



**T.C.
SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AYVA ÇEKİRDEĞİ MÜSİLAJİ VE KİTOSANLA YENİLEBİLİR
FİLM ELDE EDİLMESİ VE ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ASLI EDA ERDOĞAN
(201492141017)**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Dr.Öğretim Üyesi Sevim MAZLUM**

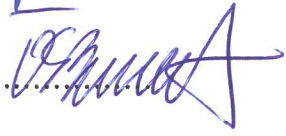
**SIVAS
ŞUBAT 2020**

Aslı Eda ERDOĞAN 'ın hazırladığı ve “ Ayva çekirdeği Müsilajı ve Kitosanla Yenilebilir Film Elde Edilmesi ve Özelliklerinin Belirlenmesi” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı Dr. Öğr. Üyesi Sevim MAZLUM
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi



Jüri Üyesi Prof. Dr. Özlem Pelin CAN
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi



Jüri Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Kevser KAHRAMAN
Abdullah Gül Üniversitesi



Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Özlem Pelin CAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'n da belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.



*Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) Komisyonu tarafından **M-668** Nolu proje kapsamında desteklenmiştir.*



Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

©Aslı Eda ERDOĞAN, 2020

ETİK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

21.02.2020

Aslı Eda ERDOĞAN

ÖZET

AYVA ÇEKİRDEĞİ MÜSİLAJİ VE KİTOSANLA YENİLEBİLİR FİLM ELDE EDİLMESİ VE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Aslı Eda ERDOĞAN

Yüksek Lisans Tezi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Sevim MAZLUM

2020, 84 + xvii sayfa

Yenilebilir film ve kaplamalar gıdalarda kalite kayıplarını ve bozulma reaksiyonlarını önlemek, raf ömrünü uzatmak, özellikleri korumak amacıyla gıda bileşenleri arasında ya da gıdanın yüzeyinde oluşmuş ince protein, polisakkarit ve lipit kökenli tabaka olarak tanımlanmaktadır. Yenilebilir filmler nem ve gaz bariyeri olarak görev yaparak gıdanın aroma ve lezzet kayıplarını azaltarak gıda kalitesini ve raf ömrünü uzatılırlar.

Bu çalışmada ayva çekirdeği müsilağı (A), kitosan (K) ve guar gam (G) ile yenilebilir filmler elde edilerek filmlerin özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında ayva çekirdeği müsilağı (A), kitosan (K) ve guar gam (G) çözeltilerinin farklı oranlarda bir araya getirilmesiyle kompozit yenilebilir filmler elde edilmiş, ikinci aşamasında ise üretilen filmlerin kalınlığı ve yoğunluğu, çözünürlüğü, su buharı geçirgenliği, renk analizi ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen kompozit filmlerin termal özelliklerini belirlemek için DSC analizi, filmin yapısında ve yüzeyinde olan bağları değerlendirmek amacı ile FTIR analizleri, filmlerin mikro yapılarını incelemek için SEM analizleri yapılmıştır.

Filmlerin kalınlıkları dijital mikrometreyle ölçülmüş ve ortalama kalınlık değeri 0.1 ± 0.006 mm olarak hesaplanmıştır. Bu değer, su buharı geçirgenliği ve mekanik analiz hesaplamalarında kullanılmıştır.

Elde edilen filmler suda çözünür özellikte, yüksek nem içeriğine, düşük yoğunluğa ve su buharı geçirgenliğine sahiptir. Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği

müsilajı (A)'nı içeren kompozit filmlerin kuru madde yoğunluk değerleri 0.72 ile 0.94 g/cm³ arasında değişmiştir. En yüksek yoğunluk değeri 0.94 g/cm³ ile K90(A+G)10 filmine aittir.

Gamların temel görevi, viskozitenin kontrolündeki etkileri ve nem göçünü engelleme yetenekleridir. Filmlerdeki gam artışının su buharı geçirgenliğini düşürdüğü görülmüştür. En düşük su buharı geçirgenlik değerini K95A5, K85A15 ve K80(A+G)20 filmleri göstermiştir (0.19 g. mm / h.m².kPa).

En yüksek gerilme direncini (19.64 MPa) K90G10 filmi, en yüksek kopma uzaması değerini ise (%21.02) K90(A+G)10 filmi göstermiştir. Filmlerin DSC eğrilerinden elde edilen verilere göre en düşük erime sıcaklığına K95A5 filmi sahiptir (108.13 °C). FTIR sonuçlarına göre Kitosan filmlere ayva çekirdeği müsilajı ve guar gam eklenmesiyle dalga boylarında ve pik şiddetlerinde değişiklik olmadığı dolayısıyla büyük bir yapısal değişimin meydana gelmediği gözlenmiştir. Elde edilen SEM görüntüleri de filmlerin bileşenlerinin birlikte kullanılmasıyla pürüzsüzlüğün ve homojenliğin arttığını göstermiştir.

Sonuç olarak bu çalışmada kitosan (K), ayva çekirdeği müsilajı (A) ve guar gam (G) bileşenleri ile filmler başarı ile üretilmiş ve bunların yenilebilir film üretiminde kullanım potansiyelleri ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: Yenilebilir film, kitosan, ayva çekirdeği müsilajı, guar gam.

ABSTRACT

PRODUCING EDIBLE FILM WITH QUINCE SEED MUCILAGE AND CHITOSAN AND DETERMINING PROPERTIES

Ash Eda ERDOĞAN

Master of Science Thesis, Department Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sevim MAZLUM

2020, 84 + xvii sayfa

Edible films and coatings are defined as thin protein, polysaccharide and lipid derived layers formed between food components or on the surface of food in order to prevent loss of quality and deterioration reactions in foods, extend shelf life and maintain properties. Edible films serve as moisture and gas barriers, reducing food flavor and flavor losses, extending food quality and shelf life.

In this study, it was aimed to determine the properties of films by obtaining edible films with quince seed mucilage (A), chitosan (K) and guar gum (G). In the first stage of the study, composite edible films were obtained by combining quince seed mucilage (A), chitosan (K) and guar gum solutions in different ratios. . In addition, DSC analysis was performed to determine the thermal properties of the composite films, FTIR analyzes were performed to evaluate the bonding on the structure and surface of the film, and SEM analyzes were performed to examine the microstructures of the films.

The thickness of the films was measured by digital micrometer and the average thickness was calculated as 0.1 ± 0.006 mm. This value was used for water vapor permeability and mechanical analysis calculations. The films obtained are water soluble, have high moisture content, low density and water vapor permeability. The dry matter density values of composite films containing chitosan (K), guar gum (G) and quince seed mucilage (A) ranged between 0.72 and 0.94 g / cm^3 . The highest density value is 0.94 g / cm^3 with K90 (A + G) 10 film. The main task of the gums is their effect on the control of viscosity and their ability to prevent moisture migration.

The minimum water vapor permeability value was shown by K85A15 and K80 (A + G) 20 films (0.19 g. Mm / h . m² . kPa).

K90G10 film showed the highest tensile strength (19.64 MPa) and K90 (A + G) 10 films showed the highest breaking elongation value (21.02%). According to the data obtained from the DSC curves of the films, the K95A5 film had the lowest melting temperature (108.13 °C).

According to FTIR results, there was no change in wavelengths and peak intensities by adding quince seed mucilage and guar gum to Chitosan films. The obtained SEM images showed that the smoothness and homogeneity were increased by using the components of the films together.

In conclusion, in this study, films with chitosan (K), Quince Seed Mucilage (A) and Guar gum (G) components have been successfully produced and their potential for use in edible film production has been demonstrated.

Key words: Edible film, chitosan, quince seed mucilage, guar gum.

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerinden sürekli olarak yararlandığım, tezin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Sevim MAZLUM'a, laboratuvar çalışmalarında desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Özlem Pelin CAN' a, maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan aileme teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
TEŞEKKÜR	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER DİZİNİ	xvi
KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	3
2.1. Yenilebilir Film ve Kaplamalar	3
2.2. Yenilebilir Film Bileşenleri.....	5
2.2.1. Proteinler	8
2.2.1.1 Kazein	9
2.2.1.2 Peynir Altı Suyu Proteini	10
2.2.1.3 Jelatin	11
2.2.2. Polisakkaritler	11
2.2.2.1 Nişasta (patates, mısır, buğday, pirinç ve diğer türevleri)	13
2.2.2.2 Selüloz (pamuk, odun ve diğer türevleri).....	13
2.2.2.3 Gamlar	13
2.2.2.4 Kitosan	15
2.2.2.5 Ayva Çekirdeği Müsilajı	19
2.2.2.6 Guar Gam	20
2.2.3. Lipidler	21
2.2.4. Katkı Maddeleri	22
2.2.5. Çözücü	25
2.2.6. Plastikleştirici	25
2.3. Yenilebilir Film Uygulamaları	26
2.3.1. Daldırma.....	27
2.3.2. Püskürtme.....	27
2.3.3. Dökme	28
2.4. Yenilebilir Film Uygulanan Gıdalar	28
2.4.1. Meyve ve Sebzeler	29
2.4.2. Süt Ürünleri	32
2.4.3. Et ve Et Ürünleri	33
2.4.4. Su Ürünleri	34
3. MATERYAL METOD	36
3.1. Materyal	36
3.2. Metot	36

3.2.1. Ayva Çekirdeklerinden Müsilaj Ekstraksiyonu	37
3.2.2. Ayva Çekirdeği Müsilajı Filmlerinin Hazırlanması.....	37
3.2.3. Kitosan Filmlerin Hazırlanması	38
3.2.4. Guar Gam Filmlerin Hazırlanması.....	38
3.2.5. Kompozit Filmlerin Hazırlanması	38
3.2.6. Kalınlık.....	40
3.2.7. Nem.....	40
3.2.8. Çözünürlük.....	40
3.2.9. Yoğunluk.....	41
3.2.10. Su Buharı Geçirgenliği.....	41
3.2.11. Renk Analizi.....	42
3.2.12. Opaklık Analizi	43
3.2.13. Mekanik Analiz.....	43
3.2.14. DSC Analizi	44
3.2.15. FTIR Analizi	45
3.2.16. SEM Analizi.....	45
3.2.17. İstatistiksel Değerlendirme	46
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	47
4.1. Kalınlık.....	47
4.2. Nem.....	47
4.3. Çözünürlük.....	51
4.4. Yoğunluk.....	53
4.5. Su Buharı Geçirgenliği.....	54
4.6. Renk	56
4.7. Opaklık.....	57
4.8 Mekanik Analiz.....	58
4.9. DSC.....	63
4.10. FTIR	66
4.11. SEM	69
5. SONUÇ.....	71
KAYNAKLAR	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1	Kitosanın kimyasal yapısı.....	15
Şekil 2.2	Guaran, guar gam içindeki spesifik polisakarit bileşeni.....	20
Şekil 2.3	Guar gamın yapısı.....	20
Şekil 3.1	105 °C etüvde kurutulmuş ayva çekirdeği müsilağı.....	37
Şekil 3.2	Yenilebilir filmlerin kurutma sonrası görünümü	39
Şekil 3.3	Deneyisel çalışmalarda kullanılan etüv	39
Şekil 3.4	Deneyisel çalışmalarda kullanılan dijital mikrometre.	40
Şekil 3.5	Deneyisel çalışmalarda kullanılan DSC cihazı.....	44
Şekil 4.1	Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilağı (A) yenilebilir filmlerine ait su aktivitesi grafiğı.	48
Şekil 4.2	Kitosan (K), Kitosan (K)+ ayva çekirdeği müsilağı (A), Kitosan (K)+guar gam (G) ve Kitosan (K)+guar gam (G)+ ayva çekirdeği müsilağı (A) yenilebilir filmlerine ait su aktivitesi grafiğı.....	48
Şekil 4.3	Kitosan (K), ve farklı oranlardaki Kitosan (K)+guar gam (G) filmlerine ait su aktivitesi grafiğı.....	49
Şekil 4.4	Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilağı (A) yenilebilir Filmlerine ait % nem grafiğı.	50
Şekil 4.5	Kitosan (K), ve farklı oranlardaki Kitosan (K)+guar gam (G) filmlerine ait % Nem grafiğı.....	51
Şekil 4.6	Kitosan (K) ve guar gam (G) içerikli filmlere ait Çözünürlük (%) grafiğı.	51
Şekil 4.7	Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilağı (A) içerikli filmlere ait Çözünürlük (%) grafiğı.	52
Şekil 4.8	Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilağı (A) yenilebilir Filmlerine ait yoğunluk (g/cm ³) grafiğı	53
Şekil 4.9	Kitosan(K) ve guar gam (G) içerikli filmlere ait yoğunluk (g/cm ³) grafiğı.	54
Şekil 4.10	Kitosan(K) ve kitosan(K)+guar gam (G) içerikli filmlere ait Su Buharı Geçirgenliği (g. mm / h . m ² . kPa) grafiğı.....	55
Şekil 4.11	Kitosan(K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilağı (A) filmlerine ait opaklık değerleri.....	57
Şekil 4.12	Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilağı (A) içerikli filmlere ait opaklık (mm ⁻¹) grafiğı.....	57
Şekil 4.13	Kitosan (K) ve kitosan (K)+guar gam (G) içerikli filmlere ait opaklık (mm ⁻¹) grafiğı.	58
Şekil 4.14	Kitosan(K), guar gam(G) ve ayva çekirdeği(A) kontrol filmlerinin gerilme direnci grafiğı..	59
Şekil 4.15	Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilağı (A) kompozit filmlerinin gerilme direnci grafiğı.....	60
Şekil 4.16	Kitosan (K), kitosan (K)+ guar gam (G) ve kitosan+guar gam+ayva çekirdeği müsilağı (A) kompozit filmlerinin gerilme direnci grafiğı..	60

Şekil 4.17	Kitosan(K) ve Kitosan (K)+guar gam(G) kompozit filmlerinin gerilme direnci grafiği.....	61
Şekil 4.18	Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilaıı (A) filmlerinin kopma uzaması grafiği.....	61
Şekil 4.19	Kitosan(K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilaıı (A) kompozit filmlerinin kopma uzaması grafiği.....	62
Şekil 4.20	Kitosan, guar gam ve ayva çekirdeği müsilaıı kompozit filmlerinin kopma uzaması grafiği	62
Şekil 4.21	Kitosan, guar gam ve ayva çekirdeği müsilaıı kompozit filmlerinin kopma uzaması grafiği	63
Şekil 4.22	Kitosan filme ait DSC termogamı.....	63
Şekil 4.23	Guar gam filme ait DSC termogamı.....	64
Şekil 4.24	Ayva çekirdeği müsilaıı filmine ait DSC termogramı.....	65
Şekil 4.25	Kitosan filme ait FTIR diyagramı.....	66
Şekil 4.26	Guar gam filme ait FTIR diyagramı.....	67
Şekil 4.27	Ayva çekirdeği müsilaıı filmine ait FTIR diyagramı..	68
Şekil 4.28	Kitosan (K), Kitosan+Ayva çekirdeği müsilaıı (K95A5), Kitosan+Guar gam (K95G5) ve Kitosan+Ayva Çekirdeği Müsilaıı+Guar gam (K95(A+G)5) filmlerine ait FTIR diyagramı.....	69
Şekil 4.29	(a) Kitosan (K), (b) Kitosan+Ayva çekirdeği müsilaıı (K95A5), (c) Kitosan+Ayva Çekirdeği Müsilaıı+Guar gam (K95(A+G)5), (d) Kitosan+Guar gam (K90G10), (e) Kitosan+Ayva Çekirdeği Müsilaıı+Guar gam(K90(A+G)10), filmlerine ait SEM görüntüleri	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Yenilebilir film ve kaplama üretiminde kullanılan temel materyaller....	6
Çizelge 2.2	Yenilebilir film ve kaplama üretiminde kullanılan yardımcı materyaller	7
Çizelge 2.3	Yenilebilir filmlerin özelliklerini iyileştirmek için kullanılan yöntemler	7
Çizelge 2.4	Bazı yenilebilir film kaplama bileşenlerinin fonksiyonları	14
Çizelge 2.5	Yenilebilir film üretiminde kullanılan gamlar	20
Çizelge 2.6	Antimikrobiyal yenilebilir film ve kaplamaların gıda uygulamaları	23
Çizelge 2.7	Yenilebilir film ve kaplama materyallerinde kullanılan antimikrobiyal ve antioksidan maddeler	24
Çizelge 3.1	Gliserolün Özellikleri (O' Neil vd., 2001).....	36
Çizelge 3.2	Üretilen yenilebilir filmlere ait deneme deseni.	39
Çizelge 4.1	Yenilebilir filmlere ait L*, a* ve b* değerleri.	56
Çizelge 4.2	Film örneklerinin erime sıcaklıkları (°C).....	65

SİMGELER DİZİNİ

CO₂	:Karbondioksit
cm²	: Santimetrekare
°C	: Santigrat derece
g/mol	: Gram/mol
g/cm³	: Gram/santimetreküp
kPa	: Kilo paskal
kDa	: Kilo dalton
log	: Logaritma
MPa	: Mega paskal
mL	: Mili litre
mm	: Milimetre
NaOH	: Sodyum hidroksit
nm	: Nano metre
O₂	: Oksijen
Rpm	: Dakikadaki devir sayısı
w/w	: Ağırlıkça yüzde
w/v	: Hacimde ağırlıkça yüzde

KISALTMALAR DİZİNİ

(A)	: Ayva çekirdeği müsilağı
ATP	: Adenozin tri fosfat
ASTM	: American Society for Testing and Materials
ASTM-E96	: Materyallerin su buharı geçirgenliğı için standart test yöntemi
CMC	: Karboksimetil selüloz
DSC	: Difransiyel taramalı kalorimetre cihazı
EB	: Kopma uzaması
FTIR	: Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi
(G)	: Guar gam
IR	: Kızılötesi spektroskopisi
(K)	: Kitosan
RH	: Paket içindeki bağıl nem (RH)
SEM	: Taramalı elektron mikroskop
SBG, (WVP)	: Su buharı geçirgenliğı
TS	: Kopma anında uygulanan maksimum kuvvet
QSP	: Ayva çekirdeği tozu
L*	: Beyazlık skala değeri
a*	: Kırmızı-yeşil skala değeri
b*	: Sarı-mavi skala değeri

1. GİRİŞ

Nüfus artışına bağlı olarak gıda ihtiyacının giderek artması, gıda üretiminde kullanılan hammaddelerin ve üretim alanlarının sınırlı olması üretilen ürünlerin ambalajlanmasını zorunlu hale getirmiştir. Birçok insanın iş hayatında aktif görev alması ile hazır gıda sektörü hızla gelişmiş, kullanımı kolay ve daha modern teknikli ambalaj üretimine ortam hazırlamıştır. (Krochta, 2002; Sarıoğlu ve Öner, 2006; Temiz ve Yeşilsu, 2006). Var olan gıda ihtiyacının karşılanabilmesi için gereken miktarda gıda üretiminin yanı sıra bu gıdaların dayanımının uzun süre korunabilmesi ve depolama koşullarının optimizasyonu oldukça önemlidir (Oğuzhan Yıldız ve Yangılar, 2016).

Gıdaların daha uzun süre bozulmadan kalabilmesi için uygulanan tüm yöntemlerin amacı; kimyasal, mikrobiyolojik ve enzimatik bozuklukları geciktirmek, önlemek veya engellemektir. Bu uygulamalar sayesinde gıdaların kalitesi korunur ve raf ömürleri uzar (Polat, 2007). Raf ömrünün uzatılmasında ve kalite kayıplarının önlenmesinde değişik ambalaj materyallerinden yararlanılmaktadır.

Yeni teknolojiler sayesinde sürekli gelişen ve gelişmekte olan gıda koruma prosesleri, aslında çok eskilere dayanmaktadır. Klasik gıda ambalajlamada kağıt, metal, cam, plastik gibi malzemeler günümüzde hala kullanılmaktadır. Ancak eskiye nazaran bu malzemelerin seçiminde malzemenin gıda maddelerinin bileşimine uygunluğu ve çevre dostu biyolojik olarak yenilenebilir maddelerden oluşması göz önünde bulundurulmaktadır. Bu nedenle, atık problemini en aza indirebilen, biyobozunur polimer filmler ambalaj teknolojisinde varlığını sürdürmektedir (Krochta, 2002; Sarıoğlu ve Öner, 2006; Temiz ve Yeşilsu, 2006).

Gıda endüstrisinde kullanılan ambalaj malzemelerinin %50' ye yakını, paketleme sektöründe kullanılanlarınsa yaklaşık %25'ini biyobozunur malzemeler oluşturmaktadır. Çevresel farkındalığın artması ile biyobozunur ambalaj teknolojisine olan ilgi ve bu alandaki araştırmalar artış göstermiştir (Tufan, 2017).

Şimdiye kadar düşük maliyetli ve kolay temin edilebilen poliolefin, polyester, poliamid veya polipropilen gibi sentetik petro-kimya ürünü polimerler uygun

mekaniksel, işlevsel ve fiziksel özelliklere sahip olmaları nedeniyle ambalajlama uygulamalarında kullanılsa da bu polimerlerin yerini gelecekte biyopolimerlerden oluşmuş film ve kaplamalara ve bunların gerektirdiği yeni teknik uygulamalara bırakacağı düşünülmektedir (Kayaardı ve Akkara, 2010).

Gıdalarla birlikte tüketilebilen ve gıdayı koruma görevini yerine getirebilen çeşitli ambalaj malzemelerinin kullanılmasıyla birlikte modern gıda ambalajlama stratejileri geliştirilmiştir (Oğuzhan Yıldız ve Yangılar, 2016).

Bu stratejilerden biri olan yenilebilir film ve kaplama teknolojisi ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalarda son yıllarda bir artış meydana gelmiştir. Bunun nedeni, söz konusu film ve kaplamaların, gıdaların kalitesinde potansiyel düzeltici etkilerinin bulunması, raf ömürlerini iyileştirmesi ve ambalaj materyali olarak geliştirilebilir olması sayılabilir (Mehmetoğlu, 2010).

Ayrıca uygun şekilde hazırlandığında fonksiyonel bir ambalaja ait olabilecek bütün işlevleri yerine getirebilmektedir (Oğuzhan Yıldız ve Yangılar, 2016). Buna ek olarak plastik ambalajların tüketimiyle artan çevresel sorunlar da doğada kolay yok olabilen yenilebilir filmler üzerine yapılan araştırmaları tetikleyici faktörlerden biridir.

Biyobozunur, yani biyolojik olarak yok edilebilen yenilebilir film ve kaplamalar, güvenli gıda paketleme uygulamalarının geliştirilmesinde potansiyel oluşturmaktadır. Ambalaj işlevini yerine getirdikten sonra mikroorganizmalar tarafından karbondioksit, su ve metan gibi parçalanma ürünlerine dönüşürler (Temiz ve Yeşilsu, 2006).

