Food and Pharmaceutical Applications, ss 347-365.

JUNG H. Han (2014). **Innovations in food packaging (second edition)**, Chapter 9 – edible films and coatings, ss 213-255.

RUDOLPH M. J. & BRODY L. A. (2007). **Developing New Food Products for a Changing Marketplace**, Chapter 9 – Development of Packaging for Food Products, ss 52.

MAKALELER

ABDOLLAHZADEH E., NEMATOLLAHI A. & HOSSEINI H. (2021). Composition of antimicrobial edible films and methods for assessing their antimicrobial activity. **Trends in food science & technology**, cilt 110, ss. 291-303.

- ALVES D., CERQUEIRA M. A., PASTRANE M. L. & SILLANKORVA S. (2020). Entrapment of a phage cocktail and cinnamaldehyde on sodium alginate emulsion-based films to fight food contamination by *Escherichia coli* and *Salmonella Enteritidis*. **Food Research International**, cilt 128, ss. 108791.
- AYALA-ZAVALA J. F., SILVA-ESPINOZA B. A., CRUZ-VALENZUELA M. R., LEYVA J. M., ORTEGA-RAMIREZ L. A., CARRAZCO-LUGO D. K., PÉREZ-CARLÓN J. J., MELGAREJO-FLORES B. G., GONZÁLEZ-AGUIJAR G. A. & MIRANDA M. R. A. (2012). Pectin–cinnamon leaf oil coatings add antioxidant and antibacterial properties to fresh-cut peach. **Flavour and Fragrance Journal**, cilt 28, ss. 39-45.
- AYTAR M., ORYAŞIN E., BAŞBULBUL G. & BOZDOĞAN B. (2019). Standardization Study For Agar Well Diffusion Method. **Jonas**, cilt 2, ss. 138-145.
- BENCHABANE A. & BEKKOUR K. (2008). Rheological properties of carboxymethyl cellulose (CMC) solutions. **Colloid and Polymer Science**, cilt 286:1173, ss. 1180
- BERTHOMIEU C. & HIENERWADEL R. (2009). Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. **Photosynth Research**, cilt 101:157, ss. 170.
- BOATENG J. S., STEVENS N. E. H., ECCLESTON M. G., AUFFRET D. A., HUMPHREY J. M. & MATTHEWS H. K. (2009). Development and mechanical characterization of solvent-cast polymeric films as potential drug delivery systems to mucosal surfaces. **Drug Development and Industrial Pharmacy**, cilt 35, ss. 986-996.
- CAPANOGLU E. & BOYACIOGLU D. (2007). IMPROVING THE QUALITY AND SHELF LIFE OF TURKISH ALMOND PASTE. **Journal of Food Quality**, cilt 31, ss. 429-445.
- CHEN Y., SUN C., ZHAI X., ZHANG R., ZHANG S., SUN C., WANG W., & HOU H. (2021). Effect of lipids with different physical state on the physicochemical properties of starch/gelatin edible films prepared by

- extrusion blowing. **International Journal of Biological Macromolecules**, cilt 185, ss. 1005-1014.
- DEBEAUFORT F., QUEZADA-GALLO J. A. & VOILLEY A. (2010). Edible Films and Coatings: Tomorrow's Packagings. **Critical Reviews in Food Science**, cilt 38:4, ss. 299-313.
- DOYLE A. A. & STEPHANS C. J. (2019). A review of cinnamaldehyde and its derivatives as antibacterial agents. **Fitoterapia**, cilt 139, ss. 104405.
- DUROY M. Q. (2005). The determinants of environmental awareness and behavior. **Rensselaer Working Papers in Economics**, cilt 740, ss. 587-6314
- ERKMEN O. & BARAZI O. A. (2018). General characteristic of edible films. **Journal of food biotechnology research**, cilt 2, ss. 1-3.
- FALGUERA V., QUINTERO P. J., JIMENEZ A., MUNOZ A. J. & IBARZ A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. **Trends in food science & technology**, cilt 22, sayı 6, ss 292-303.
- GADKARI R. R., SUWALKA S., YOGI M. R., ALI W., DAS A. & ALAGIRUSAMY R. (2019). Green synthesis of chitosan-cinnamaldehyde cross-linked nanoparticles: Characterization and antibacterial activity. **Carbohydrate Polymers**, cilt 226, ss. 11529.
- GALUS S., KIBAR A. A. E., GNIEWOSZ M. & KRASNIEWSKA K. (2020). Novel materials in the preparation of edible films and coatings. **Coatings**, cilt 10, ss. 674.
- GUO X., CHEN B., WU X., LI J. & SUN Q. (2020). Utilization of cinnamaldehyde and zinc oxide nanoparticles in a carboxymethyl cellulose-based composite coating to improve the postharvest quality of cherry tomatoes. **International Journal of Biological Macromolecules**, cilt 160, ss. 175-182.
- HAN Y. & WANG L. (2016). Sodium alginate/carboxymethyl cellulose films containing pyrogallol acid: physical and antibacterial properties. **Science of Food and Agriculture**, cilt 97, ss. 1295-1301.