Bu çalışmada ayva çekirdeği müsilağı (A), kitosan (K) ve guar gam (G) ile yenilebilir filmler elde edilerek filmlerin özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında ayva çekirdeği müsilağı (A), kitosan (K) ve guar gam (G) çözeltilerinin farklı oranlarda bir araya getirilmesiyle kompozit yenilebilir filmler elde edilmiş, ikinci aşamasında ise üretilen filmlerin fiziksel, optik, geçirgenlik ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen kompozit filmlerin termal özelliklerini, yüzeyinde olan bağları ve filmlerin mikro yapılarını incelemek için diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC), Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri yapılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

Yüzyıllardır insanlar tarafından keşfedilmiş olan yenilebilir film ve kaplamalar çeşitli proteinlerden, karbonhidratlardan, lipitlerden veya bunların birlikte kullanılmasıyla elde edilir (Mehmetoğlu, 2010).

Yenilebilir film ve kaplamaların kullanımı gıda ambalajlamada yeni bir teknik gibi görünse de keşfi yıllar öncesine dayanmaktadır. 12. yüzyılda Çin’de ilk kez turuncgillere mumdan yapılmış kaplamalar koruyucu olarak uygulanmıştır. 15. yüzyılın sonlarına doğru Japonlar gıdaların kalitesinin korunması ve görünümünün iyileştirilmesi amacıyla soya sütünü kaynatarak yenilebilir bir film üretmişler ve Yuba adını vermişlerdir (Pavlath ve Orts, 2009; Tural vd., 2017).

Etlerdeki büzüşmenin önlenmesi için yağla kaplama tekniği, 16. Yüzyıldan beri bilinmektedir. (Dursun ve Erkan, 2009). Yine 16. Yüzyılda yağ ile kaplama sayesinde bazı meyvelerdeki nem kaybı azaltılabılmıştır (Baysal ve İçier, 2012).

Yenilebilir film ve kaplamaların uygulama yöntemlerinden 1930’dan bu yana belki de en çok kullanılanı, yağ ve mumdan elde edilen emülsiyonların gıdalarda, özellikle de meyvelerde parlaklık, renk vb. fiziksel özelliklerin iyileştirilmesi, tekstürel bozuklukların geciktirilmesi, fungusitlerin taşınmasının önlenmesi, nem kaybının azaltılarak kontrollü olgunlaşma sağlanması için kullanılmasıdır (Dursun ve Erkan, 2009). 1960’ lı yıllardan sonra ise yenilebilir film ve kaplamaların kullanımının diğer gıdalar için de yaygınlaşması, bu uygulamaları bir ticaret sektörü haline getirmiştir (Baysal ve İçier, 2012).

Ambalaj üreticilerinin bu konudaki araştırmaları ürünlerin raf ömrünü uzatmaya yönelik iken, bu tür uygulamalar tüketicilerin ürünü “taze görme” beklentisini de karşılamaktadır (Sürengil ve Kılınç, 2011).

2.1 Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Yenilebilir film ve kaplamalar; gıdanın dış yüzeyinde veya ara katmanlarında oluşturulmuş, ince tabakalı, sentetik materyaller yerine doğal kaynaklardan elde edilmiş, gıdayla birlikte tüketiminde sakınca olmayan ve kirliliğine neden olmayan çevre dostu materyallerdir.

Yenilebilir film ve kaplama uygulamaları, gıdanın ambalajlanması sırasında kullanılması gereken ambalaj malzemesini miktar olarak azaltmayı ve basitleştirmeyi sağladığı gibi, plastik gıda ambalajlamasının dikkat çekilmesi gereken sorunlarından biri olan kanser riskini ve çevresel kirliliği azaltma potansiyeline sahiptir. Bu gibi sebeplerle özellikle 2000'li yılların başında yenilebilir film ve kaplama tekniklerindeki araştırma ve gelişmeler oldukça hız kazanmıştır (Küçük vd., 2017).

Yenilebilir filmlerin hazırlanmasında polisakkaritler, proteinler (hidrokolloidler) ve lipitler temel yapıyı oluşturmak için kullanılırken, bu üç bileşen ve bazı fonksiyonel maddelerin kombine edilmesiyle kompozit yenilebilir filmlerin üretilmesi mümkündür (Küçük vd., 2017).

Biyolojik kökenli bileşenler içeren bu ambalaj malzemeleri, cam, teneke, plastik, polimer gibi günümüzde de kullanılan ticari ambalaj malzemelerine alternatif olması amacıyla geliştirilmiştir (Akbaba, 2006). Yenilebilir film veya yenilebilir kaplamalar olarak da ifade edilebilen söz konusu ambalajlar, doğada biyolojik olarak geri dönüşümü mümkün olan "yenilenebilir" maddelerden meydana gelmektedir. Bu ambalajlar çevreyi kirletmediği gibi çevrenin korunmasına da katkı sağlarlar. (Valdez vd., 2014). Bu ambalajlar sayesinde suyun yanı sıra antimikrobiyel maddeler, antioksidanlar, aroma bileşikleri, pigmentler, esmerleşme reaksiyonlarını durduran iyonlar ve vitaminler kaplandığı gıda ürünü içerisinde tutuklu kalır. Bunların yanında gıda ürünün özellikleri korunmuş, depolama sırasında yapılan hatalar en aza indirilmiş ve beklentiyi karşılayacak görsel özelliklere sahip gıdalar tüketiciye sunulmuş olur (Cuq vd., 1997; Debeaufort vd., 1998; Akbaba, 2006).

Yenilebilir film ve kaplamaların gıdalara uygulanmasında, gıda ve film/ film çözültisi arasında fonksiyonel ve organoleptik uyumluluk önemlidir. Bu uyumluluğun sağlandığı gıdalarda uygulanan filmler gıdadaki renk, lezzet, asitlik, tatlılık ve tuzluluk gibi gıda özelliklerinin korunabilmesine katkı sağlamaktadır (Korkmaz, 2018).

Yenilebilir filmler tek başına kullanılacakları gibi yenilemeyen filmler ile kombine edilerek çok katmanlı ambalaj malzemeleri olarak da kullanılabilirler. Bu uygulamalarda yenilebilir filmler, gıda ile ilk temasın gerçekleştiği iç tabakada oluşturulur (Gennadios ve Weller, 1990; Acar ve Alper, 1996).

Ayrıca yenilebilir filmler;

- Toksik, alerjiye sebep olabilecek ve sindirilemeyen bileşen içermemeli,
- Depolama sırasında gıdada oluşabilecek mekanik zararlanmaları önlemeli,
- Gıda yüzeyinin bütününe uygun bir şekilde tutunarak gıdanın pürüzsüz ve homojen görünmesini sağlamalı
- Gıdada istenmeyen tekstürel değişikliklere yol açmamalı,
- Nem göçünü kontrol altına alarak kütle transferinin önlemeli
- Oksijen, Karbondioksit gibi gazların transferini yavaşlatmalı,
- Kolay temin edilebilen hammaddeden oluşmalı ve uygulama yöntemleri basit olmalı ve
- Uygulanma yöntemlerinin maliyeti düşük olmalıdır (Tural vd, 2017).

Yenilebilir film ve kaplamaların gaz geçirgenliğini (O_2 , CO_2) sınırlama yetenekleri sayesinde gıda, mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmalara karşı korunurken, nem geçirgenliğini sınırlaması ile gıdanın nem kaybının önlenmiş olur.

Bu kaplamalar gıdanın yüzeyinin daha parlak ve pürüzsüz görünmesini sağlayarak duyuşal özelliklerini de iyileştirir. Bunların yanı sıra yenilebilir film ve kaplamalar film bünyesine eklenen besin öğelerinin, antimikrobiyel ve antioksidan ajanların ve renk maddelerinin çok iyi birer taşıyıcısıdır. Tüm bunlara rağmen yenilebilir filmler, gıda endüstrisinde etkin olarak kullanılmamaktadırlar (Mehmetoğlu, 2010).

2.2 Yenilebilir Film Bileşenleri

Yenilebilir filmleri oluşturan temel maddeler hidrokolloidler (polisakkaritler, proteinler) ve lipitler olarak iki grupta toplanabilir.

- Polisakkaritler: Karbonhidratlar; aljinler, dekstrin, pektin, selüloz, gam vb.
Proteinler: Kollajen, buğday proteini, süt proteinleri, soya proteini, mısır zeini vb.
- Lipitler: Mumlar, yağ asitleri, asilgliseroller.

Hidrokolloid ve lipitlerin karışımıyla elde edilen filmler emülsiyel film olarak adlandırılır (Mehmetoğlu, 2010).

Film yapısını oluşturan temel materyallerin kimyasal yapılarının büyük ölçüde farklılık göstermesi; protein, karbonhidrat, lipit veya bunların birleşiminden oluşan

kompozit filmlerin özelliklerinin birbirinden farklı olmasına neden olur (Çizelge 2.1) (Tural vd., 2017).

Yenilebilir filmler üretilirken polisakkarit, protein ve lipit esaslı bileşenlerin tek başına veya değişik oranlarda kombine edilmesi bariyer ve mekanik özellikleri iyileştirilmiş filmler elde edilmesini mümkün kılar. Ayrıca film çözeltilerine renk maddeleri, aroma ve vitamin gibi katkı maddeleri eklenerek üretilen filmlerin besin değeri ve fonksiyonel özellikleri artırılabilirken, antimikrobiyel madde ilavesi ile mikroorganizmaların sebep olduğu gıda bozulmaları da geciktirilmiş olur (Ayana, 2007).

Yenilebilir film ve kaplamaların yapısındaki bileşenlere antimikrobiyaller, antioksidantlar ve aroma bileşenlerinin ilavesi gıdanın mekanik ve biyolojik özelliklerini iyileştirir (Çizelge 2.2). Yenilebilir filmlerin mekanik dayanımlarını arttırmak için film formülasyonlarına gliserol, etilen glikol, sorbitol, mannitol ve polietilen glikol gibi çeşitli plastikleştirici özellikte bileşenler dahil edilmektedir. Plastikleştirici maddeler genellikle düşük molekül ağırlığına (g/mol) sahip küçük boyutlu moleküllerdir ve polimerlere uygun kaynama sıcaklıklarına sahiptirler. Bu maddeler paketleme endüstrisinde önemli bir parametre olan film kırılma dayanımını azaltarak film esnekliğini de arttırmaktadırlar (Garcia vd., 2000).

Çizelge 2.1 Yenilebilir film ve kaplama üretiminde kullanılan temel materyaller (Robertson, 2013)

Polisakkaritler	Proteinler	Lipidler
Nişasta ve türevleri	Keratin	Mumlar
Selüloz ve türevleri	Kollojen	Gliseritler
Aljinat	Jelatin	
Pektin	Kazein	
Kitosan	PAS	
Gamlar	Mısır zeini	
	Soya proteini	
	Balık miyofibriler proteini	
	Yumurta akı proteini	

Çizelge 2.2 Yenilebilir film ve kaplama üretiminde kullanılan yardımcı materyaller (Robertson, 2013)

Çözücüler	Plastikleştiriciler	Diğer Katkı Maddeleri
Su	Mono, di ve oligosakkaritler	Antioksidanlar
Etanol	Polioller	Antimikrobiyaller
Asetik Asit	Lipid ve türevleri	Emülsüfyerler
		Esmerleşmeyi önleyici ajanlar
		Aroma maddeleri
		Renklendiriciler

Temel film polimerlerinden yalnızca biriyle oluşturulmuş filmler bazı açılardan iyi özellikler gösterirken diğer birçok yönden zayıf kalabilmektedir. Bu nedenle yenilebilir film ve kaplamaların özelliklerini iyileştirecek katkı maddelerinin ilavesi ve proses basamaklarına bir takım uygulamaların eklenmesi alternatif çözümler sunacaktır (Çizelge 2.3) (McHugh ve Krochta, 1994).

Çizelge 2.3. Yenilebilir filmlerin özelliklerini iyileştirmek için kullanılan yöntemler (McHugh, ve Krochta, 1994).

Filmler	İyileşen özellikler
Aljinler	Katyon çözeltilisine daldırılması çekme gücünü iyileştirir.
Selüloz	Lipit eklenmesi su buharı geçirgenliğini azaltır.
Nişasta	NaOH ile muamele O ₂ , CO ₂ ve su buharı geçirgenliğini azaltır.

Polisakkarit filmler hidrofilik karaktere sahip oldukları için su buharı bariyer özellikleri zayıftır (Dursun ve Erkan, 2009). Buna rağmen bazı polisakkaritler, nem içeriği yüksek olan jelatin kaplama çözeltilerine katıldığı zaman, et ürünleri gibi bazı kısa raf ömürlü gıdaların depolanmasında su kaybını düşürmek amacıyla kullanılmaktadır (Kester ve Fennema, 1989). Polisakkaritler gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun en önemli nedenleri ise düşük maliyetle temin edilebilmesi ve toksik olmamasıdır (Polat, 2007).

2.2.1. Proteinler

Proteinler, hayvansal dokuların temel yapıtaşdır ve suda çözünmeyen; asit, baz veya tuzların sulu çözeltilerinde çözünebilen bir yapıya sahiptir. Protein kaynaklı filmler genellikle proteinlerin dispersiyonlarından veya protein çözeltilerinden elde edilmektedir. Ancak solvent olarak sınırlı sayıda su, etanol veya etanol/su karışımı bulunmaktadır. Film matriksinin oluşabilmesi için proteinlerin ısı, asit, baz ve/veya çözücü ile denatüre edilmesi gibi uygulamalar gerekmektedir (Tufan, 2017).

Protein bazlı yenilebilir film ve kaplamalar; bitkisel protein (mısır zeini, soya proteini, bezelye proteini, buğday gluteni vb.) ve hayvansal protein (keratin, jelatin, kazein, peynir altı suyu, vb.) kökenli olmak üzere iki grupta incelenebilmektedir (Tural vd., 2017).

Protein filmlerin film oluşturma özelliklerini etkileyen faktörler; proteini oluşturan aminoasitlerin kompozisyonu, proteinin veya kullanılan plastikleştiricinin kristallenme özellikleri, hidrofilik/ hidrofobiklik, elektriksel yük ve molekül ağırlığıdır. Üretim parametreleri ise sıcaklık, pH, kurutma ve depolama koşulları, bağıl nemdir (Baysal ve İçier, 2012).

Proteinlerin, oksijen, karbondioksit ve yağa karşı iyi bir bariyer özellik göstermesi için bağıl nemin düşük olması gerekmektedir. Proteinlerin yüzey aktif özellikleri ve çeşitli yüzeylere tutunabilme özellikleri mevcuttur. Protein filmlerin biyolojik olarak parçalanmaları, filmin yapım yöntemlerine ve gerçekleşen protein modifikasyonuna bağlıdır (Kayaardı ve Akkara, 2010). Proteinlerin doğada bol miktarda bulunması ve yapısı gereği eklendiği filmin, dolayısıyla bu filmle kaplanan gıdanın besin değerini artırması yenilebilir film üretiminde proteinleri önemli kılmaktadır (Tural vd., 2017).

Protein kaynaklı film ve kaplamalar, oksijen ve karbondioksit gibi polar gazların geçirgenliği açısından düşünüldüğünde üstün bariyer özelliklere sahiptir (Kayaardı ve Akkara, 2010). Protein ve polisakkarit kaynaklı film ve kaplamalar kıyaslandığında, karbondioksit ve lipitlere karşı bariyer olma ve mekanik özellikler bakımından protein filmlerin daha iyi olduğu bilinmektedir. Protein filmlerin geçirgenlik özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerden biri proteinlerin amino ve karboksil grupları arasındaki etkileşimlerdir. Bu etkileşimlere bağlı olarak değişen izoelektrik pH değeri; filmin renk, yapı, gerilme direnci vb. özelliklerinde farklılıklara neden olmaktadır (Gennadios vd., 1993a). Protein bazlı film ve

kaplamaların fiziksel kararlılıklarının yüksek olması sucuk kılıflarındaki gibi, ürüne istenilen şeklin verilmesi açısından avantaj sağlamaktadır (Gennadios vd., 1993b).

Katkı maddesi ilavesi, ışınlama, termal ve enzimatik uygulamalarla protein filmlerdeki zayıf yönler düzeltilebilmektedir (Jiang vd., 2016; Kaewprachu vd., 2017; Yaylı vd., 2017). Kimyasal çapraz bağlayıcılar enzim uygulamaları son zamanlarda ilgi konusudur. Bunun nedeni, protein filmler enzimatik modifikasyona uğratıldığında gerçekleşen reaksiyonların spesifik olması ve böylelikle olası toksik yan etkilerin engellenebilmesidir (Yüksel ve Erdem, 2008; Bae vd, 2009; Kaewprachu vd, 2017).

2.2.1.1 Kazein

Süte özgü bir protein olan ve süt proteinlerinin %80' ini oluşturan kazein, 20 °C'de pH 4.6 değerinde çökmesi ile karakterizedir. Kazein; α 1-, α 2-, β ve κ -kazein olmak üzere 4 bileşenden oluşmaktadır ve bu bileşenlerin her birinin kendine özgü molekül ağırlığı ve aminoasit dizilimi bulunmaktadır. Süt proteinlerinin yaklaşık %44'ünü α -kazein oluşturmaktadır. α -kazeinin diğer bileşenlere göre daha az prolin içermesi nedeniyle α -heliks ve β -sheet yapılarının oluşumu gerçekleşmemektedir. α -kazein çift değerli metal iyonlarını ve özellikle kalsiyumun önemli miktarını bağlama yeteneğine sahiptir. β -kazein ise hidrofobik özelliklidir ve amfoterik yapısı yüzey aktif madde gibi karakterinde davranmasına neden olmaktadır. Disülfit bağları aracılığıyla polimerize olabilen tek bileşen ise κ -kazeindir ve amfoterik yapıdadır (Yılmaz vd., 2007). Kazein kaynaklı yenilebilir film üretilirken genellikle kazeinin sodyum kazeinat türevleri kullanılmaktadır. Kazein filmler, şeffaf, kokusuz ve esnektir (Chen, 1995). Kazeinlerin sulu çözeltilerinden kolaylıkla film oluşturulabilmesi, gelişi güzel halka yapılara sahip olması ve molekül içi bağların geniş olması nedeniyledir. Ayrıca amfoterik yapısı nedeniyle kazeinler ideal emülsiyon film oluşturmak için tercih edilir. Kazeinlerin enzimatik polimerleşmesi sonucu örneğin transglutaminazla kovalent C- (γ - glutamyl) lisil çapraz bağlarının oluşturulmasıyla α 1 – kazein filmi elde edilebilir. Enzim kullanılması ile elde edilen filmlerin uzayabilirliği enzim kullanılmadan elde edilen filmlerden iki kat daha fazladır. Ayrıca bu filmler suda ve diğer çözücülerde daha stabildirler. Çapraz bağlı kazeinat filmleri ile işlem görmemiş filmler kıyaslandığında, çapraz bağlı kazeinat

filmlerinin daha stabil olduğu, sıklılığını daha yavaş kaybettiği gör÷lmektedir. (Faergemand vd., 1997).

2.2.1.2 Peynir Altı Suyu Proteini

Peyniraltı suyu, peynir üretimi sırasında kazeinin çökeltip ayrılmasından sonra kalan kısım olarak tanımlanmaktadır. Toplam süt proteinlerinin %20'sini oluşturan peyniraltı suyu proteinleri; pH 4.6'daki çözünürlükleri ile karakterize edilir ve α -laktalbumin, β -laktoglobulin, bovine serum albumin, immunoglobulinler ve proteoz-pepton'lar olmak üzere 5 farklı fraksiyon içermektedir (Kinsella vd., 1989). β - laktoglobulin, sülfidril gruplarına sahip, hidrofobik ve globular bir proteindir ve 65°C' nin üzerindeki sıcaklıklarda zamana bağlı olarak denaturasyona uğrar. Bu olay sonucunda sülfidril grupları, reaktif hidrofobik gruplar ve ϵ -NH₂⁻ grupları ortaya çıkar (Kinsella vd., 1989; Mchugh ve Krochta, 1994). α -laktalbumin dört adet disülfid bağına sahiptir ve aktif bir şekilde kalsiyuma bağlanarak, denatürasyona karşı daha stabil hale gelir (Kinsella vd. 1989). Büyük, globular bir protein olan serum albumininde ise 17 adet disülfid bağı ve bir tane serbest thiol grubu mevcuttur. Serum albumini, lipid ve lezzet bileşenlerini bağlayarak denatürasyona karşı daha stabil duruma gelir (Mchugh ve Krochta, 1994). Proteoz-peptonların protein fonksiyonlarını etkilemesi, amfoterik karakterinin sonucudur.

Peynir altı suyu proteinlerinin yenilebilir film ve kaplamalarda kullanılma nedenleri; yüksek besin değerine sahip olması, jelatinizasyon yetenekleri, termal stabilite, köpük oluşumu ya da emülsiyon oluşturma özellikleri ve karbonhidratlarla kovalent bağlar oluşturarak polimerleşebilmeleridir (Chen, 1995; Mate ve Krochta, 1996; Mezgheni vd., 1998; Batu ve Serim, 1998). Ayrıca içerdikleri disülfid bağları, yapılarını sağlamlaştırmaktadır. Isı ile denatürasyonları sonucu sülfidril grupları okside olur thiol-disülfid değişimi gerçekleşir ve polimerizasyon gözlenir. Kovalent disülfid bağları içerdikleri için hidrofobik karakterdedir ve bu nedenle suda çözünmeyen yenilebilir filmlerin oluşturulmasında peynir altı suyu proteinlerinden yararlanılmaktadır (Akpınar ve Özcan 1999b; Chen, 1995; Küçüköner vd., 2003). Sahip oldukları polar kısımlar ise oluşturulan filmin mükemmel oksijen bariyer özellikleri göstermesine neden olur. Böylelikle et ve balık gibi gıdaların muhafaza edilmesi, meyve ve sebzelerdeki oksidatif renk değişiminin önlenmesi için tercih edilir (Chen, 1995; Mate ve Krochta, 1996; Coupland vd., 2000). Ayrıca düşük ve

orta nisbi nemlerde mükemmel aroma ve yağ bariyer özelliklerine sahiptir ve ürüne kazandırdığı parlaklık da peynir altı suyu proteini filmlerinin avantajları arasındadır (Batu ve Serim, 1998; Ivata vd., 2000; Kaya vd., 2000).

2.2.1.3 Jelatin

Kolajen, hayvansal dokularda en fazla bulunan, yaklaşık 330 kDa molekül ağırlığında olan ve suda çözünmeyen en önemli bağ doku proteindir ve jelatinin hammaddesidir. Jelatin, kolajenin kısmi hidrolizi ile elde edilir. Ortalama molekül ağırlığı 30 kDa'dan fazla olan kolajen parçalarından oluşmaktadır. Jelatin, gıda endüstrisinde tatlı ve şekerlemeler, fırıncılık ürünleri, bira ve şarap gibi alkollü içecekler, berrak meyve suları, dondurma ve bazı süt ürünlerinde tekstürü geliştirme, su tutma kapasitesini artırma, berraklaştırıcı ve koruyucu kaplama olarak kullanılmaktadır. Jelatin kaynaklı yenilebilir film ve kaplamalarda, jelatin taşıyıcı polimer olarak kullanılır. Formülasyona ilave edilecek katkı maddeleriyle jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamaların fonksiyonel, organoleptik, besleyici ve mekanik özellikleri geliştirilebilir.

2.2.2 Polisakkaritler

Polisakkaritler, monosakkaritlerin glikozit bağlarıyla bağlanmasıyla oluşan kompleks karbonhidratlardır. Polisakkarit ve türevlerinin yenilebilir film ve kaplama üretiminde kullanılma nedenleri arasında düşük maliyette olmaları, kolay elde edilebilmeleri ve iyi film oluşturma özellikleri vardır. Polisakkaritlerden elde edilen filmlerin yapısal dayanımlarının iyi olması ve oksijen geçişini sınırlandırmaları en önemli özelliklerindendir. Ancak su buharı bariyer özelliklerinin düşük olması nedeniyle depolama sırasında ağırlık kaybını engelleyemediklerinden dolayı gıda yüzeyine kalın bir film tabakası oluşturacak şekilde uygulamaları tavsiye edilmektedir (Pavlath ve Orts, 2009). Polisakkaritlerin geçirgenlik davranışları sayesinde gıda sektöründe bu malzemelerin uygulandığı ürünlerin nem kaybının geciktirilmesinin kontrolü sağlanmaktadır (Tufan, 2017).

Yenilebilir polisakkarit bazlı film ve kaplamalar; aljinat, pektin, kitin/kitosan, agar, karagenan vb gamlar, selüloz ve türevleri, nişasta ve hidrolizatları, dekstran gibi maddelerden oluşmaktadır (Küçük vd., 2017). Polisakkaritler suda çözünme

yeteneğine sahip ve molekül ağırlığı yüksek olan hidrokolloid maddelerdir ve çoğu polisakkaritin hidrofilik yapısı nedeniyle filmlerde nem tutma kapasitesi yüzeyde gerçekleşmektedir (Ali vd., 1997). Polisakkarit film ve kaplamaların en önemli özelliklerinden biri; yapısal olarak kararlı olmaları ve oksijen geçişini azaltmalarıdır (Nieto, 2009). Kısmi olarak karbondioksit ve oksijeni geçirdiğinden dolayı anaerobik ortam oluşturmadıkları için istenilen modifiye atmosfer koşullarını sağlayabilmektedir (Küçük vd., 2017).

Polisakkarit kaynaklı film ve kaplamalar renksiz, yağsız bir görünüme sahiptir ve düşük kalorilidir. Dehidrasyonu, oksidatif acılaşmayı ve yüzeysel kararmaları önledikleri veya belirgin şekilde azalttıklarından dolayı meyve, sebze, kabuklu deniz ürünleri ve et ürünlerinin raf ömrünü arttırmada kullanılabilirler (Kayaardı ve Akkara, 2010).

Kahverengi deniz yosunlarının alkali ile muamelesinden izole edilen aljinatlar, gıda endüstrisinde ve pek çok endüstriyel uygulamalarda çok amaçlı olarak kullanılan hidrokolloidlerdendir. Yenilebilir film olarak et ve su ürünlerinin kaplanması da sıklıkla tercih edilmektedir (Dursun ve Erkan, 2009 ; Kayaardı ve Akkara, 2010).

Metil selüloz, hidroksi propilmelil selüloz ve iyonik karboksi metil selüloz gibi selüloz türevleri özellikle gıda endüstrisinde yenilebilir kaplama olarak kullanılırlar.

Karragenan en az beş farklı suda çözünür galaktaz polimerlerinin kompleks bir karışımıdır (Vargas vd., 2008). Uygulandığı gıdaya yapay bir nem bariyeri oluşturarak ürünün nem kaybını azaltır (Dursun ve Erkan, 2009; Kayaardı ve Akkara, 2010).

Karragenan kırmızı deniz yosunundan elde edilen bir ekstraktır. Karragenan nem kaybını önleme özelliğinden ötürü dondurulmuş et ve balık yüzeyinin kurummasının önlenmesinde, bazı gıdaların yüzeyinde oluşabilecek bakteri yükünün azaltılmasında, kurutulmuş meyvelerde ransiditenin önlenmesinde, muzlarda esmerleşme reaksiyonlarının geciktirilmesinde kullanılmıştır (Lee vd., 2003; Campos vd., 2010).

Kitosan, film oluşturma yeteneği sayesinde gıda kaplamalarında başarılı bir şekilde kullanılan polisakkaritlerdendir. Kitosan filmlerinin nem geçirgenliğini azalttığı ve yüksek su aktiviteli taze ürünler ve gıda maddelerinin raf ömrünü uzatmak için kullanılmaktadır (Shahidi vd., 1999).

Son yıllarda elma, şeftali, çilek, domates, brokoli, havuç gibi meyve ve sebzelerin püreleri yenilebilir film yapımında kullanılmaya başlanmıştır. Bu filmler gıdanın besin değerini artırırken bariyer özelliklerinin de gelişmesini sağlayarak gıdanın raf ömrünü uzatmaktadırlar (Wang vd., 2011).

2.2.2.1. Nişasta (patates, mısır, buğday, pirinç ve diğer türevleri)

Nişasta filmler özellikle karbondioksit gazına karşı yarı geçirgen bir özellik gösterirken oksijen açısından da iyi bir bariyerdir. Nişasta, kurutulmuş gıda ürünleri, jelibon ve karamellerde kümeleşme ve yapışmanın önlenmesinde; patates cipsi, şekerleme ve pastacılık ürünlerinde yağ bariyeri ve badem, fındık ve taze dilimlenmiş elmalarda oksijen bariyeri olarak; ayrıca çileğin raf ömrünün uzatılmasında kullanılmaktadır (Baldwin vd., 1995; Mali vd., 2003; Yener, 2007).

2.2.2.2 Selüloz (pamuk, odun ve diğer türevleri)

Selüloz, dünyada bol miktarda bulunan ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilen $(C_6H_{10}O_5)_n$ kapalı formüle sahip polimerdir. Selüloz polimerinin yapısında bulunan üç adet oksitlenebilir OH grubunun, primer ve sekonder alkolik gruplar ile gerçekleştirdiği esterleşme, eterleşme ve benzer kimyasal reaksiyonlar sonucunda selüloz türevleri oluşur (Doğan ve Sezer 2013; Granström, 2009).

Karboksimetil selüloz, metil selüloz, hidroksipropil metil selüloz ya da hidroksipropil selüloz gibi selüloz türevleri, yapısındaki polimer zincirlerin karakterlerinden dolayı iyi bir film oluşturma özelliğine sahiptir (Baldwin vd., 1995). Gıda endüstrisinde sıklıkla kullanılan selüloz türevlerinden biri karboksimetil selülozdur (CMC). CMC çözeltilerinden elde edilen filmler ile kaplanan gıdalarda malzemenin bozulması, renk değişimi, O_2 ile teması geciktirilmektedir (Tufan, 2017). Karboksiselüloz, suda çözünebilen bir maddedir. Ayrıca farklı kaynaklardan elde edilebilir ve ucuz maliyetle üretilmesiyle spesifik bir özellik göstermektedir (Raeisi vd., 2014).

2.2.2.3 Gamlar

Gamlar, hidrokolloid veya stabilizatör olarak adlandırılan maddelerdir. Gıda sanayisinde birçok işlevi bulunan gamlar, kıvam artırıcı, stabilizör, kapsülleyici, kaplama maddesi, köpük tutucu vb. amaçlarla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. En önemli özellikleri düşük oranda bile kullanıldıklarında sulu çözelti/ süspansiyonlarda

jelleşme yapmaları veya kıvam artırmalarıdır. Buna hidrofilik karakterleri neden olmaktadır. Suda çözünerek ve şişerek serbest suyu bağlayıp viskoziteyi artırır. Metilselüloz ve hidroksipropilmetilselüloz gibi termal olarak jelleşebilen gamlar da vardır. Viskoziteyi artırmaları işlem esnasında ürüne tutunan kaplama miktarını artırır. Kaplama çözeltisinin içerisindeki diğer bileşenlerin homojen biçimde dağılmasına uygun ortam oluştururlar. Pişirme veya kızartma esnasında ısı ile jelleşmeleri ileri aşamada gıda yüzeyinde bir tabaka oluşmasını sağlar. Oluşan bu film tabakası formülasyondaki diğer bileşenlerin oluşturduğu kaplamaya destek sağlar. Ayrıca oluşturdukları bu film tabakası kızartma esnasında nem kaybının azalmasını ürün tarafından emilen yağ oranının düşmesine neden olur. Ayrıca pişme esnasında ürünün dağılmasını önleyip fiziksel bütünlüğün korunmasına yardımcı olurlar (Yılmaz vd., 2007).

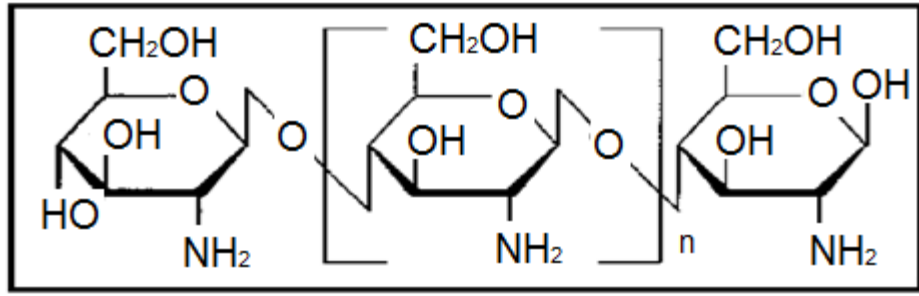
Gamların temel görevi olan viskozitenin kontrolünü sağlamaları ve su buharı göçünü engelleme yetenekleri, gıda maddesine yapışma derecesini geliştirirken kaplanma kalitesini de artırır. Dolayısıyla gamlar yeni gıdalara uygulanabilecek kaplamaların ve filmlerin geliştirilmesinde destekleyici olarak kullanılabilir (Yılmaz vd., 2007).

Çizelge 2.4 Bazı yenilebilir film kaplama bileşenlerinin fonksiyonları (Yılmaz vd., 2007)

Bileşen	Miktar (%)	İşlev
Buğday unu	>40	Kaplamanın ana yapısını oluşturma
Mısır unu	>30	Gevreklik ve altın sarısı renk eldesi
Nişastalar	<5	Çiğnenebilirlikte artış
Mayalama ajanları	<3	Pişme sırasında gözenekli yapının oluşması
Gamlar	<1	Viskozite ayarlama
Baharatlar	İstenen miktarda	Tat kontrolünün sağlanması

Çizelge 2.4'ten de görüldüğü gibi kaplama malzemeleri arasında en düşük miktarda kullanılmasına rağmen fonksiyonel özellikleri sayesinde kaplama yapısına büyük oranda fayda sağlayan önemli bir grup gamlardır (Yılmaz vd., 2007).

2.2.2.4 Kitosan



Şekil 2.1 Kitosanın kimyasal yapısı (Alparslan, 2014)

Omurgasızlardan özellikle kabukluların dış iskeletinin ve maya ve küflerin hücre duvarının yapı maddesi olan, koruyucu ve destekleyici bileşen işlevindeki Kitin; selülozdan sonra doğada en fazla bulunan ikinci yenilenebilir biyopolimerdir.

Kitosan ise kitinin kısmi deasetilasyonu ile elde edilen bir polisakarittir. Katı halde sarımsı-beyaz renkte, yarı şeffaf tatsız ve kokusuzdur (Şekil 2.1). Kitosan organik asit çözeltilerinde (pH<6) çözünebilmektedir. Kitosanın fonksiyonel özellikleri; antifungal, antibakteriyel ve antikanserojenik olmasıdır. Bunların yanı sıra kıvam arttırıcı, durultma ajanı, emülsüfiye edici ajan, antioksidan etki ve jelleşebilme gibi teknolojik özelliklerinin de bulunması çeşitli çalışmalarda kitosana olan ilgiyi arttırmıştır. Kitosan, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus cereus* gibi bakteriler, *Zygomycetes* dışındaki diğer küfler ve *Saccharomyces cerevisiae* ve *Rhodotorula glutensis* gibi maya kültürlerini inaktive edebilir. Kitosan molekülündeki C-2 pozisyonunu, düşük pH değerlerinde (pH<6) pozitif yüklenerek kitosanın kitine oranla daha iyi çözünürlük ve antimikrobiyel etki göstermesini sağlar.

Kitin, kitosan ve türevlerinin antimikrobiyel aktivitelerinin mekanizması hakkında çeşitli görüşler mevcuttur. Bunlardan ilki; kitosanın sahip olduğu pozitif yüklü amino ($-NH_3^+$) grupları bakterinin hücre membranı üzerindeki negatif yüklü karboksilat ($-COO^-$) gruplarına bağlanarak hücre membranının bariyer özelliğini bozması ve protein yapısındaki bazı hücre içi bileşenlerin sızmasına öncülük etmesidir (Juneja vd., 2006). Diğer bir teori; kitosanın seçici davranarak iz metalleri bağlayıp şelat oluşturduğu ve böylelikle mikrobiyal gelişimi inhibe ettiğidir. Ayrıca yapılan diğer çalışmalarda kitosanın, bulunduğu ortamda su bağlayıcı ve enzim inhibitörü görevi gördüğü ve böylece mikrobiyal gelişimi engellediği iddia edilmektedir. Başka bir

teori ise; kitosanın, mikroorganizmanın DNA'sına bağlanarak mRNA ve protein sentezi inhibisyonuna neden olduğudur (Shahidi vd., 1999).

Kitosan biyolojik olarak parçalanabilir, toksik değildir ve genellikle güvenilir olarak tanınmıştır. USFDA (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi) tarafından da güvenilir bir gıda katkı maddesi olarak bildirilmiştir (Yingyuad vd., 2006).

Kitinin kaynağına, izolasyon yöntemine, sodyum hidroksit ile işlem görme süresine, konsantrasyonuna ve işlem sıcaklığına bağlı olarak kitosanın deasetilasyon derecesi ve molekül ağırlığı değişmektedir. Genel olarak kitin ve kitosanın çözünürlüğü molekül ağırlığının artmasıyla azalmaktadır. Kitosan, kararlı kristal yapısı sebebiyle pH 7'nin üzerindeki sulu çözeltilerde çözünmez. Reolojik olarak psödoplastik (Kayma özelliği) davranış gösterir (Yılmaz, 2014).

Kitosana olan ilginin gün geçtikçe artmasının sebeplerinden biri ise gerek ülkemiz gerekse tüm dünyada bu maddelerin kaynakları bol miktarlarda bulunmasıdır.

Doğada mantar ve maya hücre duvarlarında, denizel diatomlarda ve alglerde, krill, ıstakoz, karides ve yengeç kabuklarında, böceklerin epidermisinde vb. pek çok organizmada bulunmaktadır. Kitosan gıdalarda antimikrobiyal aktivitesi (Cuero, 1999), tekstürü düzenleyici etkisi (Benjakul vd., 2003), bağlayıcı (No vd., 2000) ve antioksidan özelliğe (Kamil vd., 2002) sahip olmasından dolayı kaplama materyali olarak kullanıma oldukça uygundur.

Kitosanın kanda kolesterol düzeyini normalin altına düşürme etkisi, iyi bilinen bir fonksiyonel gıda özelliğidir. Bu fonksiyonel özellikten dolayı Japonya'da kitosan katkılı bisküvi, patates cipsi, makarna, soya sosu ve soya keki üretilmiştir. Diyetlerinde günde 3-6 g kadar kitosani 4 hafta süreyle alan deneklerin serum toplam kolesterol seviyesi önemli derecede düşmüştür. Ayrıca kitosan kalın bağırsaktaki zararlı bakterilerinin gelişimini önlediği için, bağırsak tümörlerine karşı koruyucu etki göstermektedir. Benzer şekilde, diyet lifiyle beraber bu materyallerin ağırlık kontrolünde ve zayıflama ürünlerinde de fonksiyonel gıda olabileceği düşünülmektedir. Kitin ve kitosan, katkı olarak kanda aşırı ürik asit veya urat bulunmasına karşı koruyucu ve tedavi edici olarak da kullanılmaktadır. Bu ürünlerin anti-gastritis etkilerinin varlığı da rapor edilmiştir. Bir diğer fonksiyonel özelliği ise enkapsülasyon malzemesi olarak kullanılabilmesidir. Kitosanın bu yeteneği özel besin bileşenlerinin veya ilaçların zamana bağlı olarak emiliminin kontrolüdür.

Bunların yanı sıra bu ürünlerin bağışıklık sistemini güçlendirdiği, iltihaplanmalara karşı iyi geldiği ve antifungal etki gösterdikleri de bildirilmiştir (Shahidi vd., 1999; Alasalvar vd., 2002).

Gıdanın kitosan bazlı film ile kaplanması, ambalaj içindeki kısmi oksijen basıncını düşürür, gıda ile çevresi arasındaki su buharı transferi ile sıcaklığı kontrol altında tutar; dolayısıyla su kaybını azalır. Meyvelerde enzimatik kahverengileşme gecikir, solunumu kontrol altına alınmış olur. Bunlara ilave olarak var olan doğal aromanın pekiştirilmesi, tekstürün düzenlenmesi, emülsifiye edici etkinin artırılması, rengin stabilizasyonu, deasidifikasyon gibi konularda da kitosandan yararlanılmaktadır (Bostan vd., 2007).

Kitosan filmler oksijen bariyer özellikleri iyidir ve gıdayı fungal çürümelere karşı korurlar. Özellikle meyvelerin ve sebzelerin kalitelerinin korunmasında ve depolama sürelerinin uzatılmasında etkilidirler. Yeşilbiber, salatalık ve domatesin olgunlaşmasını geciktirerek raf ömrünü uzatmak amacıyla da kullanılmaktadırlar (Lerdthanangkul ve Krochta, 1996).

Farklı konsantrasyonlarda portakal kabuğu esansiyel yağı içeren kitosan ve jelatin filmlerin antimikrobiyal ve antioksidan aktivitesinin araştırıldığı bir çalışmada % 2'lik portakal kabuğu esansiyel yağı içeren kitosan ve jelatin filmlerin diğer konsantrasyonlara oranla daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen duyusal analiz sonuçlarına göre jelatin (D grubu) ve %2 portakal kabuğu esansiyel yağı ile zenginleştirilen jelatin (E grubu) filmlerin, diğer gruplara göre melanosis gelişimi üzerinde etkili olduğu ($P<0.05$) saptanmıştır. D ve E gruplarında 15 günlük depolama periyodu boyunca kararmanın gerçekleşmediği görülmüştür. Çalışma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde kullanılan kitosan ve jelatin filmlerin, kontrol grubuna göre karideslerin kalitesi ve raf ömrü üzerinde daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Kullanılan jelatin filmlerin karideslerde meydana gelen melanosis üzerinde kitosan filmlere göre daha etkili olduğu, esansiyel yağ içeren kitosan filmlerin ise karideslerin kalitesini daha iyi koruduğu tespit edilmiştir (Alparslan,2014).

Başka bir çalışmada kitosan içerikli filmler havuçlara uygulanmış ve yüzey renginde meydana gelen beyazlaşmanın azaldığı saptanmıştır (Simões vd., 2009).

Yenilebilir filmlerin meyve uygulaması araştırmalarından birinde taze dilimlenmiş kavunlar kitosan (% 0-2, w/w) içeren metil selüloz ile kaplanmış ve depolama süresince mikroorganizmalar üzerinde en yüksek logaritmik azalmanın % 1.5 (w/w) oranında kitosan içeren kaplama çözeltileri ile sağlandığı belirtilmiştir. Ayrıca kavun dilimlerinin raf ömürlerinin 10°C de 10 gün arttığı bildirilmiştir (Krasaekoopt ve Mabumrung, 2008).

Polisakkarit kökenli bir biyopolimer olan kitosanın iyi bir su buharı bariyeri oluşturduğu ve biber, salatalık, domates, elma ve armutta nem kaybını, solunumu ve fungal enfeksiyonu azalttığı, kitosan uygulaması ile bitkilerde patojenlere karşı sentezlenen bir enzim olan kitinaz enziminin aktivitesinin arttığı bildirilmektedir (Debeaufort vd., 1998; Dhall, 2013; Peng vd., 2005).

Kitosan ile kaplanan marul örneklerinde küf gelişiminin incelendiği bir çalışmada 7 °C'deki depolamanın ilk 4 gününde kontrol örneklerine göre 2 log birim az iken, 4 günden sonra antimikrobiyel etkinin kaybolduğu bildirilmiştir (Devlieghere vd., 2004).

Kitosan bazlı yenilebilir film ile kaplanan çileklerin kalitesinin incelendiği bir çalışmada kaplanan ilekler, kaplanmayan ileklere göre önemli ölçüde daha düşük düzeyde maya küf gelişimi gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca kaplamanın tekstürel kaliteyi koruduğu ve raf ömrünü uzattığı bildirilmiştir (Valenzuela vd., 2015).

Kitosana ilgili günümüze kadar birçok araştırma; kitosanın gıda ürünlerinin kalitesini koruduğunu raf ömrünü uzattığını ve yenilebilir bir film olarak kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Diğer araştırmalar bu özelliklerinin geliştirilmesi, kitosanın elde edilmesi ile ilgili geliştirilen yeni metotlar, kimyasal ve fiziksel özellikler, moleküler ağırlığı ve deasetilasyon derecesindeki değişimlerin koruyuculuk üzerine etkileri, endüstriyel açıdan elde edilme maliyetleri ve ekonomik konuları, farklı muhafaza teknikleri ile birleştirilerek raf ömrünün ve koruyuculuk etkisinin artırılması ve antifungal özellikleri üzerinde yoğunlaşmaktadır (No vd., 2007).

Kim vd. (2007), moleküler ağırlığı, kitosan tipi ve kitosan solüsyonunun pH'sının kaplanmış yumurtaların raf ömrü ve kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu alışmalarında, 25°C'de 4 haftalık depolama süresi esnasında, moleküler ağırlığın, kitosan tiplerinin ve kitosan solüsyonunun pH'sının *Salmonella enterica*'ya karşı

antibakteriyel aktivitesi belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, yumurtalarda *S. enteriditis* kontaminasyonuna karşı kitosanın koruyucu bir bariyer olarak kullanılabileceğini bildirilmişlerdir (Kim vd., 2007).

2.2.2.5 Ayva Çekirdeği Müsilajı

Ayva (*Cydonia oblonga* Miller, Rosaceae familyası), besin değeri ve insan sağlığına olumlu etkisi yüksek olan meyveler meyve türlerinden biridir. Yüzyıllardır alternatif tıpta meyveleri çeşitli hastalıkların (dizanteri, İshal, mide ülserivb.) tedavisinde, tohumları saç sabitleme losyonlarının hazırlanmasında emülsifiye edici ajan olarak, yaprakları da yatıştırıcı olarak kullanılmıştır. Tohumlardan elde edilen ayva çekirdeği müsilajı kolay hidrolize olabilir polisakarit ve selülozik fraksiyona sahiptir.

Arabinoz, metillenmiş ve metillenmemiş aldobiyonik asitlerin ve selülozik bir fraksiyonun karışımı, ayva çekirdeği müsilajının hidroliziyle serbest kalır. En fazla hidrolize olan aldobiyonik asitin ksilozdur.