- HAN Y., YU M. & WANG L. (2018). Physical and antimicrobial properties of sodium alginate/carboxymethyl cellulose films incorporated with cinnamon essential oil. **Food Packaging and Shelf Life**, cilt 15, ss. 35-42.
- HOSSEINI F. S., GHADERI J. & GOMEZ-GUILLEN C. M. (2021). trans-Cinnamaldehyde-doped quadripartite biopolymeric films: Rheological behavior of film-forming solutions and biofunctional performance of films. **Food Hydrocolloids**, cilt 112, ss. 106339.
- JI M., SUN X., GUO X., ZHU W., WU J., CHEN L., WANG J., CHEN M., CHENG C. & ZHANG Q. (2019). Green synthesis, characterization and in vitro release of cinnamaldehyde/ sodium alginate/chitosan nanoparticles. **Food Hydrocolloids**, cilt 90, ss. 515-522.
- KE J., XIAO L., YU G., WU H., SHEN G. & ZHANG Z. (2019). The study of diffusion kinetics of cinnamaldehyde from corn starch-based film into food simulant and physical properties of antibacterial polymer film. **International Journal of Biological Macromolecules**, cilt 125, ss. 642-650.
- KONTAMINAS G. M. (2020). Use of Alginates as Food Packaging Materials. **Foods**, cilt 9, ss 1440.
- KONUK-TAKMA D., KOREL F., AVCI B. & EDEER Ö (2018). Effect Of Storage Temperature And Packaging Material On The Shelf-Life Of Newly-Developed No-Added Sugar Almond Paste. **Journal of Hygienic Engineering and Design**, ss. 1857-8489.
- KURTFAKI M. & YILDIRIM-YALCIN M. (2023). Characterization of Laurusnobilis L. leaf essential oil incorporated maize starch and rice protein films. **Journal of Food Measurement and Characterization**, cilt 17, ss 4954-4962.
- MAKWANA S., CHOUDHARY R., DOGRA N., KOHLI P. & HADDOCK J. (2014). Nanoencapsulation and immobilization of cinnamaldehyde for developing antimicrobial food packaging material. **Food Science and Technology**, cilt 57, ss. 470-476.

- MC-CLEMENTS D. J., XUEBO L. & LIU F. (2021). Fortification of edible films with bioactiveagents: a review of their formation, properties, and application in food preservation. **Researc Gate**, cilt 62, ss.1-27.
- MELLINAS C., VALDES A., RAMOS M., BURGOS N., GARRIGOS-CARMEN M. D. & JIMENEZ A. (2015). Active edible films: Current state and future trends. **Journal of Applied Polymer Science**, cilt 133, ss. 2.
- MOHAMMADI H., KAMKAR A. & MISAGHI A. (2018). Nanocomposite films based on CMC, okra mucilageand ZnO nanoparticles: Physico mechanical and antibacterial properties. **Carbohydrate Polymers**, cilt 181, ss. 351-357.
- NAIR S. S., TRAFIALEK J. & KOLANOWSKI W. (2023). Edible packaging: a technological update for the sustainable future of the food industry. **Applied Sciences**, cilt 13, ss. 8234.
- NISAR T., WANG Z. C., YANG X., TION Y., IQBAL M. & GUO Y. (2018). Characterization of citrus pectin films integrated with clove bud essentialoil: Physical, thermal, barrier, antioxidant and antibacterial properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, cilt 106, ss. 670-680.
- PARREIDT S. T., MULLER K. & SCHMID M. (2018). Alginate-based films and coatings for food packaging applications. **Foods**, cilt 7, ss. 170.
- POBĪNER B. (2003). Evidence since meat-eating by early humans. **Nature education knowledge**, cilt 12, sayı 1, ss. 275-292
- RAHMAN S., HASAN S., NITAI S. A., NAM S., KARMAKAR K. A., AHSAN S., SHIDDIKY J. A. M. & AHMED B. M. (2021). Recent Developments of Carboxymethyl Cellulose. **Polymers**, cilt 13, ss. 1345.
- RHIM J.W. (2004). Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. **LWT- Food Science & Technology**, cilt 37, ss. 323-330.