Bu polisakaritin çoğu biyopolimere göre düşük üretim maliyeti ve kolay ekstakte olması dikkate alındığında potansiyel bir film veya kaplama bileşeni olduğu görülmektedir. (Jouki vd., 2014).

Medikal olarak bir çöktelci olarak ve astım ve öksürük tedavisi için kullanılırken, lezzet verici bir madde veya koruyucu olarak da kullanılabilir. Müsilaj, farklı farmasötik ürünlerin imalatında antikor olarak en yaygın şekilde kullanılan biyopolimerlerdir ve birçok farmasötik dozaj formunda farklı oranlarda bağlama, kalınlaştırma, dengeleme, nemlendirme, parçalama, süspansiyona alma, emülsifiye etme özelliklerine sahiptir. Doğal yapışkanlık özelliği, toksik olmaması, düşük maliyetli, kolay bulunabilirliği, yumuşatıcı ve tahriş edici olmayan doğası nedeniyle yarı sentetik ve sentetik malzemelerde de tercih edilir. Biyopolimerler, biyopolimerin kimyasal bileşimi ve moleküler yapısı gibi birçok faktörden geniş ölçüde etkilenir (Moghbel ve Tayebi, 2015).

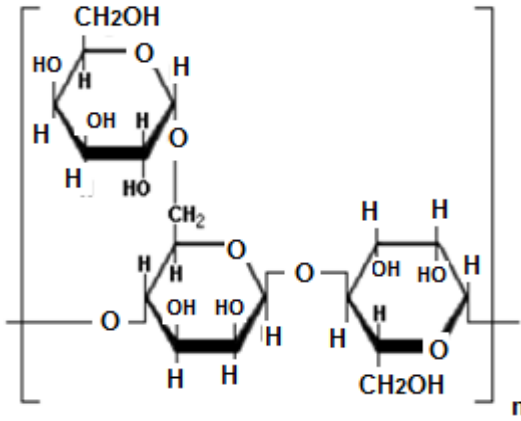
Ayva çekirdeği müsilajı, flavonoidler, steroller, alkaloidler, tanenler, saponinler, reçine, fenol ve terpenoidler içeren bir polisakarit yapısına sahip bir bitki biyopolimeridir (Moghbel ve Tayebi, 2015).

2.2.2.6 Guar Gam

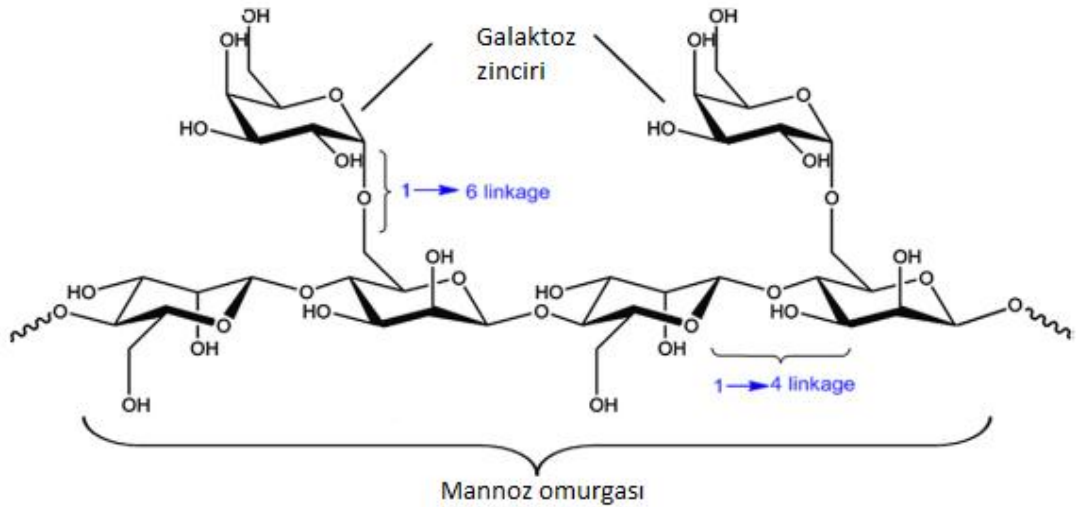
Çizelge 2.5 Yenilebilir film üretiminde kullanılan gamlar.

Doğal Gamlar	Modifiye Gamlar
Ağaç Sızıntıları ve Ekstraktları (Gam arabik, Tragakant, Karakaya gamı)	Selüloz Türevleri (Karboksimetil selüloz, metil selüloz, metiletil selüloz)
Çekirdek veya Kökler (Keçiboynuzu gamı, Guar gamı)	Nişasta ve türevleri (Modifiye nişasta)
Deniz yosunu ekstraktları (Agar, Alginat, Karragenan)	Mikrobiyal fermantasyon gamları (Ksantan gam, gellan gam, Dekstran)

Guar gamın spesifik polisakarit bileşeni guarandır (Şekil 2.2) ve guar gam soğuk suda çözünür özellikte, non-iyonik ve tuza toleranslı doğal bir polisakarittir (Şekil 2.3) (BeMiller ve Whistler).



Şekil 2.2 Guaran, guar gam içindeki spesifik polisakarit bileşeni (BeMiller ve Whistler, 1996'dan uyarlanmıştır) (BeMiller ve Whistler, 1996).



Şekil 2.3 Guar gamın yapısı (BeMiller ve Whistler, 1996).

Hidrokolloidler arasındaki sinerjiler, iki veya daha fazla gam birlikte kullanılarak fonksiyonel özelliklerin modifiye edilip geliştirmesini sağlar (Ward ve Andon, 2002). Guar gum, ksantan gum ile sinerjistik olarak etkileşime girer. Bu sinerjistik etki, farklı modellerle açıklanır. Modellerden biri, galaktomannanın ikame edilmemiş bölgelerinin ksantan sarmalının omurgasıyla birleşmesidir (Dea vd., 1977; Morris vd., 1977; Sworn, 2000; Gurkin, 2002). Ksantan ve galaktomannanlar arasındaki moleküller arası bağlanma, ksantan ve galaktomannan bağlamanın, ksantan sarmalının zayıflamasıyla kolaylaştırıldığını gösterir (Cheetham ve Mashimba, 1988, 1991). Wang vd. (2002), moleküller arası bağlamanın ksantan ve guar molekülleri arasında meydana geldiğini, galaktomannanın, ksantan sarmal-bobin dengesini bozmak için bir denaturant gibi davrandığını ve guar, ksantanın sert bir düzenlenmiş sarmaldan daha esnek bir konformasyona değişmesine zorlandığını belirtmiştir. Ksantan sarmal yapısı veya ksantan zincir esnekliğinin stabilitesi, guar ile etkileşimlerinde kritik bir rol oynamaktadır (Köksel, 2009).

2.2.3 Lipidler

Lipid esaslı yenilebilir film ve kaplamalar, düşük nem geçirgenliğine sahip olduklarından dolayı suya karşı düşük bir ilgiye sahip olduklarından nem kaybına engel olmalarını sağlayan özellikleri nedeniyle kullanılmaktadır. Söz konusu özellikten daha çok kırmızı ve beyaz etlerin korunması amacıyla yararlanılmaktadır. Ayrıca kurumayı kontrol altına almak için taze meyve ve sebzeler üzerinde kaplama olarak kullanımıyla alakalı birçok çalışma mevcuttur (Morillon vd. 2002).

Lipidler;

- Çapraz bağlı trigliseridler
- Vakslar
- Hayvansal ve bitkisel yağlar olarak sınıflandırılabilir (Sarıkuş, 2006):

Koruyucu film veya kaplama malzemesi olarak kullanılacak lipit bileşikleri, asetillenmiş monogliseritler, parafin ve yüzey aktif maddelerden oluşmaktadır. Yenilebilir lipit kaplamaların temel işlevi olan nem geçişini engelleme özelliği, lipitlerin apolar karakterinden ileri gelmektedir. Hidrofobik özelliğe sahip olan lipitlerden elde edilen filmler daha kalın ve kırılabilir olmaktadır. Bu nedenle, günümüzde bu malzemeler tek başına kullanılmak yerine selüloz türevleri veya

proteinler gibi film oluşturucu maddeler ile kompozit halinde kullanılmaktadır. Yenilebilir film çözeltileri hazırlamak için parafin, balmumu, şellak reçinesi gibi çeşitli lipit türleri kullanılabilir (Tufan, 2017).

Mumlardan veya sıvı ve katı yağlardan oluşan film ve kaplamaların kalın ve kaygan yüzeyle olması ve mumsu ve acı bir tat bırakmaları nedeniyle uygulanması zor olabilmektedir (Robertson, 2013).

Lipitler, film oluşumunda çözücü kullanımı veya yüksek sıcaklık uygulaması gerektirmekte ve zayıf mekaniksel özellikler sergilemektedir. Sıvı fazlı lipitler, katı lipitlere göre gaz ve buhar geçişine karşı daha az direnç göstermektedir (Dursun ve Erkan, 2009). Açılmiş gliserol monosterattan oluşan kaplamalar, poliamid, polistirenden oluşan filmlerden biraz fazla su buharı geçirgenliği gösterirken, oksijen geçirgenlikleri de polistiren filmlerden daha azdır (Robertson, 2013).

2.2.4 Katkı Maddeleri

Yenilebilir film teknolojisinde katkı maddesi olarak lezzet verici maddeler, antioksidan, antimikrobiyal ve antifungus ajanlar, çeşitli absorblayıcı maddeler; depolama koşullarında mekaniksel, organoleptik ve koruyucu özellikleri geliştirmek amacıyla ilave edilebilirler.

Katkı maddeleri, hem yenilebilir film/kaplamaların hem de uygulandıkları gıdaların özelliklerini geliştirme amacı ile kullanılmaktadır. Bu katkı maddelerine renk vericiler, probiyotik bakteriler, plastikleştiriciler, vitaminler, tatlandırıcılar, antimikrobiyal maddeler (Çizelge 2.6) ve antioksidan maddeler, ışık absorplayıcılar, oksijen ve etilen tutucular ve karbondioksit düzenleyiciler gibi çeşitli maddeler örnek olarak gösterilebilir (Coma vd., 2002, Janes vd., 2002, Quintavalla ve Vicini 2002, Sebti ve Coma 2002, Özdemir ve Floros 2004, Bifani vd., 2007, Vargas vd., 2008, López de Lacey vd., 2012, Kanmani ve Lim 2013).

Çizelge 2.6 Antimikrobiyal yenilebilir film ve kaplamaların gıda uygulamaları (Ayana ve Turhan, 2010).

Biyopolimer	Antimikrobiyal madde	Gıda
Peyniraltı suyu proteini	Aminobezoik asit, sorbik asit	Bologna tipi sosis, yarı fermente sosis
Metil selüloz	Kitosan	Kavun
Gluten	Nisin	Hindili Bologna sosisi
Soya proteini	Üzüm çekirdeği özütü, yeşil çay özütü	Frankfurter sosisi
Kitosan	Lisozim	Mozerella peyniri
Selüloz	Natamisin	Gorgonzola peyniri
Selüloz	Natamisin, nisin	Mozerella peyniri
Karragenan	Ovotransferrin, EDTA, sorbik asit	Tavuk göğüs eti
Jelatin	Mercanköşkü özütü, biberiye özütü	Sardalya
Kandelila mumu	Elajik asit	Avokado
Metil selüloz	Zeytin yaprağı özütü	Kaşar peyniri
Aljinat	Tarçın, karanfil, limon otu yağı	Elma

Yenilebilir film ve kaplamalar doğal olarak mikroorganizma gelişmesini destekleyebildiklerinden pH'ya, sıcaklığa, atmosfere, su aktivitesine ve uygulama süresine dikkat edilmesi gerekmektedir. Yenilebilir film ve kaplamaların koruyucu fonksiyonunu pekiştirmek için film ve kaplama çözeltisine antioksidan ve antimikrobiyal maddeler eklenebilir (Koyuncu ve Savran, 2002; Özdemir, 2001; Sebti ve Coma, 2002; Quintavalla ve Vicini, 2002).

Yenilebilir film ve kaplama sistemlerinde, yenilebilir olma ve güvenlik önemli olduğundan, kullanılacak antimikrobiyel madde miktarı ve çeşidi sınırlandırılmıştır (Ayana, 2007). Çizelge 2.7'de yenilebilir film ve kaplama materyallerinde kullanım potansiyelleri bulunan kimyasal ve doğal antimikrobiyel maddeler gösterilmiştir.

Çizelge 2.7 Yenilebilir film ve kaplama materyallerinde kullanılan antimikrobiyal ve antioksidan maddeler (Ayana, 2007).

Kimyasal antimikrobiyal maddeler	Doğal antimikrobiyal maddeler
Tuz (Sodyum klorür)	Lakto-antimikrobiyal maddeler (laktoferrin, laktoperoksidaz, laktoglobulin)
Gaz (Karbon dioksit, ozon, sülfür dioksit)	Ova-antimikrobiyal maddeler (lizozim, ovotransferin)
Kürleme kimyasalları (nitrat, nitrit) Sanitasyon ajanları (klor)	Bakteriyosinler (nişin, pediosin) Organik asitler (laktik asit, malik asit, sitrik asit,asetik asit)
Alkol (etonol)	Lipitler (orta zincirli yağ asitleri (12-18 karbonlu), polihidrik alkol esterleri)
Organik asitler (formik asit, propiyonik asit Sorbik asit, benzoik asit ve tuzları)	
Esterler (dikarbonik asit esterleri, p- Hidroksibenzoik asit esterleri)	
Fenolikler (bifenil, o-fenilfenol)	

Yenilebilir film ve kaplamalarda katkı maddesi olarak kullanılan karvakrol ve timol gibi yüksek oranda fenolik bileşenler içeren esansiyel yağlar, gıda patojenlerine karşı güçlü antimikrobiyel etki göstermektedirler (Lambert vd., 2001). Bu bileşenler, Gram negatif bakterilerin dış membranını parçalayarak, lipopolisakkaritleri serbest bırakırlar ve sitoplazmik membranın ATP geçirgenliğini arttırırlar (Sanchez-Gonzalez vd., 2011). Esansiyel yağların varlığı, bakteriyel membranda morfolojik değişiklikleri meydana getirmektedir. Örneğin, *Escherichia coli* ve *Salmonella typhimurium*'un dış membranı, karvakrol ve timole maruziyeti sonucu parçalanır. Bu durum, prokaryotik hücrelerde membran geçirgenliğinin azalmasıyla, protein pompasının çöküşüyle ve ATP havuzunun tükenmesiyle ilişkilendirilir. Ayrıca, esansiyel yağlar sayesinde bakteriyel toksinlerin sentezi de baskılanmış olur (Sanchez-Gonzalez vd., 2011).

Yenilebilir filmlerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla katkı maddesi olarak transglutaminaz enzimi kullanılabilir (Yalçın, 2017).

2.2.5 Çözücü

Film ve kaplama üretiminde sıklıkla kullanılan çözücü sudur. Film hammaddesine bağlı olarak etanol gibi organik çözücülerden de yararlanılabilir. Örneğin çözücü olarak etanol kullanılan filmler, aseton kullanılarak hazırlanan filmlere göre daha iyi gerilme kuvveti göstermektedir. Aynı zamanda etanol kullanılarak hazırlanan filmlerin nemli ve yüksek nemli ortamlarda daha iyi davranış sergilediği bilinmektedir (Üstünol, 2009; Tural vd., 2017).

2.2.6 Plastikleştirici

Karbonhidrat ve protein esaslı film ve kaplamalarda, zincirler arası bağların güçlü olması böylece moleküllerin hareketini kısıtlaması sebebi ile mekanik esneklik ve uzama katsayıları oldukça düşüktür. Bu da elde edilen film veya kaplamaları oldukça kırılğan hale getirmektedir. Bu kırılğanlığı azaltarak moleküler hareketliliğe izin verecek hale getirebilmek için film/kaplamanın içine plastikleştirici özelliği gösteren gliserol, sorbitol, mannitol ve sakkaroz gibi yenilebilen maddeler ilave edilmektedir. Kullanılan plastikleştirici maddeler hidrojen bağları ile polimer zincirinin arasındaki mesafeyi genişleterek moleküle esneklik kazandırmaktadır (Lieberman ve Gilbert, 1973).

Sentetik filmlerde kullanıldığı gibi, yenilebilir filmlerde de esnekliği artırmak için plastikleştirici kullanımına ihtiyaç vardır. Protein filmlerin kırılğan olmasının sebebi, polimerlerin güçlü kohezyon enerjisidir. Uygun plastikleştirici ilavesi ile polimer filmlerin visko elastikliği ve uzayabilirliği geliştirilir. Plastikleştiriciler sayesinde polimer zincirlerdeki molekül içi interaksiyonları azalır ve filmlerin esnekliğini artırır. Gıda olarak tüketilebilen plastikleştirici örnekleri; mannitol, sükroz, sorbitol, trietilen gliserol, gliserol, polietilen gliserol, propilen gliserol, yağ asitleri ve monogliseritlerdir (Çalikoğlu, 2008).

Yenilebilir film ve kaplamalar üretilirken plastikleştirici olarak glukoz, fruktoz-glukoz şurupları ve sukroz gibi mono, di veya oligosakkaritler; sorbitol, gliserol, gliserol türevleri, polietilen glikoller gibi polioller; fosfolipitler ve yağ asitleri gibi lipit ve türevleri kullanılmaktadır (Robertson, 2013; Tural vd., 2017). Plastikleştiriciler, molekül içi güçleri azaltır, biyopolimer zincirlerinin hareketliliğini artırır ve böylece filmin mekaniksel özelliklerini geliştirmektedir (Dursun ve Erkan,

2009;Tural vd., 2017). Protein kaynaklı yenilebilir filmlerin birçoğu, plastikleştirici kullanılmadığında kırılğan yapıda iken, kullanıldığında yapı sağlamlaşmaktadır. Plastikleştiriciler, filmlerin esneklik ve gerilme dayanımlarını, ayrıca geçirgenliklerini etkilemektedir (Üstünol, 2009; Tural vd., 2017).

Yenilebilir film/kaplamaların kullanım amacına uygun olarak kullanılacak olan plastikleştirici maddenin cinsi ve kullanım miktarı belirlenmelidir. Örneğin plastikleştirici madde miktarının gereğinden fazla olması film yapıcı moleküller arasındaki etkileşimleri azalttığından film/kaplamanın bariyer özelliğine olumsuz etkide bulunmaktadır (Aydınlı 2000). Ayrıca film/kaplamanın çekme gerilimini de düşürmektedir (Gontard vd., 1993, McHugh ve Krochta 1994, McHugh vd., 1994, Mate ve Krochta 1996, Gueguen vd., 1998).

Nar tanelerinin nohut nişastasından elde edilen filmlerle kaplandığı bir çalışmada gliserol ile plastikleştirilmiş nişasta filminin WVP'sinin, ikili plastikleştirici karışımları ve sorbitol ile plastikleştirilmiş nişasta filminden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Kısacası geçirgenlik, plastikleştirici konsantrasyonu arttıkça, gliserolden etkilenmiştir. Bunun nedeni, komşu polimerik zincirler arasına yerleştirilebilen, moleküller arası kuvvetleri azaltan ve film matrisinde moleküler mobilitayı artıran nispeten küçük bir hidrofilik moleküldür. Hareketliliğin artması ile daha fazla serbest hacme sahip olunur ve su hareketi moleküllerinin film boyunca göçünü kolaylaştıran segmental hareketlerle sonuçlanır (Rodriguez vd., 2006; Chillo vd.,2008; Ghasemlou vd., 2011).

2.3 Yenilebilir Film Uygulamaları

Yenilebilir film teknolojisinde kullanılan polisakkaritler ve proteinler polimerizasyon, jelleşme gibi süreçlerden geçerek film çözeltileri oluşturmak amacıyla modifiye edilmektedir. Lipit esaslı film ve kaplamalar elde edilirken erime ve kristallendirme ya da çözücü uzaklaştırma süreçlerinden geçer. Yenilebilir filmler genel olarak ekstrüzyon, yayma, dökme, rulo kaplama, pan kaplama veya laminasyon teknikleri ile; yenilebilir kaplamalar ise püskürtme, tambura kaplama, püskürtme-akışkanlaştırma, pan kaplama veya düşen film teknikleri ile hazırlanmaktadır (Tufan, 2017).

Yenilebilir kaplamalar gıdaların yüzeyine doğrudan uygulanabilirler. Yenilebilir filmler kaplamalardan farklı olarak ilk önce üretimi gerçekleştirilir, daha sonra gıdaların yüzeyine uygulanır, pizza veya meyveli tart gibi heterojen gıdalardaki değişik yapıdaki bileşenler arasına uygulanabilir. Böylece nem, katı, gaz hareketliliği etkili bir şekilde kontrol edilmiş olur (Alparlan, 2014). Gıdaların yüzeylerine veya gıda katmanları arasına uygulandığı zaman nem, gaz ve katı hareketliliğinin kontrolü sağlanır (Yılmaz, 2017).

Yenilebilir filmler, yenilebilir kaplamalar, yenilebilir tabakalar ve yenilebilir torbalar şeklinde gruplandırılır. Kalınlığı 254 µm'den daha büyük olan yenilebilir tabakalar ve kalınlığı 254 µm'den daha küçük olan yenilebilir filmler, gıda maddesinden ayrı olarak üretildikten sonra gıda maddesi bileşenleri arasına yerleştirilmekte veya yenilebilir torbalar olarak üretilmektedirler. Yenilebilir kaplamalar ise, gıda maddesinin direkt yüzeyinde meydana getirilen ince tabakalar olarak tanımlanır. Yenilebilir film ile kaplamalar arasındaki temel fark, yenilebilir kaplamaların genellikle püskürtme şeklinde veya daldırma metoduyla gıdaya uygulanması, yenilebilir filmlerin ise katı bir tabaka şeklinde hazırlanıp daha sonra gıdanın bu film ile sarılmasıdır (Tural vd., 2017).

2.3.1 Daldırma

Daldırma yöntemlerinden en basit ve kolay olanı, gıdanın 5-30 saniye süreyle doğrudan kaplama çözeltisine daldırıldığı uygulama şeklidir (Pavlath ve Orts, 2009; Dhanapal vd., 2012; Tural vd., 2017). Daldırma uygulamasında, gıda çözeltiyi absorbe etmekte ve yüzeyde istenen kalınlıkta film tabakası oluşmaktadır. Bu yöntem büyük hacimli gıdaların kaplanmasına uygun değildir, fakat düzgün olmayan yüzeylerin homojen bir şekilde kaplanması, kaplama materyalinin fazlasının uzaklaştırılması ve kurutma olanağı sağlaması gibi avantajlara sahiptir (Yılmaz, 2017). Günümüzde, meyve ve sebzelerin kaplanmasında kullanılan yaygın olan yöntem daldırma yöntemidir (Tufan, 2017).

2.3.2. Püskürtme

Püskürtme yöntemi ile kaplama gıda endüstrisinde, düşük viskoziteye sahip kaplama çözeltileri için kullanılan geleneksel bir yöntemdir. Kaplamanın kalitesi püskürtme

tabancası ve enjektör sıcaklığına, hava ve sıvı akış hızına, havanın ve polimer çözeltilisinin nemine bağlıdır. Bununla beraber, kuruma süresi, kurutma sıcaklığı ve yöntemi gibi etkenler polimer filmlerin oluşabilmesi için gerekli olan diğer faktörler arasındadır. Günümüzde genellikle programlanabilir olan püskürtme sistemleri kullanılır. Bu sistemler damla boyutu dağılımı 20 µm'ye kadar ince bir püskürtme oluşturan klasik püskürtme sistemleri ile kıyaslandığında daha ince bir püskürtme oluşturmaktadır (Tufan, 2017).

2.3.3. Dökme

Bu yöntem; düzgün bir yüzeyin üzerine, film oluşturacak olan çözeltinin istenilen kalınlıkta dökülmesi, yayılması ve kurutulması şeklindeki film oluşturma yöntemidir. Filmin yapısı; çözelti bileşimine, film döküm kalınlığına ve kurutma koşullarına bağlıdır (Tural vd., 2017; Yılmaz, 2017).

Hidrokolloid yenilebilir film oluşturmak için kullanılan en yaygın yöntem çözelti dökme metodudur. Bu yöntemde, yenilebilir çözeltilerin sulu veya etanol-su çözeltileri ya da dispersiyonları hazırlandıktan sonra uygun olan bir alt tabakaya yayılır ve kurutulması sağlanır. Filmlerin kuruması esnasında, çözücünün buharlaşması polimer zincirleri film oluşturacak şekilde hizalanana kadar polimer çözeltilisinin azalmasına sebep olmaktadır. Dökme yüzeyi, çözücünün buharlaştırılmasından sonra herhangi bir hasar oluşmadan filmlerin kaldırılabilmesi için önemlidir.

Bu yöntemde filmler, genellikle havalandırılmalı etüv içerisinde kurutulur. Elde edilecek olan filmlerin yapısı ıslak dökme kalınlığına, dökülen film çözeltisinin bileşimine ve kurutma koşullarına (sıcaklık ve bağıl nem) bağlıdır (Tufan, 2017).

2.4. Yenilebilir Film Uygulanan Gıdalar

Yenilebilir film kaplamaları çeşitli endüstrilerde meyve ve sebze yüzeylerinde, ilaç kapsülasyonunda, şeker ve çikolata kaplanmasında, et, süt ve bazı deniz ürünlerinde, dilde eriyen ağız kokusu gidericilerde vb. kullanım alanı bulmuştur.

Yenilebilir kaplamalar gıdalarda çok sık olarak kullanılmaktadır. Yenilebilir paketlerin seçilmesi, esasen muhafazası gerekli gıda ürününün spesifik özelliklerine ve depolama koşullarına bağlıdır. Yenilebilir kaplamalar ve filmler et ile meyve ve

sebzelerde kullanılmaktadır. Ayrıca şekerlemeler, tahıllar, heterojen ve kompleks gıdalar veya taze, dondurulmuş, kürlenmiş, ve işlenmiş gıdalarda da uygulamaları vardır (Debeaufort vd., 1998). Yenilebilir film ve kaplamalar, dondurulmuş et ürünlerinin taze kalmasını sağlar. Soya proteini, buğday gluteni, karragenan ya da kitosanın hazır biftek köftelerinde nem kaybını azalttığı tespit edilmiştir (Wu vd., 2001). Ayrıca genel olarak karbonhidrat bazlı yenilebilir filmler ve kaplamalar genellikle depolama ve satışı süresince etin stabilitesini ve kalitesini geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Mumlar kaplama olarak limon, portakal, greyfurt, armut, elma, kiraz, üzüm, muz, hurma, karpuz, hindistan cevizi, şeftali, mango guava gibi meyveler ile salatalık, havuç, tatlı mısır, biber, balkabağı, patlıcan, kuşkonmaz, domates, kereviz, patates, turp, gibi sebzelerde geniş ölçüde kullanılmaktadır. Meyvelerde ayrıca oksijen penetrasyonunu azaltıp olgunlaşmayı daha iyi şekilde kontrol eden ve karbondioksit ve etilen evaporasyonunu azaltan bazı yenilebilir filmler geliştirilmiştir (Debeaufort vd., 1998).

2.4.1 Meyve ve Sebzeler

Meyve ve sebze dokuları biyolojik aktiviteleri sebebiyle hasat sonrası depolamadan tüketime kadar olan aşamalarda enzimatik esmerleşme reaksiyonları, su kaybı, mikrobiyel gelişim, doku deformasyonları, gibi birçok fizyolojik değişime uğrarlar. Bununla beraber yıkama, soyma, dilimleme gibi uygulamalarla hücre dokuları zarar görmektedir. Taze sebze ve meyvelerin kolay bir şekilde bozulabilme özellikleri nedeniyle raf ömürlerinin uzatılması için birçok tekniğin bir arada kullanılması gereklidir. Yenilebilir kaplamalarla taze meyve ve sebzelerin basit işlemlerle bozulmalarının önüne geçilmesi ve raf ömürlerinin uzatılması sağlanabilmektedir (Rojas-Graü vd., 2008; Ponce vd., 2008; Vasconez vd., 2009).

Yenilebilir kaplamalar, meyve sebzelerde hasat sonrasında; renk, şeker, asitler, depo bozukluklarının azaltılması, tat ve aroma maddelerinin korunması, ve tüketici beğenisine hitap eden bir ürün elde etmek için kullanılırlar. Ayrıca diğer gıda ürünlerinde nem içeriklerini kontrol altında tutmak, lipid oksidasyonunu engellemek ve ayrıca depo bozukluklarını azaltmak, aroma korunmasını sağlamak amacıyla kullanılırlar. Hem bir paket aynı zamanda bir gıda bileşeni olan yenilebilir kaplamalar, tüketildiğinde iyi bir duyuşsal izlenim bırakan, toksik olmayan, ürünleri

mekanik etkilere ve çeşitli mikrobiyolojik bozulmalara karşı dirençli tutan, çevreyi kirliletmeyen, ucuz ve kolay uygulanabilecek maddeler olmalıdır (Kayaardı ve Akkara, 2010).

Yenilebilir kaplamaların özellikle dilimlenmiş karpuz veya soyulmuş havuç gibi tüketime hazır minimum işlem görmüş meyve ve sebzelerde kullanımı yaygındır. Bu ürünlerin raf ömürlerinin uzatılması ve duyuşsal özelliklerinin iyileştirilmesi, ürünleri tüketici için daha cazip hale getirir. Örnek olarak, soyulmuş havuca antioksidan eklenmiş nişasta ve kitosandan elde edilen kaplama uygulamasıyla havucun çürümmesine sebep olan bakterilerin üremesi 10 °C'de 15 gün depolama koşullarında 1,5-2,5 log arasında azaltılmış, havucun ağırlık ve renk kaybı önlenmiştir (Erkmen, 2010).

Nişasta bazlı kaplamaların kullanıldığı Brüksel lahanalarında ürünün besin değeri uzun süre korunarak, soğuk koşullarda uzun süre muhafaza edilebilmiştir (Ferreya vd., 1995; Vina vd., 2007).

Meyve ve sebzelerde bozulmalar daha çok maya küf, ve bazı bakterilerden kaynaklanmaktadır. Yetiştirmede yetersiz sanitasyon sonucu virüsler de etkin olabilmelidir. (Erol, 2007).

Polisakkaritler; ticari olarak kullanılabilir birçok formülasyonda mevcut olarak meyveler için yenilebilir kaplamalarda bulunan en sık kullanılan bileşenlerdir (Vargas vd., 2008), Polisakkarit filmlerin içeriğini nişasta türevleri, nişasta hidrolizatları, selüloz türevleri, aljinat, agar, pektin, karragenan, kitosan, dekstrin, gibi maddeler oluşturmaktadır (Dursun ve Erkan, 2009). Nişasta, ucuz, verimli, biyobozunur özelliğe sahip ve kullanımının kolay olması nedeni ile yenilebilir kaplamaların formülasyonunda en sık kullanılan doğal polisakkarittir (Vargas vd., 2008). Hassas ve parçalı amilopektin filmlerinin tersine oldukça sağlam, yapışkan, serbest filmler oluşturduğu bilinen amiloz, nişastanın lineer fraksiyonudur. Jelatinize yapılmış amilozun su ve bütanolden oluşan çözeltisinden ayrılan şeffaf, yağ geçirgenliği olmayan filmler kuru koşullarda çok düşük oksijen geçirgenliğine sahip olduğu görülmüştür (Gennadios vd., 1997).

Kitosan filmler iyi oksijen bariyeridirler, bununla beraber gıdaları fungal çürümelere karşı korumaktadırlar. Yeşilbiber, domates ve salatalığın olgunlaşmasını geciktirmek

ve raf ömrünü uzatmak için kullanılmaktadırlar (Lerdthanangkul ve Krochta, 1996). Amerika’da yapılmış bir çalışmada; ahududu ve çilek meyveleri kitosan içeren bir filmle kaplanmıştır. Kaplanmamış örneklerle karşılaştırıldığında ağırlık kaybının geciktiği; renk, kalsiyum ve E vitamini miktarının daha uzun süre korunduğu görülmüştür. (Han vd., 2004). Kaktüs zampkından yapılan yenilebilir filmle kaplanan çilek meyvelerinde de benzer özellikte sonuçlar görülmüştür. Düşük sıcaklıklarda depolamayla beraber yenilebilir kaplama kullanımı çileğin karakteristik özelliklerinin korunabilmesine yardımcı olmuştur (Del-Valle vd., 2005). Arap zampk ve kitosan karışımından meydana gelen bir kaplama ile muzlar 33 gün muhafaza edilebilmiş, kaplama fungistik etki göstermiş ve muzların duyuşal özellikleri korunmuştur (Falguera vd., 2011).

Meyve ve sebzeler yapılarında mum ve kabuk gibi doğal olarak koruyucu bir tabakaya sahiptirler. Bu doğal tabakanın, karbondioksit, oksijen gibi çeşitli gaz ve nem kaybını düzenlediği, aroma ve lezzet kaybını azalttığı bilinmektedir. Gıda sistemlerinde nem, karbondioksit, oksijen, lipid, aroma ve tat bileşenlerinin geçirgenliğini düzenleyen yenilebilir filmler, gıdanın yapısını ve raf ömrünü geliştirmektedir. En yaygın bilinen örnekleri, meyvelerin mum ile şekerlemeler, üzüm, badem, fıstık, fındık, gibi meyvelerin ve et ürünlerinin yağ bazlı filmlerle, fırıncılık ürünlerinin çikolata ile kaplanmasıdır (Yaman, 2013).

Polisakkarit bazlı kaplamalar, meyve ve sebzelerde ransiditeyi, dehidrasyonu ve yüzey kararmalarını önleyip raf ömrünü uzatmaktadır. Oluşturduğu diğer etkileri ise mikrobiyel bozulmaları, ağırlık kayıplarını azaltmak ve görünüşlerini iyileştirebilmektir. Galaktomannanlar polisakkarit yapıda olup birçok tropikal meyvelerin kaplanmasında kullanılmışlardır (Srinivasa vd., 2002; Dang vd., 2008; Cerqueira vd., 2009a).

19. yüzyılda yapılan bir çalışmada ceviz, fındık ve badem oksidasyonun ve acılığın önlenmesi için sakkaroz ile kaplandığı belirtilmiştir. Daha sonraları yapılan çalışmalar meyvelerin görünüşlerinin iyileştirilmesi, yumuşama ve su kaybının önlenmesine yöneliktir (Krochta, 2002).

2.4.2 Süt Ürünleri

Gıda endüstrisinde süt ve süt ürünleri çabuk olarak bozulan gıdalardır. Süt endüstrisinde yenilebilir ambalajlar en fazla peynirlerde kullanılmaktadır (Ayana ve Turhan, 2010). Peynirde mikroorganizma üremesini en aza indirebilmek ve migrasyonu önlemek için antimikrobiyal yenilebilir kaplama materyallerinden yararlanılır (Appendini ve Hotchkiss, 2002).

Peynirlerde rastlanan problemlerden biri de depolama sürecinde küflenme ve *Escherichia coli* bulaşmalarının neden olduğu erken sünme durumudur. Antimikrobiyal ilave edilen yenilebilir filmlerle kaşar peynirlerin muhafazasında mikrobiyel gelişim önlenerek, ürünün raf ömrü uzatılmıştır (Sarıküş, 2006). Gorgonzola peyniri natamisin içeren selüloz içerikli filmle kaplanmış ve kaplanmamış örneklerle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak kaplanmış olan peynirlerdeki küf oranının diğerlerine göre daha az olduğu görülmüştür (Oliveira vd., 2007). Mozzarella peyniriyle yapılan çalışmada da benzer özellikte sonuçlara ulaşılmıştır (Santos Pires vd., 2008).

Peynir kaplanmasında polisakkaritlerden de faydalanılmaktadır. Galaktomannan içeren bir kaplama yarı-sert peynirlere uygulanmış ve sonucunda peynirlerde su kaybı ile mikroorganizma sayısında azalma görülmüştür (Cerqueira vd., 2009b). Yine galaktomannan kullanılan bir yenilebilir kaplama Ricotta peynirleri üzerine denenmiş ve kaplamanın 4°C'de 7 gün boyunca *Listeria monocytogenes* üremesine engel olduğu görülmüştür (Martins vd., 2010). *L. monocytogenes* gelişimine kitosan solüsyonları ile hazırlanan yenilebilir filmler de etkili olmuştur (Torlak ve Nizamlıoğlu, 2009).

Yapılan bir çalışmada, su tutma özellikleri, jelleşme davranışları ve emülsifiye edici özellikleri nedeniyle ayva çekirdeğinin potansiyel kullanımı, dondurmanın reolojik, erime, tekstürel ve duyuşsal özelliklerini geliştirmek için araştırılmıştır. Ayva çekirdeği tozu (QSP), içeren %0, %0.25, %0.50 ve %0.75 seviyelerinde dört farklı formülasyon geliştirilmiştir. QSP ilavesi, akış davranışı gelişimi desteklenmiş, %0.5 ve %0.75 QSP katılmış dondurma örneklerinde daha iyi erime özellikleri ve dokusal özellikler gözlenmiştir. Erime hızında azalma ve tam erime sürelerinin geciktirilmesi QSP ilavesiyle gerçekleştirilmiştir. QSP' nin buz kristalleşmesinin azaltılmasındaki etkisi, sertliğinin azalmasına sebep olmuştur (Kurt ve Atalar, 2018).

2.4.3. Et ve Et Ürünleri

Yenilebilir ambalajlar et endüstrisinde; işlem görmemiş etlerle salam, sosis, biftek gibi ürünlerde kullanılmaktadır. Genel manada amaç mikrobiyel gelişimi, yüzey oksidasyonunu önleyip, muhafaza süresini uzatmaktır. Taze ve dondurulmuş etlerde depolama sırasında su kaybının ve ambalaj içindeki taze etlerden sızan su miktarının azaltılması, et ve et ürünlerinde özellikle yüzeyde bozulma yapan mikroorganizma oluşumunun azaltılması ransiditeye neden olan lipid oksidasyonu ve kahverengi rengin oluşuma neden olan oksidasyon hızının düşürülmesi, aroma kaybı ve yabancı koku kontaminasyonunun sınırlandırılması yenilebilir film ve kaplamaların sağladığı faydalardır (Baron ve Sumner, 1993).

Pektinler, bitkisel kökenli olup polisakkaritlerden olan bir gruptur. Pektin bazlı filmlerin düşük nem içerikli gıdalarda iyi çalıştığı görülmüştür. Kırmızı alglerden oluşturulan, genelde mikrobiyolojik besin yerlerinde sıklığı önlemek için kullanılan agar kendisini etlere kaplanması için kullanışlı yapan karakteristikler göstermektedir (Dursun ve Erkan, 2009; Gennadios vd., 1997).

Dekstrinler nişasta hidrolizatları olup, koruyucu kaplama olarak parça etlerde kullanılmakta ve su geçirgenliğine karşı nişastalara göre 2-3 kat daha fazla dirence sahiptirler. Dekstrin içeren yenilebilir kaplamalar sucuk, sosis, gibi et ürünlerinde kullanılmış, soğuk koşullarda ürünlerin, rengi, tadı ve tazeliği korunabilmiştir (Gennadios vd., 1997).

Ayrıca su buharı geçirgenliği sınırlı bir materyal kullanımı da et yüzeyindeki kurumayı ve kayıpların önlenmesi açısından faydalıdır (Ergin, 2015).

Kitosan bazlı filmlere asetik asit veya propiyonik asit eklenerek; jambon, sosis ve taze domuz etinin ambalajlanmasında kullanılmıştır. En güçlü inhibasyon etkinin sosislerde olduğu görülmüştür (Ouattara vd., 2000). Güçlü bir antimikrobiyal etkiye sahip olan kekik esansiyel yağı kitosan filmlere ilave edilerek Bologna tipi sosis dilimleri arasına uygulanmıştır. *L. monocytogenes*'in *E. coli*'ye göre kekik esansiyel yağına karşı daha duyarlı olduğu görülmüştür Kitosan filmlerle ambalajlanmış ve 10°C'de 5 gün süreyle depolanmış ürünlerde kitosan filmler, *L. monocytogenes* sayısını 2 logaritmik evre azaltırken, kekik esansiyel yağı içeren kitosan filmlerin *L. monocytogenes* sayısını sırayla 3, 6 ve 4 logaritmik evre azalttığı izlenmiştir. (Zivanovic vd., 2005).

Tek başına veya antimikrobiyal ve antioksidan maddelerle zenginleştirilmiş olan pektin ve farklı protein bazlı yenilebilir film ve kaplamalar da kırmızı et ve ürünlerinde araştırılması yapılmıştır. Lim vd. (2010) sosis üretiminde pektin bazlı filmlerin jelatin/sodyum aljinat karma filmlerine göre ticari üretime daha uygun olduğunu tespit etmişlerdir. Yenilebilir film ve kaplamaların tek başına veya antimikrobiyal ve antioksidan etkili bileşenlerle zenginleştirildikten sonra kanatlı eti ve ürünlerinde kullanımları üzerine de çok sayıda araştırmalar yapılmıştır. (Martelli vd., 2008) kassava nişastası ve %25 gliserol kullanarak hazırladıkları kaplamaların, tavuk nagıtlarının yağ alımını ve son ürün yağ miktarını önemli derecede azalttığını belirlemişlerdir.

2.4.4 Su Ürünleri

Su ürünlerinde kimyasal ve enzimatik reaksiyonlar muhafaza süresini ve ürün kalitesini olumsuz şekilde etkiler. Bununla beraber depolama sürecinde su kaybı, oksidatif bozulmalar, bozulmaya neden olan mikroorganizmaların artması gibi sorunlar da etkili olmaktadır. Su ürünleri gibi hassas gıdalarda kayıpları en aza indirebilmek için yenilebilir kaplamalarla ambalajlamadan faydalanılır. Su ürünlerinin doğal yapısı yine doğal kaynaklardan oluşturulan yenilebilir filmlerle korunabilmekte ve daha güvenli olan ürünler geliştirilebilmektedir. Su ürünlerinde yenilebilir kaplama yapımında proteinler, hidrokolloidler, karbonhidratlar, lipidler, kullanılmaktadır (Kılınçeker vd., 2009; Campos vd., 2010).

Kitosan, karragenan, dekstran kaplamalar karides ve balıkta depolama sürecinde aromanın, tazeliğini ve renginin korunması için uygulanmaktadır. Karragenan içerikli yenilebilir kaplamalar balıklarda yüzey kurumalarını önlemektedir (Sürengil ve Kılınç, 2011).

Kahverengi deniz yosunlarından alkali ile muamele edilip izole edilen aljinatlar, gıda endüstrisinde ve endüstriyel uygulamalarda çok amaçlı olarak kullanılan hidrokolloidlerdendir. Yenilebilir film olarak et ürünleri ve su ürünlerinin kaplanması da sıklıkla kullanılan materyallerden biridir (Dursun ve Erkan, 2009).

Sulu çözeltiler veya dispersiyon formlarında uygulanan dekstran kaplamalar soğutulmuş veya dondurulmuş depolama boyunca renk, lezzet ve tazeliği korumak

için kabuklu ve kabuksuz, karides, balık ve et ürünleri üzerinde kullanım için öngörülmektedir (Gennadios, 1997).

Polisakkarit bazlı kaplamalar deniz ürünlerinde oksidatif ransiditeyi, dehidrasyonu, yüzey kararmalarını önleyip görünüşlerini iyileştirirler (Carneiro-da-Cunha vd., 2009). Taze kırmızı et, tavuk eti veya balık dilimleri plastik tepsilerde ambalajlandığında ürün suyunun sızması, paketi tüketicilere karşı itici hale getirmektedir. Yenilebilir kaplamalar suyu içerisinde tutarak sızıntıları önleyip, ürünün görünüşünü iyileştirir ve bu sayede tepsinin dibine absorbent pedlerin yerleştirilmesine gerek kalmaz. Balık, tavuk eti ve kırmızı et parçalarının yüzeyine kaplama, paneleme ve kızartmadan önce uygulanan kaplamalar kızartma sırasındaki yağ alımını azaltıp ürünlerin besleyici değerini geliştirebilir (Gennadios, 1997).

Jelatin et ve et ürünlerinde nem, oksijen ve antioksidan taşıyıcı olarak kullanılmaktadır. Asetilen eklenmiş monoglisericid filmler kümes hayvanı eti ve parça etlerde depolama sürecinde dehidrasyonu önlemek için kullanılmaktadırlar (Kester ve Fennema, 1996).

Su ürünlerinde en çok çalışılan film ve kaplamalardan biri kitosan bazlı olanlardır (Jeon vd., 2002). Kitosan bazlı kaplamaların balıklarda lipit oksidasyonunu ve su kaybını azalttığını ve kitosanın koruyucu etkisinin viskozitesiyle bağlantılı olduğunu bildirmişlerdir (Sathivel, 2005). Somon balığını kitosan bazlı filmlerle kaplamanın lipit oksidasyonu ve damlama kaybını minimize ettiğini rapor etmiştir. Morina balığı köftelerinin yenilebilir filmle kaplanması üzerine çalışan Lopez-Caballero vd. (2005), kitosan içermeyen kontrol grubu, toz kitosan ilave edilen grup ve kitosan-jelatin karışımı ile kaplanan grup olmak üzere 3 farklı örnekle çalışmışlardır. Köftelere toz kitosan ilavesinin bakteriyel gelişimi etkilemediğini, kitosan- jelatin kaplamaların duyu özelliklerinin iyi olduğunu ve bu kaplamaların toplam uçucu bazik azotunda ve gram negatif bakteri sayısında azalmaya neden olup köftelerde bozulmayı geciktirdiğini tespit etmişlerdir. Soğukta muhafaza edilen sazan balığının kalitesi ve raf ömrü üzerine kitosan kaplama işleminin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada %2'lik kitosan ile kaplanarak -3°C de 30 gün depolanan balıklarda, depolama süresince raf ömrünün uzadığı ve kalite özelliklerinin korunduğu görülmüştür (Fan vd., 2009).