- RIBEIRO M. A., ESTEVINHO N. B. & ROCHA F. (2020). Preparation and incorporation of functional ingredients in edible films and coatings. **Food and Bioprocess technology**, cilt 14, ss. 209-231.
- RUAN C., ZHANG Y., SUN Y., GAO X., XIONG G. & LIANG J. (2019). Effect of sodium alginate and carboxymethyl cellulose edible coating with epigallocatechin gallate on quality and shelf life of fresh pork. **International Journal of Biological Macromolecules**, cilt 141, ss. 178-184.
- SALAMA E. H., AZIZ-ABDEL S. M. & ALSEHLI M. (2019). Carboxymethyl cellulose/ sodium alginate/ chitosanbi guanidine hydrochloride ternary system for edible coatings. **International Journal of Biological Macromolecules**, cilt 139, ss. 614-620.
- SASAKI Y., OHTA T., IMANISHI H., WATANABE M., MATSUMOTO K., KATO T. & SHIRASU Y. (1990). Suppressing effects of vanillin, cinnamaldehyde, and anisaldehyde on chromosome aberrations induced by X-rays in mice. **Mutation Research Letters**, cilt 243, ss. 299-302.
- STAPLETON P. A., PISCATAWAY N. J., MARIO E. & FRELINGHUYSEN R. D. (2021). Microplastic and nanoplastic transfer, accumulation, and toxicity in humans. **Current Opinion in Toxicology**, cilt 20, ss. 62-69.
- YANG, Y., ZHENG, S., LIU, Q., KONG, B., & WANG, H. (2020). Fabrication and characterization of cinnamaldehyde loaded polysaccharide composite nanofiber film as potential antimicrobial packaging material. **Food Packaging and Shelf Life**, cilt 26, ss. 100600.
- YARADODDI S. J., BANAPURMATH R. N., GANACHARI V. S, ELAHI M., SOUDAGAR M., MUBARAK N. M., HALLAD S., HUGAR S. & FAYAZ H. (2020). Biodegradable carboxymethyl cellulose based material for sustainable packaging application. **Scientific reports**, cilt 10, ss. 21-60.

YILDIRIM-YALÇIN M., ŞEKER M. & SADIKOĞLU H. (2019). Development and characterization of edible films based on modified corn starch and grape juice. **Food Chemistry**, cilt 292, ss. 6-13.

DiĞER KAYNAKLAR

AOAC, (2000), “Official Methods of Analysis”, 17. Basım, Arlington: Association of Official Analytical Chemists.

BAŞOĞLU F. (2012). Yemeklik yağ teknolojisi. Dora basım yayım.

KAYAHAN M. (2003). Yağ kimyası. ODTÜ yayıncılık, Ankara.

SAYGIN GÜMÜŞKESEN A. & YEMİŞOĞLU F. (2004). Bitkisel yağ teknolojisi. Asya tıp yayıncılık, İzmir.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Orhun MACİT

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lise: Gürpınar İMKB Anadolu Meslek Lisesi, Gıda teknolojisi (İstanbul, 2010 – 2014)

Lisans: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Gıda Mühendisliği (İstanbul, 2014-2019)

Yüksek lisans: İstanbul Aydın Üniversitesi, Gıda Mühendisliği (İstanbul, 2021-2023)

İŞ DENEYİMLERİ

Sardunya Catering - Proje yöneticisi (10 ay)

Yedek Subay – Meslekçi Asteğmen (12 ay)

Turkish Do&Co - Stajyer Mühendis (3 ay)

Marriot Hotel - Lise Stajyer Öğrenci (3 ay)

SERTİFİKALAR

ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi

ISO 18001 İş Sağlığı Ve Güvenliği

ISO 22000 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi

ISO 9000 Kalite Yönetim Sistemi

ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi İç Tetkikçi Eğitimi

KOSGEB Uygulamalı Girişimcilik Eğitimi

YABANCI DİL VE DÜZEYİ

İngilizce B1

BİLGİSAYAR BECERİLERİ

Microsoft office programları (Word, Excell, Powerpoint vb.)