3 MATERYAL METOT

3.1 Materyal

Çalışmada, ayva meyvesinden elde edilen ayva çekirdekleri, ticari olarak temin edilen guar gam, deasetilasyon derecesi >75 olan Sigma Aldrich marka kitosan kullanılmıştır. Kullanılan ROTH marka gliserole ait özellikler ise Çizelge 3.1’ de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Gliserolün Özellikleri (O’ Neil vd., 2001)

Gliserol	
Kimyasal Formülü	C ₂ H ₈ O ₃
Molekül ağırlığı	92,09 g/mol
Yoğunluğu	1,261 g/cm ³
Erime Noktası	18 °C
Kaynama noktası	290 °C
Suda Çözünürlüğü	Var
Esmerleşme reaksiyonu	Yok

3.2 Metot

Önceleri yenilebilir film ve kaplamalardan beklenen depolama ve taşıma sırasında nem kaybını önlemek iken günümüzde yenilebilir film ve kaplamaların gıdalara uygulanmasında genellikle mekanik, optik ve su buharı bariyer özellikleri üzerinde durulmaktadır. Mekanik özellikler; film matrisindeki molekül içi ve moleküller arası bağ yoğunluğu ve dağılımı ile ilgili özelliklerdir (Liu vd., 2016). Mekanik özellikler, filmlerin gıda paketlenmede kullanılabilirliği, yeterli fiziksel dayanıma sahip olmaları ve gıdaların bütünlüğünü korumalarına bağlıdır (Masamba vd., 2016). Optik özellikler ise uygulandıkları ürünlerin görünümüyle alakalı önemli kalite parametreleridir ve gıda yüzeyine uygulanmış film ve kaplamaların uygulanabilirliğini tanımlar. Su bariyer özelliği veya nem geçirgenliği olarak bilinen kalite parametresi ise filmlerde aranan bir diğer özellik olup, filmlerin mümkün olduğunca düşük su buharı geçirgenliğine sahip olması aranan en önemli uygulama özelliklerinden biridir (Hosseini vd., 2013).

Araştırmanın birinci aşamasında ayva çekirdeği müsilajı (A), guar gam (G) ve kitosan (K) çözeltilerinin farklı oranlarda bir araya getirilmesiyle kompozit yenilebilir filmler elde edilmiştir. Daha sonra üretilen filmlerin kalınlıkları hesaplanıp suda çözünürlük, su buharı geçirgenliği, renk, DSC, FTIR ve SEM analizleri yapılmıştır, mekanik özellikleri belirlenmiştir.

3.2.1 Ayva Çekirdeklerinden Müsilaj Ekstraksiyonu

Ayva meyvesinden ayıklanıp kurutulmuş 10 g ayva çekirdeği 100 ml distile su ile karıştırılmıştır. Karışım su banyosunda 45°C'de 15 dakika karıştırılarak ısıtılmıştır. Şişen çekirdekler blenderden geçirilip müsilajın ayrılması sağlanmıştır. Çözelti süzülüp süzüntü İsolab marka homojenizatörde homojenize (12000 rpm, 3 dk) edilmiştir. Hava kabarcıklarından arınması ve çözünmeyen partiküllerin uzaklaştırılması için Sigma marka santrifüj cihazında santrifüjlenmiştir (4000 rpm 12 dk). Toplanan müsilaj Binder marka etüvde 30°C'de kurutulmuş ve toz haline getirildikten sonra serin ve kuru yerde muhafaza edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 30 °C etüvde kurutulmuş ayva çekirdeği müsilajı

3.2.2 Ayva Çekirdeği Müsilaj Filmlerinin Hazırlanması

Ayva çekirdeklerinden müsilaj ekstrakte edilmiş ve bu müsilaj, denemelerde kullanılmak üzere depolanmıştır. Elde edilen kuru müsilaj maddesinin %1'lik (w/v) çözeltisine, elastikiyet kazandırmak amacıyla %35 (w/w) oranında gliserol eklenmiştir. Çözelti manyetik karıştırıcıda 750 rpm, oda sıcaklığında homojenleştirilmiş, hava kabarcıklarından arınması ve çözünmeyen partiküllerin uzaklaştırılması için santrifüjlenmiştir (4000 rpm 12dk). 8 cm'lik teflon petrilere dökülerek 30°C etüvde (Şekil 3.3) 24 saat kurularak yenilebilir ayva çekirdeği müsilaj filmleri elde edilmiştir.

3.2.3 Kitosan Filmlerin Hazırlanması

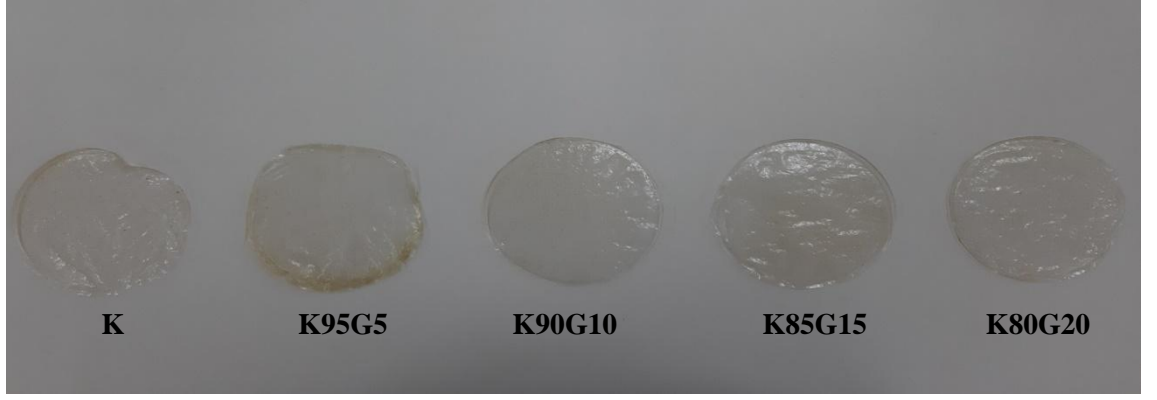
1 g kitosan, 100 mL %1 (v/v) asetik asit çözeltisi içinde 25°C' de 4 saat boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılarak çözündürülmüş, çözeltiliye plastikleştirici olarak % 0.5 (v/v), oranında gliserol ilave edilerek manyetik karıştırıcı ile 6 saat boyunca karıştırılmıştır. Kitosan çözeltisinden hava kabarcıklarından arınması ve çözünmeyen partiküllerin uzaklaştırılması için 4000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Projede belirtilen metota uygun şekilde etüvde kurutularak yenilebilir kitosan filmler elde edilmiştir.

3.2.4 Guar Gam Filmlerin Hazırlanması

Guar gam yenilebilir filmlerinin hazırlanması için %1'lik (w/v) guar gam çözeltisi hazırlanarak elastikiyet kazandırmak amacıyla %35 (w/w) oranında gliserol eklenmiştir. Çözelti manyetik karıştırıcıda 750 rpm, oda sıcaklığında homojenleştirilmiş, hava kabarcıklarından arınması ve çözünmeyen partiküllerin uzaklaştırılması için santrifüjlenmiştir (4000 rpm 12 dk). 30°C etüvde 24 saat kurutularak yenilebilir guar gam filmleri elde edilmiştir.

3.2.5 Kompozit Filmlerin Hazırlanması

%1'lik (w/v) ayva çekirdeği müsilağı, %1'lik (w/v) kitosan ve %1'lik (w/v) guar gam çözeltileri, farklı oranlarda karıştırılarak kompozit yenilebilir film çözeltileri hazırlanmıştır. Çizelge 3.2'de verilen deneme deseninde belirtilen oranlarda hazırlanan yenilebilir film çözeltileri 8 cm çapında teflon plakalara, ortalama 0.1 mm kalınlığında film elde edilecek şekilde dökülüp 30°C' de 24 saat kurutularak (Şekil 3.2) analizlerde kullanılmak üzere depolanmıştır. Guar gam varlığında, ayva çekirdeği müsilağı ve kitosan film çözeltileri, daha homojen ve stabil bir yapı sergilemiştir. Elde edilen filmler analizlerde kullanılmak üzere depolanmıştır.



Şekil 3.2 Yenilebilir filmlerin kurutma sonrası görünümü.

Çizelge 3.2 Üretilen yenilebilir filmlere ait deneme deseni.

Film kodu	Kitosan (K) (g/100mL)	Guar Gam (G) (g/100mL)	Ayva Çekirdeği Müsilajı (A) (g/100mL)
K	1	0	0
G	0	1	0
A	0	0	1
K95A5	0.95	-	0.05
K95G5	0.95	0.05	-
K90G10	0.90	0.10	-
K85G15	0.85	0.15	-
K80G20	0.80	0.20	-
K95(A+G)5	0.95	0.025	0.025
K90(A+G)10	0.90	0.05	0.05
K80(A+G)20	0.80	0.10	0.10
K70(A+G)30	0.70	0.15	0.15
K60(A+G)40	0.60	0.20	0.20



Şekil 3.3 Deneysel çalışmalarda kullanılan etüv.

3.2.6 Kalınlık

Elde edilen yenilebilir filmlerin kalınlıkları, Şekil 3.4'te gösterilen Dasqua (0.001 mm) marka dijital mikrometre kullanılarak on farklı bölgeden ölçülüp bu ölçümlerin ortalaması alınarak bulunmuştur ve ortalama kalınlık değeri su buharı geçirgenliği ve mekanik analiz hesaplamalarında kullanılmıştır.



Şekil 3.4 Deneysel çalışmalarda kullanılan dijital mikrometre.

3.2.7 Nem

Gıdalardaki nem içeriği, mikrobiyolojik gelişimi kontrol altında tutmak, tazeliğin korunması ve ağız dolgunluğu ve düzgün görünüm sağlamak için önemlidir. Yenilebilir filmler kaplandığı gıdanın nemlenmesini veya nem kaybını önleyen su aktivitesini kontrol altına almaktadırlar (Dursun ve Erkan, 2009).

Filmlerin nem içeriği (yaklaşık $1 \times 3 \text{ cm}^2$) etüvde $105 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta 2 saat kurutma sonrası oluşan kütle kaybından hesaplanarak belirlenmiş ve kurutma boyunca kaybedilen kütlenin yüzdesi olarak ifade edilmiştir.

3.2.8 Çözünürlük

Suda çözünürlük, yüksek su aktivitesinin olduğu durumlarda kontaminasyon olasılığı nedeniyle gıda ambalajları için önemli bir faktördür ve film örneklerinin suya karşı direncinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Rostamzad vd., 2016). Film bütünlüğü açısından çoğunlukla düşük çözünürlük istenir (Jiang vd., 2016). Buna karşın gıda ambalajlama uygulamalarında ürün tüketilmeden önce ambalajın çözünmesi için yüksek çözünürlüğe ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca yüksek çözünürlük, çevre kirliliği düşünüldüğünde önemlidir. Bu tür ambalajlar, sentetik

polimerler yerine kullanılabildiğinden ambalaj atıklarının en aza indirilmesine katkı sağlar (Kaewprachu vd., 2017).

Filmler, 20x20 mm parçalara bölünüp kurutma fırınında 105°C' de 24 saat kurutulduktan sonra başlangıç kuru madde miktarını belirlemek için 0.0001 g hassasiyette tartılmıştır. Film örneği, içerisinde 30 ml saf su bulunan 50 ml' lik behere konularak üzeri parafilmle kapatılıp, 25°C' de 24 saat bekletilmiştir. Filmler kurutma fırınında aynı sıcaklık ve sürede tekrar kurutulup son kuru madde miktarını belirlemek için 0.0001 g hassasiyette tartılmıştır. % film çözünürlüğü suda çözünen kuru madde miktarının başlangıçtaki kuru madde miktarına oranı olarak hesaplanmıştır.

3.2.9 Yoğunluk

Yoğunluğun belirlenmesi için 2x2 cm² alana sahip örnek, desikatör içinde fosfor pentoksit (%0 bağıl nemde) ile 20 gün muhafaza edildi ve tartılıp [3.1] eşitliğine göre yoğunluk hesaplandı.

$$\rho_s = \frac{m}{A \cdot \delta} \quad [3.1]$$

Buradaki,

A değeri film alanını (4 cm²),

δ ; film kalınlığını,

m, filmin kuru ağırlığını (g),

ρ_s ise filmin yoğunluğunu (g/cm³) göstermektedir.

3.2.10 Su buharı geçirgenliği

Su buharı bariyer özelliği filmlerin kullanılabilirliğini etkileyen bir diğer önemli faktördür (Rocha vd., 2014). Gıda ile etrafını çevreleyen atmosfer arasındaki nem geçişinin azaltılması için filmlerin iyi bir su buharı bariyer özelliğine sahip olması gerekmektedir (Kurt ve Kahyaoğlu, 2014).

Laboratuvar çalışmalarında su buharı geçirgenliği analizi, ASTM-E96 Standart Test Metoduna alternatif bir metotla gerçekleştirilmiştir. 10 cm cam deney tüplerinin içine 1'er g silika eklenmiş ve tüplerin ağzı film numuneleri ile kaplanmıştır. Filmler

parafilm yardımıyla sabitlenmiştir. Elde edilen bu tüpler içerisinde doymuş magnezyum nitrat hegzahidrat bulunan (%RH= 52) desikatöre konularak bir hafta boyunca günlük olarak ağırlık artışı izlenip grafik elde edilmiştir. Ağırlık-zaman eğrilerinin doğrusal olduğu bölgenin eğiminden yararlanılarak filmin su buharı geçirgenliği (SBG) eşitlik [3.2]'ye göre hesaplanmıştır.

$$SBG = w/t \cdot x/(\Delta P \cdot A) \quad [3.2]$$

Bu eşitlikte; w/t = lineer regresyon ($R^2 \geq 0.99$) ile hesaplanan zamana bağlı ağırlık değişimini (g/saat), x = film kalınlığını (mm), A = film yüzey alanını ve ΔP = basınç farkını (kPa) göstermektedir. SBG eşitliğindeki ΔP değerinin hesaplanmasında [3.3] eşitliğinden yararlanılmıştır.

$$\Delta P = S (R_1 - R_2) \quad [3.3]$$

Bu eşitlikte; $S = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ' deki suyun doymuş buhar basıncını (3,168 kPa), R_1 ; desikatör ortamının bağıl nemini ve R_2 = tüpün iç kısmının bağıl nemini (%0.0) göstermektedir. (Yılmaz, 2017).

3.2.11 Renk Analizi

Yenilebilir filmlerin rengi ve optik özellikleri ürünün genel görünüşü ve tüketici kabulünü etkileyen önemli kalite faktörleridir (Kurt ve Kahyaoğlu, 2014).

Filmlerin rengi, üç farklı renk skalasına (L^* , a^* ve b^*) ait sayısal değerleri veren Minolta (Japonya) marka renk ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Film örneklerinin açıklık parametresi L ve renklilik parametreleri olan a ve b değerleri ölçüldü (a , kırmızı-yeşil; b , sarı-mavi). Farklı bölgelerden üç okuma yapıp kaydedildi ve örneklerin toplam renk kaybı (ΔE) eşitlik [3.4] yardımıyla hesaplandı:

L^* , a^* ve b^* değerleri standart renk parametreleri, L , a ve b ise örneğe ait renk parametreleridir.

$$\Delta E = ((L^* - L)^2 + (a^* - a)^2 + (b^* - b)^2)^{0.5} \quad [3.4]$$

3.2.12 Opaklık Analizi

Filmlerin opaklık değerleri için Optima SP 3000 Plus (Japonya) marka UV-VIS spektrofotometre kullanılmıştır. Film örnekleri test hücresine yerleştirilerek 600 nm’de okunan absorbansa göre opaklık değeri hesaplanmıştır.

Opaklık değerlerinin ölçölürken Park vd. (2004) tarafından önerilen spektrofotometrik yöntemden yararlanılmıştır. Filmler dikdörtgen şeklinde kesilip spektrofotometrenin test hücresine yerleştirilmiş ve boş hücre referans olarak kullanılıp 600 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur. Okunan absorbans değerlerinden filmlerin opaklığı değeri eşitlik [3.6] yardımıyla hesaplanmıştır.

$$O = \text{Abs}_{600}/x \quad [3.6]$$

Bu eşitlikteki; O = opaklığı, Abs₆₀₀ = 600 nm dalga boyundaki absorbans değerini ve x = film kalınlığını ifade etmektedir. Ölçümler üç tekerrürlü olarak gerçekteştirilmiştir (Yılmaz, 2017).

3.2.13 Mekanik Analiz

Yenilebilir filmlerin gıdalara uygulanmasında en önemli parametreler mekanik, optik ve su buharı bariyer özellikleridir. Mekanik özellikler, filmlerin fiziksel dayanımını ve buna bağlı olarak gıdaların mekanik bütünlüğünün korunması açısından önemlidirler (Sothornvir ve Krochta, 2000). Bu nedenle film üretilirken dikkat edilmesi gereken önemli noktalardan biri; filmin yeterli mekanik direnci sağlayıp sağlamadığının tespit edilmesidir (Yaylı vd., 2017).

Kopma uzaması, filmlerin uzama yeteneğini ifade eden önemli bir mekanik özelliktir (Shiku vd., 2003).

Polimer filmlerin, mekanik özelliklerinin belirlemede, sıklıkla aranan iki değer gerilim direnci ve uzama miktarlarıdır. Gerilme direnci, dışarıdan uygulanan kuvvete karşı malzemenin gösterdiği tepkiyi ifade ederken, uzama ise, bu dış kuvvetlerin etkisiyle malzemenin geometrik durumundaki değişim olarak düşünölebilir. Mekanik özellikler, polimerlerin gerilim-uzama eğrilerinden hesaplanır ve polimerden polimere farklılık gösterebilir. Bu farklılıklara sebep olan etkenler; polimerlerin camsı geçiş sıcaklığı, moleköl ağırlığı, kohezyon, polarite, kristalinite,

yönlenme ve plastikleştiricilerdir (Ayana, 2007; Skurtys vd., 2010). Mekanik özellikleri değiştirdiği için kullanılan plastikleştirici maddenin miktarı ve cinsi doğru seçilmelidir çünkü molekül ağırlığı yükseldikçe ve plastikleştirici maddenin miktarı artıkça, filmin bariyer özelliği ve çekme gerilimi de düşer (Kalkan, 2014).

Filmlerin mekanik özellikleri olan gerilme direnci (veya çekme dayanımı) (TS, tensile strength) ve kopma anında uzama değerleri (EB, elongation at break) TA.XTPlus model tekstür analiz cihazında belirlenmiştir. Ölçüm işleminde 5 kg'lık yük hücresi kullanılmış ve ölçüm oda sıcaklığında (24 ± 1 °C) gerçekleştirilmiştir. Film örnekleri dikdörtgen biçiminde (6 cm x 1 cm) kesilmiş ve çekme probunun uç kısımlarından tutturulmuştur. Problar arası mesafe 50 mm olarak ayarlanmış ve filmler 10 mm/s hızda gerilmiştir. Gerilme ve kopma eğrilerini içeren grafiklerden TS (MPa) ve EB (%) parametreleri hesaplanmıştır. Gerilme direnci (TS), eksenel yük altındaki bir cismin birim alanı başına düşen kuvvet olarak tanımlanırken, EB ise bu kuvvet altında o cismin boyca uzama oranı olarak ifade edilmektedir. Test edilen farklı konsantrasyonlardaki film örneklerinin gerilme dirençlerinin aritmetik ortalamaları alınarak değerlendirme yapılmıştır. Kopma anında uygulanan maksimum kuvvet (TS) ile kopma uzaması (EB) miktarı cihaza bağlı bilgisayar programı ile kaydedilmiştir.

3.2.14 DSC Analizi

Üretilen filmlerin termal özelliklerini incelemek amacıyla, DSC cihazı (Shimadzu-DSC 60) (Şekil 3.5) kullanılmıştır. Alüminyum kaplı DSC kapları içerisine film örnekleri (5-10 mg) konulmuş ve 10 °C/dk ısıtma oranı ile azot atmosferinde 0 °C'den 400 °C'ye kadar ısıtılmıştır.



Şekil 3.5 Deneysel çalışmalarda kullanılan DSC cihazı.

3.2.15 FTIR Analizi

Filmlerin moleküler karakterizasyonu, FTIR cihazıyla ölçülmüştür. Ölçüm 400-4000 cm^{-1} arasındaki frekanslarda ve 4 cm^{-1} çözünürlükte gerçekleştirilmiştir.

Kızılötesi (IR) spektroskopisi, organik veya inorganik bileşiklerin karakterizasyonunda kullanılan bir araçtır (Ono vd., 2011). IR spektrumu, maddeyi oluşturan atomlar arası bağların titreşiminden oluşan frekanslara karşılık gelen absorpsiyon pikleri vererek örneğin parmak izini göstermektedir (Lin ve Wang 2011). Her maddenin kendine özgü bir spektrumu vardır ve bunun tek istisnası optik izomerlerdir. Organik madde spektrumlarının özellikle de 2000 cm^{-1} den sonra gelen kısmı daha ayrıntılıdır ve bu bölgeye parmak izi bölgesi denir; spektrumu iki kat genişletilerek alınır. Böylece madde hakkında daha ayrıntılı bilgi elde edilmiş olur (Gündüz, 2001). Veriler, farklı moleküler bağların oluşturduğu farklı titreşim frekanslarını temsil eder (Ergin vd., 2013). FTIR'dan sadece makromoleküllerin yapısal analizinde (doğallık, miktar ve moleküler bağların konformasyonu) değil aynı zamanda mikroorganizmaların tanımlanmasında (fenotip, tür, alt-tür, patojenite, direnç vb.) da kullanılmaktadır (Essendoubi, 2007).

Gıdalar temel olarak yağlar, proteinler, karbonhidratlar ve sudan oluştuklarından bu bileşenlerin hepsi infrared spektruma katkıda bulunurlar. Böylelikle karakteristik absorpsiyon bantları ile gıda bileşenleri arasında ilişkiler kurulabilmektedir (Erkahveci ve Karaali, 1996; Konwar ve Baruah 2011). Farklı gruplardan kaynaklanan NH, OH, CH, C = O, C = C ve C = N bantlar kilit bantları olarak adlandırılır (Davis ve Mauer, 2011). Karbonil ester ve CH yağları; amid grubu proteinleri; COH grupları karbonhidratları ve HOH bağlanması da su absorpsiyonunu göstermektedir. Su, IR spektrumunda spektrumdan rahatlıkla çıkarılabilir veya oranlanabilir (Erkahveci ve Karaali, 1996).

3.2.16 SEM Analizi

Hazırlanan kompozit yenilebilir filmlerin mikro yapılarını incelemek için SEM analizleri yapılmıştır. Filmler ilk önce çift taraflı karbon bant ile monte edilmiş, daha sonra numunelerin yüzey iletkenliklerinin sağlanabilmesi için Quorum Q150R ES Sputter Coater marka kaplama cihazı ile numune yüzeylerinin altın ile kaplanması

sağlanmıştır. Numunelerin SEM ile mikroyapı incelenmesi Mira 3XMU FE-SEM cihazında yapılmıştır.

3.2.17 İstatistiksel değerlendirme

Çalışmanın verileri ANOVA testi ile varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiksel analiz için SPSS 22.0 Windows paket programı kullanılmıştır. Ortalamalar arasındaki en k¼çük farklılıklar Tukey testi ile $p<0.05$ olacak şekilde belirlenmiştir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1 Kalınlık

Elde edilen yenilebilir filmlerin kalınlıkları, dijital mikrometre kullanılarak on farklı bölgeden ölçülüp bu ölçümlerin ortalaması alınarak bulunmuştur ve ortalama kalınlık değeri 0.1 ± 0.006 mm olarak hesaplanmıştır. Bu değer, su buharı geçirgenliği ve mekanik analiz hesaplamalarında kullanılmıştır.

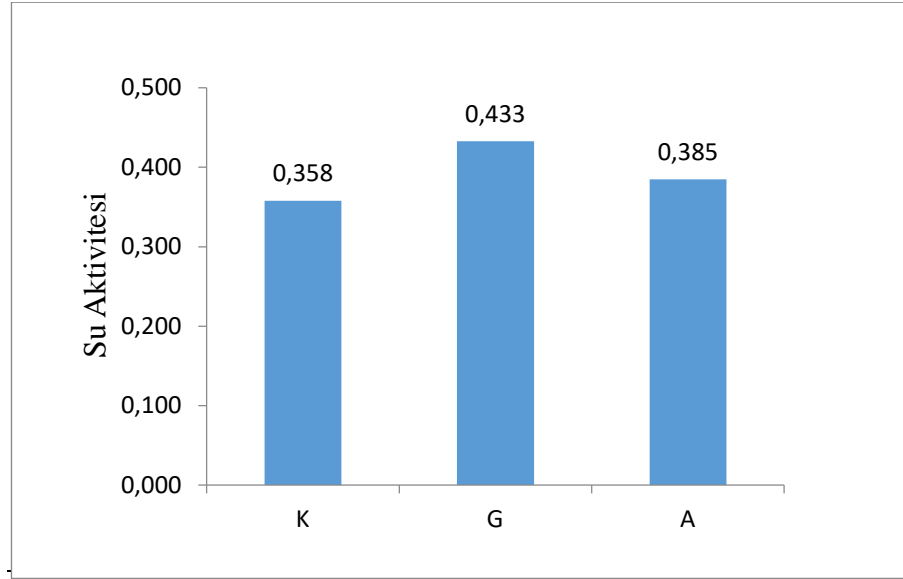
Jouki vd.'nin (2014) ayva çekirdeği müsilaajından elde edilen filmlere kekik uçucu yağı ilavesinin antioksidan ve antimikrobiyal etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, ayva çekirdeği müsilaajı kontrol filminin kalınlığı 0.063 mm bulunmuştur ve kekik uçucu yağı ilavesinin film kalınlık değerini artırdığı (0.076 mm) bildirilmiştir.

Yenilebilir filmlerin kalınlık değerleri kullanılan hammaddenin türüne, film çözeltilerinin içerdiği bileşenlerin oranlarına göre değişebilmektedir.

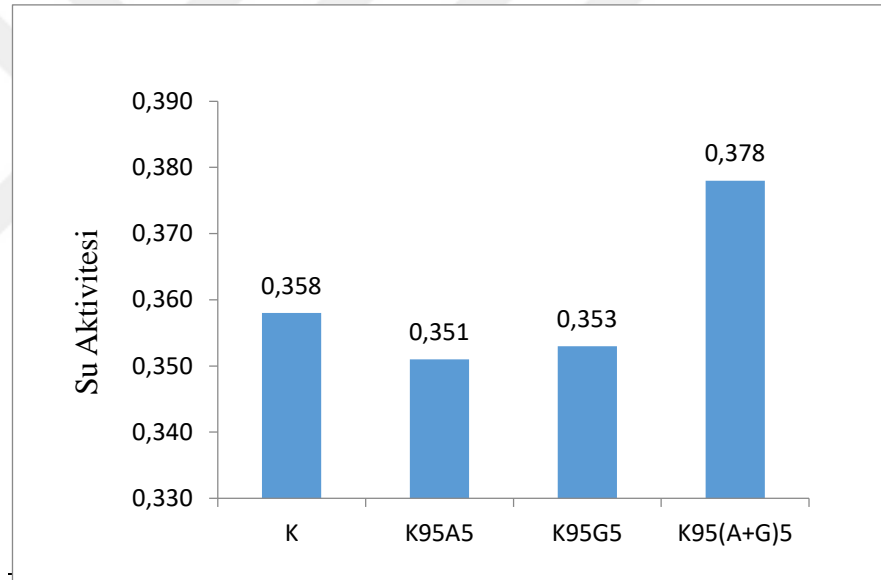
4.2 Nem

Yenilebilir filmlerin nem içeriğinin bilinmesi ambalajlama uygulamalarında oldukça önemlidir çünkü bir ambalajın, kullanıldığı ürünün nemini dış etkenlerden koruyabilme yeteneği, o ürünün kalitesinin korunması açısından gereklidir (Masamba vd, 2016). Yenilebilir filmler nemlenmeyi ya da nem kaybını önleyen su aktivitesini kontrol altına almaktadırlar (Dursun ve Erkan, 2009).

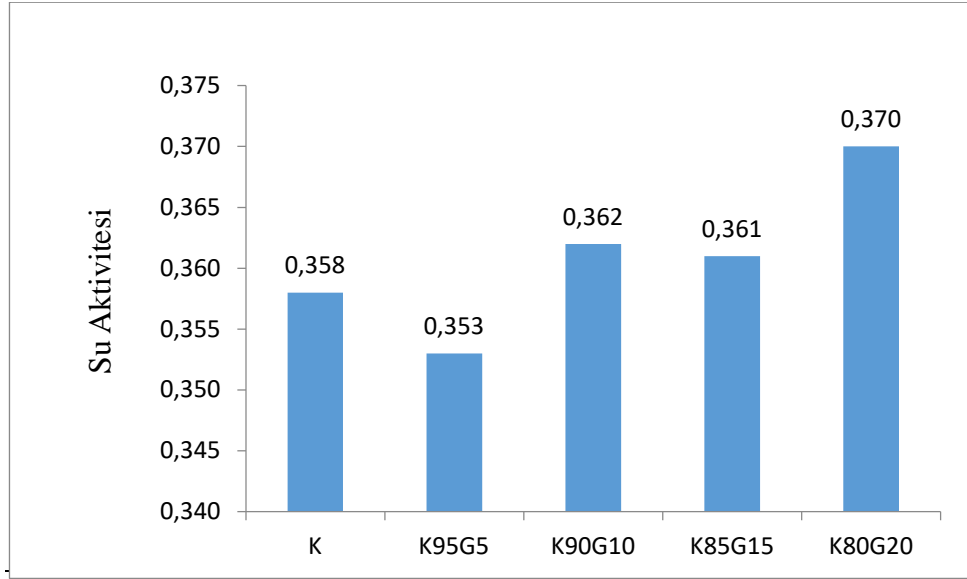
Çalışmalarımızda üretilen filmlerin su aktivitesine su aktivitesi tayin cihazıyla bakılmıştır. Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilaajı (A) kontrol filmlerinin su aktivitesi değerleri Şekil 4.1'de; Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilaajı (A)'ndan oluşan iki ve üç bileşenli filmlerin su aktivitesi değerleri Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te verilmiştir. K95A5 ve K95G5 filmlerinin su aktivitesi değerleri, kitosan (K) filminin su aktivitesi değerinden düşük ($p<0.05$) çıkmıştır (Şekil 4.2). Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilaajı (A)'dan oluşan üç bileşenli filmlerin ortalama su aktivitesi değeri tüm filmlerde 0.37 ± 0.02 bulunmuştur.



Şekil 4.1 Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilağı (A) yenilebilir filmlerine ait su aktivitesi grafiğı.



Şekil 4.2 Kitosan (K), Kitosan (K)+ ayva çekirdeği müsilağı (A), Kitosan (K)+guar gam (G) ve Kitosan (K)+guar gam (G)+ ayva çekirdeği müsilağı (A) yenilebilir filmlerine ait su aktivitesi grafiğı.

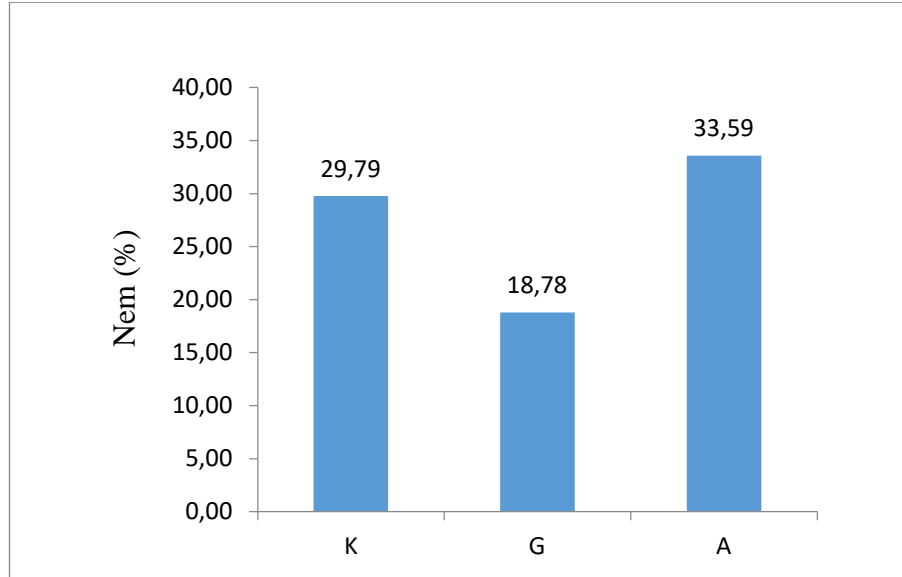


Şekil 4.3 Kitosan (K), ve farklı oranlardaki Kitosan (K)+guar gam (G) filmlerine ait su aktivitesi grafiği

Guar gam miktarının %20 ve üzerine çıkmasıyla (Şekil 4.3) film oluşturma çözeltisinin viskozitesinin artması, su moleküllerinin kurutma işlemi sırasında buharlaşmasını sınırlamıştır. Ayrıca bu duruma film formülasyonuna gliserolün eklenmesinin de katkısı vardır. Gliseroldeki hidroksil gruplarının su molekülleri ile etkileşime girmesi ve kuruduktan sonra polimer ağına tutulmasını sağlamış olabilir.

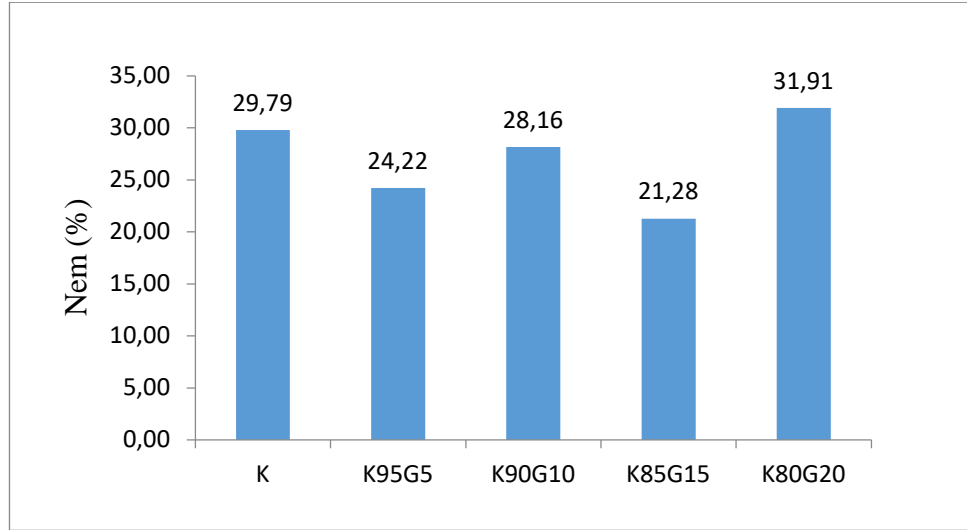
Martins vd. (2012) de guar gam ilavesinin nişasta yenilebilir filmlerine fiziksel, optik vb. etkisinin araştırıldığı çalışmada, moleküller arasındaki çapraz bağlanmanın, hidroksil gruplarının mevcudiyetini azalttığını rapor etmiş, bu nedenle, hidrofilik moleküller ile su molekülleri arasındaki etkileşimi sınırlandırmış ve sonuçta geliştirilen filmin nem içeriğini etkilemiştir.

Özellikle su aktivitesi düşük olan yiyeceklerin raf ömrünün belirlenmesi için paket içindeki bağıl nem (RH) önemli parametredir (Singh vd., 2015). Bu nedenle, paket içindeki gıda maddelerini saran su buharı, bağıl nemi etkileyebileceği için filmin nem içeriğinin ölçümü önemli bir parametredir (Nandi ve Guha 2018).



Şekil 4.4 Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilağı (A) yenilebilir filmlerine ait % nem grafiğı.

Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeğı müsilağı (A) filmlerine ait % nem grafiğı Şekil 4.4'te verilmiştir. En düşük nem içeriğı guar gam kontrol filminde elde edilmiştir. Kitosan (K) ve guar gam (G) içerikli kompozit filmlere ait değerler ise Şekil 4.5' te gösterilmektedir ve iki bileşenli kompozit filmlerde istatistiksel açıdan en uygun nem değeri K85G15 filminde elde edilmiştir ($p < 0.05$).

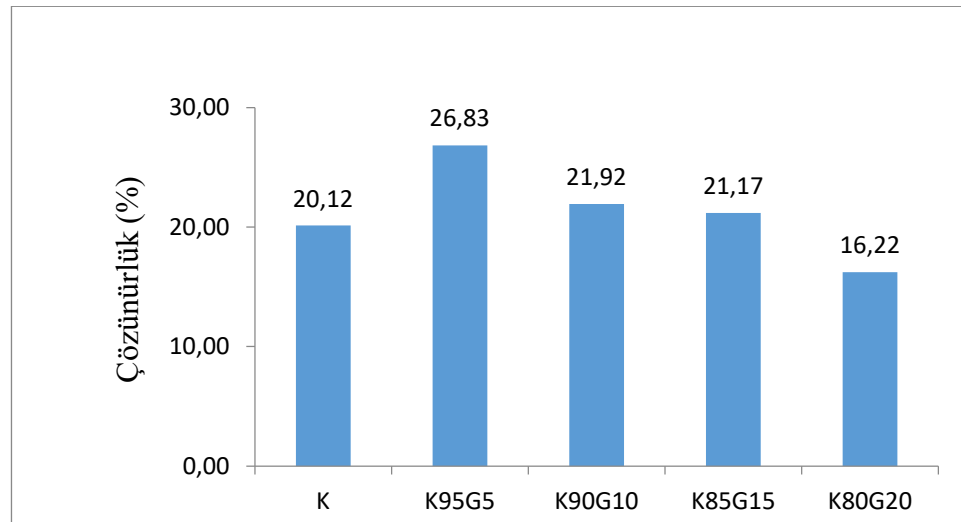


Şekil 4.5 Kitosan (K), ve farklı oranlardaki Kitosan (K)+guar gam (G) filmlerine ait % Nem grafiği

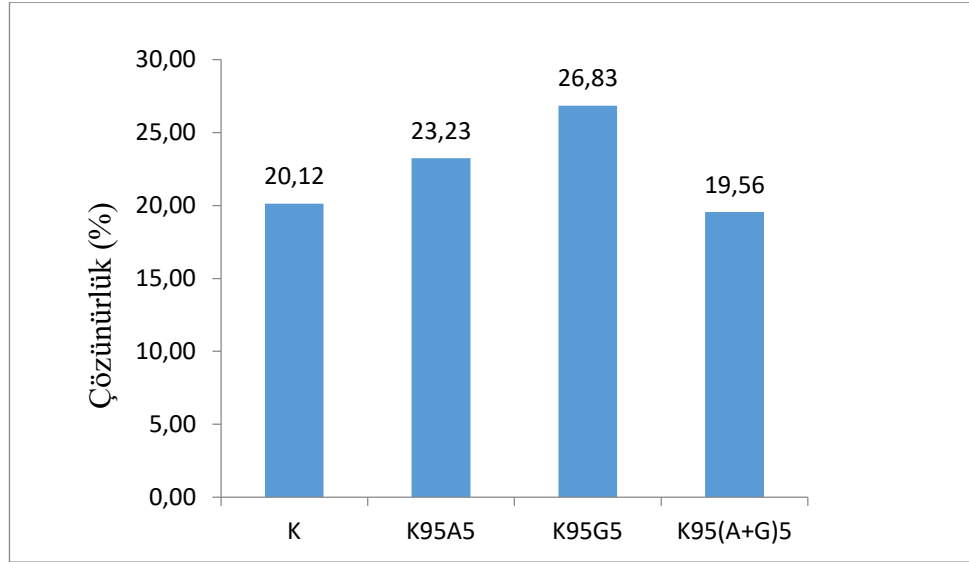
Sun vd. (2017)' nin elma polifenollerini bazlı kitosan yenilebilir filmlerinin karakterizasyonu ile ilgili çalışmasında, kitosan kontrol grubunun nem içeriği %29,58 bulunmuştur. Bu değer bizim bulduğumuz değerle paralellik göstermektedir.

4.3 Çözünürlük

Film çözünürlüğü, polimer zincirleri arasında oluşan hidrojen bağı etkileşimini değerlendiren bir parametre olmasının yanısıra filmin biyolojik olarak parçalanabilirliği üzerinde bir etkisi vardır.



Şekil 4.6 Kitosan(K) ve guar gam (G) içerikli filmlere ait Çözünürlük(%) grafiği.



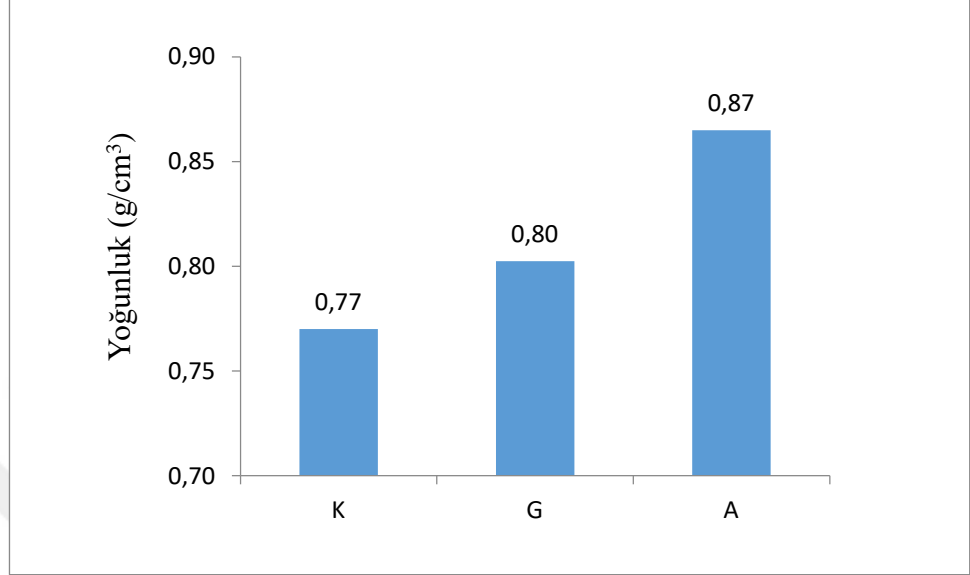
Şekil 4.7 Kitosan(K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilağı (A) içerikli filmlere ait çözünürlük (%) grafiğı.

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de, farklı oranlarda guar gam ve ayva çekirdeğı müsilağı içeren kitosan filmlerinin, saf kitosan filme göre suda çözünürlük oranları % olarak gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre, kompozit filmlerde en yüksek çözünürlüğün %26.83 oranında K95G5 filmiyle elde edildiğı görülmektedir ($p < 0.05$). Kitosan (K) film ve üç bileşenli K95(A+G)5 filmlerinin çözünürlük değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı fark elde edilememiştir. Grafik düzensiz bir artış-azalış sergilemektedir. Konuyla ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, gliserol gibi plastikleştirici maddelerin miktarındaki değışikliklerin çözünürlük oranını etkilediğı bildirilmektedir. Yenilebilir filmlerde kullanılan hem yapı malzemelerinin hem de plastikleştiricilerin hidrofilik doğasının bu duruma sebep olduğı düşünülmektedir.

Sun vd. (2017)’ nin elma polifenollerini bazlı kitosan yenilebilir filmlerinin karakterizasyonu ile ilgili çalışmasında, kitosan kontrol grubunun suda çözünürlüğü %16.68 bulunmuştur. Değerdeki farklılık film kalınlığıyla ilişkili olabilir (Abdollahi vd. 2012), farklı konsantrasyonlardaki biberiye uçucu yağı eklenmiş kitosan filmlerinin suda çözünürlüklerini incelemişler ve uçucu yağ konsantrasyon artışına bağılı bir azalmanın olduğunu tespit etmişlerdir. Rubilar vd (2013) ise, farklı derişimlerde karvakrol yüklenmiş kitosan filmlerinin suda çözünürlüklerinin, karvakrol ilavesinden etkilenmediğini bildirmişlerdir. Kitosan filmlerine ait suda çözünürlük değerlerinin, kitosanın fonksiyonel gruplarına ve kullanılan plastikleştirici maddenin

su tutma kapasitesine bağlı olduğu 6nceki 7alışmalarda bildirilmiştir (Ojagh vd. 2010).

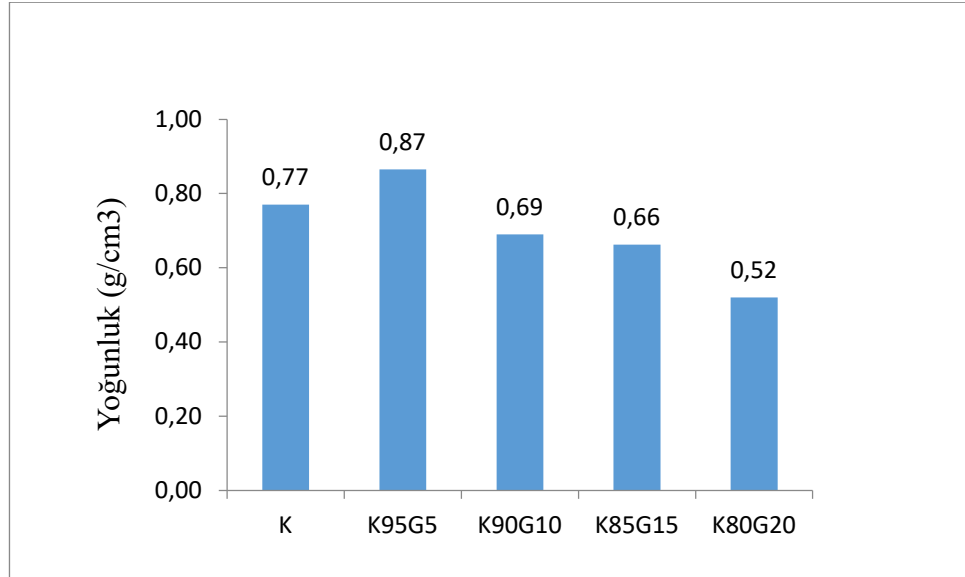
4.4 Yoğunluk



şekil 4.8 Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva 7ekirdeği m6silajı (A) yenilebilir filmlerine ait yoğunluk (g/cm³) grafiği.

Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva 7ekirdeği m6silajı (A) yenilebilir filmlerine ait yoğunluk (g/cm³) grafiği şekil 4.8’de verilmiştir.

Jouki vd.(2013)’nin yaptığı bir 7alışmada ayva 7ekirdeği m6silajı filmine ait yoğunluk değerini 1.26 g/cm³ bulmuştur. 7alışmamızda ayva 7ekirdeği m6silaj filminin (A) yoğunluk değerı 0.87 g/cm³ olarak bulunmuştur. Değerlerdeki farklılığın sebebi kullanılan ayva 7ekirdeğinin bileşimi veya film kalınlığı olabilir.



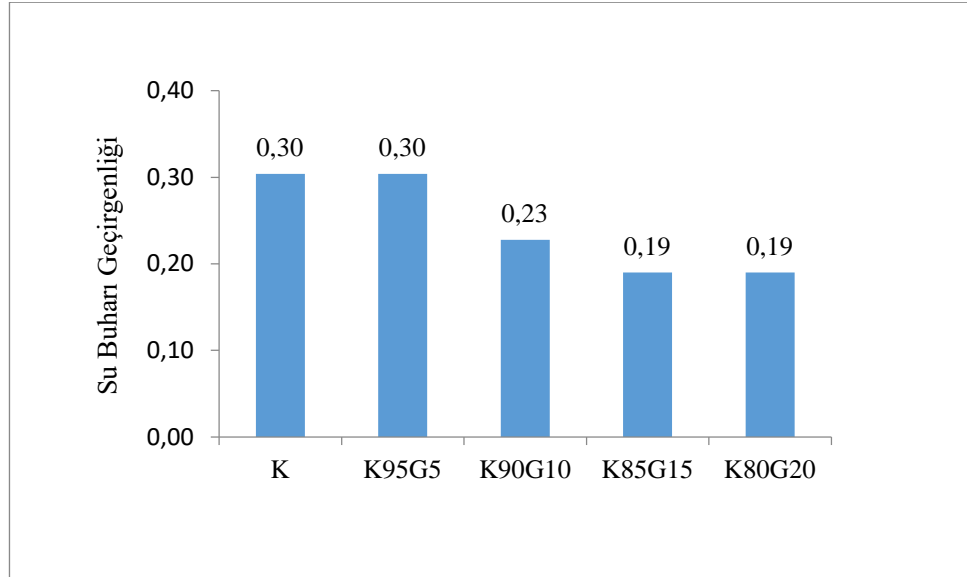
Şekil 4.9 Kitosan(K) ve guar gam (G) içerikli filmlere ait yoğunluk (g/cm³) grafiği.

Kitosan ve guar gamla oluşturulan filmlerde ise formülasyona guar gamın eklenmesiyle beraber yoğunluk önce artmış sonra azalmıştır (Şekil 4.9). K90G10 ve K85G15 filmlerinin yoğunluk değerlerinde anlamlı fark elde edilememiştir. En düşük yoğunluğu K80G20 filmi sergilemiştir. Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilajı (A)'nı içeren kompozit filmlerin yoğunluk değerleri 0.72 ile 0.94 g/cm³ arasında değişmiştir. En yüksek yoğunluk değeri 0.94 g/cm³ ile K90(A+G)10 filmine aittir.

Sun vd. (2017)' nin elma polifenollerini bazlı kitosan yenilebilir filmlerinin karakterizasyonu ile ilgili çalışmasında, kitosan kontrol grubunun yoğunluğu 1.129 g/cm³ bulunmuştur. Değerlerdeki farklılığın sebebi kitosan kaynağı, deasetilasyon derecesi veya film kalınlığı olabilir.

4.5 Su buharı geçirgenliği

Gamların temel görevi, viskozitenin kontrolündeki etkileri ve nem göçünü engelleme yetenekleridir. Filmlerdeki gam konsantrasyon artışının su buharı geçirgenliğini düşürdüğü görülmüştür. Kitosan (K), ayva çekirdeği müsilajı (A) ve guar gam (G) kontrol filmlerinin üçünün de su buharı geçirgenliği 0.30 g. mm/h*m²*kPa olarak bulunmuştur. En düşük su buharı geçirgenlik değerini K95A5, K85A15 ve K80(A+G)20 filmleri göstermiştir (0.19 g. mm/ h*m²*kPa).



Şekil 4.10 Kitosan(K) ve kitosan(K)+guar gam (G) içerikli filmlere ait Su Buharı Geçirgenliği (g. mm / h. m². kPa) grafiği.

Kitosan(K) ve kitosan(K)+guar gam (G) içerikli filmlere ait Su Buharı Geçirgenliği (g. mm / h. m². kPa) grafiği Şekil 4.10'da gösterilmektedir. Guar gam miktarının artışıyla birlikte su buharı geçirgenliği değerlerinde azalma gözlenmiştir. K90G10 filminde belirgin olan bu düşüş istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p < 0.05$). Elde edilen diğer filmlerin su buharı geçirgenliği değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunamamıştır ($p > 0.05$).

Liu vd. (2020), Guar gam filmine ait su buharı geçirgenlik değerini 0.462 g.mm/m².h.kPa olarak bulmuştur. Su buharı geçirgenliği değeri 0.27 g.mm/m².h.kPa olan G filmiyle farklılığın sebebi kullanılan hammaddeki farklılıklar veya film kalınlığı kaynaklı olabilir. Kampf ve Nussinovitch (2000) karragenan bazlı hidrokolloid filmleri yarı sert peynir kaplamasında kullanmış ve peynirlerde ağırlık kayıplarının azaldığını tespit etmişlerdir.

4.6 Renk

Çizelge 4.1 Yenilebilir filmlere ait L^* , a^* ve b^* ve ΔE değerleri.

Film kodu	L^*	a^*	b^*	ΔE
K	89.66	0.78	-3.61	5.35
G	89.84	0.42	-1.11	3.85
A	87.35	1.31	-3.52	7.20
K95A5	89.53	0.7	-3.04	5.07
K95G5	88.99	0.26	-0.15	4.51
K90G10	88.24	0.3	-1.2	5.41
K85G15	89.78	0.52	-2.66	4.63
K80G20	88.28	-0.12	0.22	5.22
K95(A+G)5	89.41	0.56	-2.8	5.01
K90(A+G)G10	87.81	-0.18	1.06	5.78
K80G20	89.49	0.5	-2.5	4.77
K70(A+G)30	87.76	0.22	-0.26	5.74
K60(A+G)40	87.79	0.23	-1.17	5.84

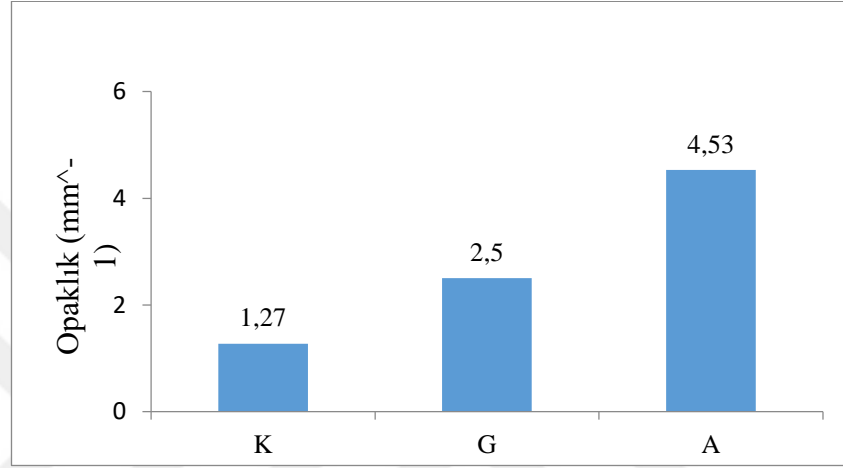
Çizelge 4.1’de görülen filmlerin L^* değerlerinin artması, renklerinin beyaza yaklaşmasını ve böylece film renginin daha açık renkte olması anlamına gelmektedir. Kırmızı ve yeşil arasındaki renk değerini veren a^* değerinin; en yüksek K filmde, en düşük K90(A+G)G10 filmde olduğu belirlenmiştir. Sarı ve mavi arasındaki renk değerini veren b^* değerinin, en yüksek K90(A+G)10 filmde, en düşük K filmde olduğu belirlenmiştir.

Sonuçlar, farklı K, G ve A seviyeleri içerikli yenilebilir filmlerin genel olarak L^* , a^* , b^* değerlerinin birbirine yakın olduğunu göstermiştir.

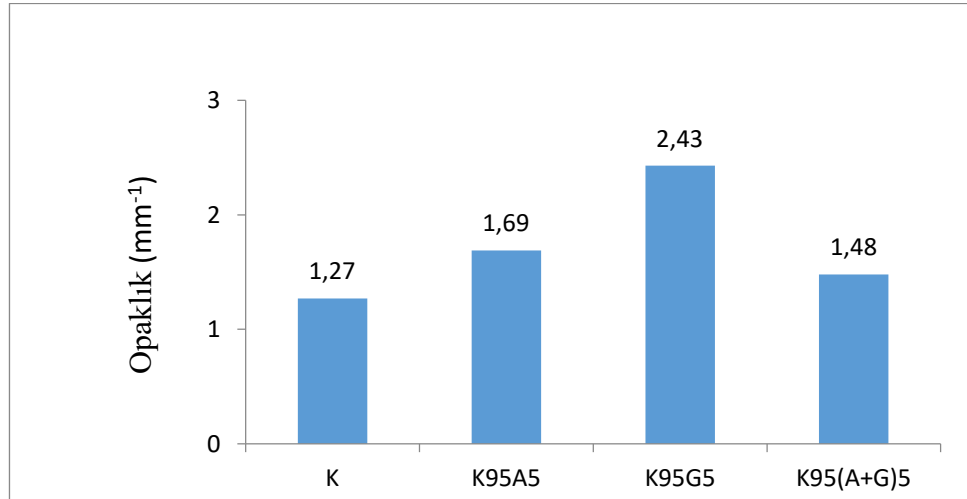
Jouki vd. (2013) çalışmasında farklı oranlarda gliserol eklenen ayva çekirdeği müsilağı filmlerinin L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerini sırasıyla 88.39, -0.49, 4.51 ve 6.58 bulmuştur. Değerlerdeki farklılık kullanılan hammadde, laboratuvar koşulları veya film kalınlığıyla alakalı olabilir.

4.7 Opaklık

Yenilebilir filmlerde, güneş ışığının katalizlediği acılaşmaların sınırlandırılmasında opaklığı yüksek olan filmler istenirken; gorsel kalitenin ön planda olduğu filmlerde düşük opaklık değerine sahip filmler tercih edilmektedir. Çalışmamızda en düşük opaklık değerı 1.27 mm⁻¹ ile Kitosan (K) filme, en yüksek değer ise 4.53 mm⁻¹ ile Ayva Çekirdeği Müsilaj (A) filmine aittir.

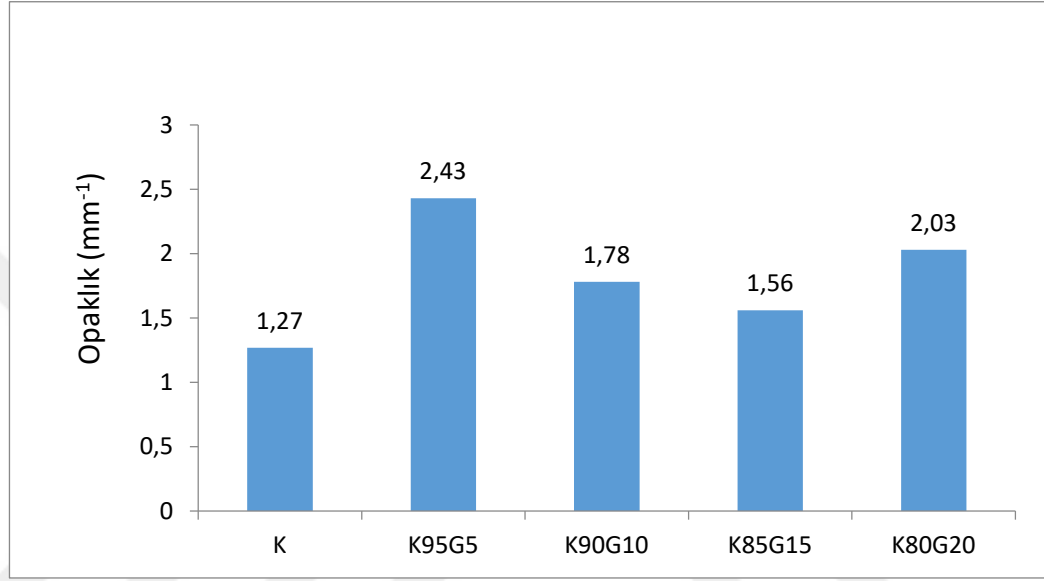


Şekil 4.11 Kitosan(K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilajı (A) filmlerine ait opaklık değerleri.



Şekil 4.12 Kitosan(K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilajı (A) içerikli filmlere ait opaklık(mm⁻¹) grafiği.

Sun vd (2017) çalışmasında, kitosan kontrol filme ait opaklık değerini 0.71 mm^{-1} bulmuştur. Çalışmamızda elde edilen 1.27 mm^{-1} değerindeki farklılığın sebebi kullanılan kitosanın kaynağı veya film kalınlığı olabilir. Şekil 4.11’de görüldüğü gibi ayva çekirdeği müsilağı (A) ve guar gam (G) içeren filmlerde opaklık değeri artış göstermiştir ($p<0.05$). Kitosan (K), ayva çekirdeği müsilağı (A) ve guar gam (G) içeren üç bileşenli filmlerde ise opaklığın azaldığı görülmektedir (Şekil 4.12).



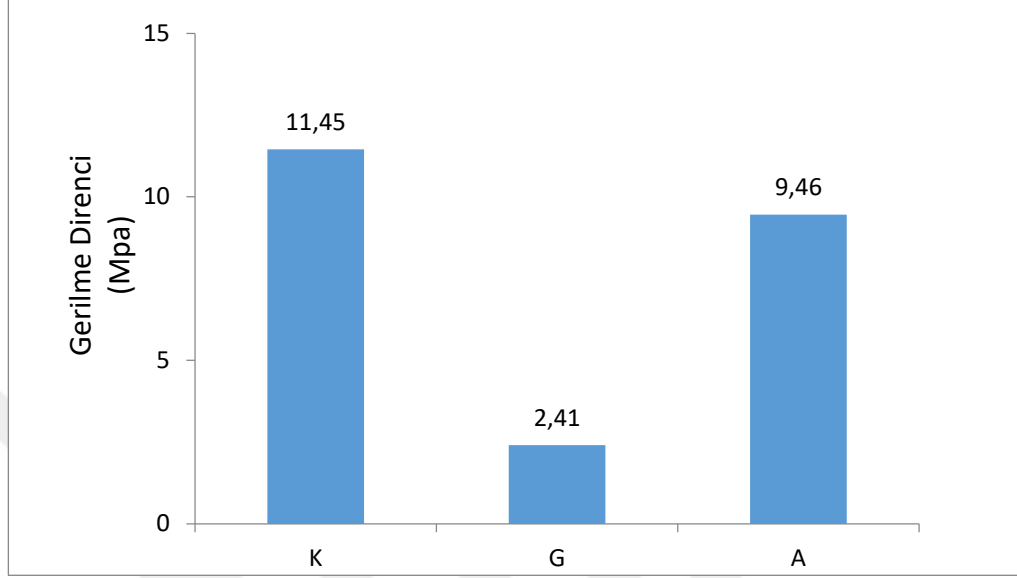
Şekil 4.13 Kitosan (K) ve kitosan (K)+guar gam (G) içerikli filmlere ait opaklık (mm^{-1}) grafiğı.

Kitosan(K) ve kitosan(K)+guar gam (G) içerikli filmlere ait opaklık (mm^{-1}) grafiğı Şekil 4.13’te verilmiştir. Kitosan (K) ve kitosan (K)+guar gam (G) film serisinin opaklık değerleri incelendiğinde %15’e kadar guar gam ilavesinin opaklığı istatistiksel açıdan anlamlı şekilde azalttığı görülmektedir ($p<0.05$).

4.8 Mekanik Analiz

Yenilebilir filmler, farklı uygulama ve kullanım alanları için farklı gerilme özelliklerine gereksinim duymakla birlikte, filmlerin gerilme özellikleri ambalajlanmış gıda maddelerinin işleme, taşıma ve dağıtım sırasında mekanik hasarlardan korunması açısından önemlidir ve yüksek olması gerekmektedir (Yılmaz, 2017).

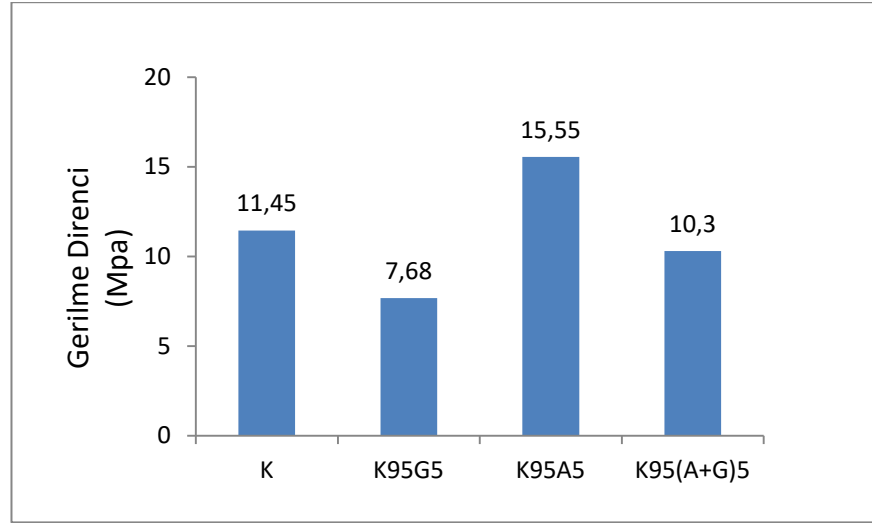
Kopma uzaması (EB) ise filmlerin uzayabilirliklerini belirleyen önemli mekanik özelliklerden bir diğeridir (Shiku vd., 2003). Genel olarak filmlerin gerilme direnci kopma uzamasından düşük çıkar (Yılmaz, 2017).



Şekil 4.14 Kitosan(K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği(A) kontrol filmlerinin gerilme direnci grafiği.

Ayva çekirdeğinden elde edilen film mekanik direnci bakımından kitosan filme yakın bir değer gösterirken guar gam filmin mekanik direnci oldukça düşük bulunmuştur (Şekil 4.14).

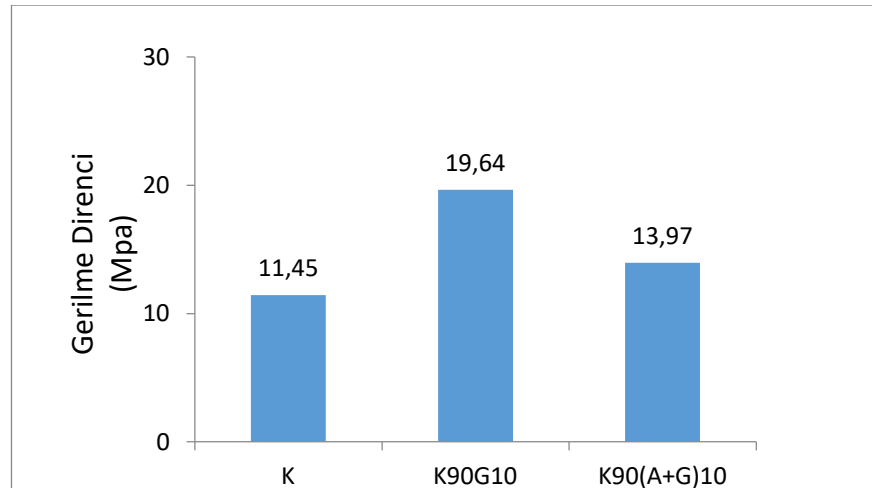
Jouki vd. (2014), portakal uçucu yağı ilavesinin süreksizlikler içeren heterojen bir film yapısının oluşmasına neden olacağından genellikle gerilme direncini azalttığı sonucuna varmıştır. Ayva çekirdeği müsülaj filmlerinin kopma uzamasının 29.02'den% 34.67'ye önemli ölçüde arttığını belirlemiştirlerdir.



Şekil 4.15 Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilağı (A) kompozit filmlerinin gerilme direnci grafiğı.

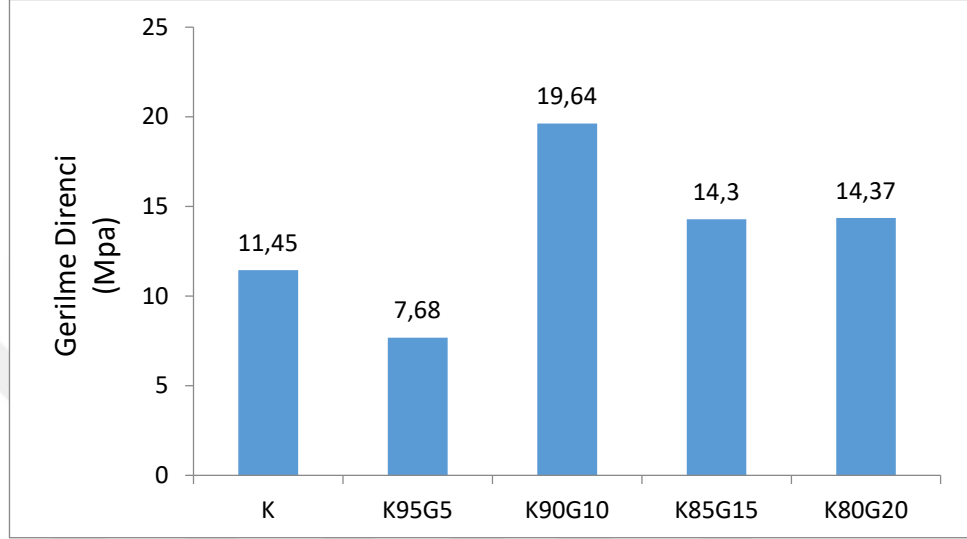
95/5 oranında hazırlanan kompozit filmler kitosan kontrol filmle kıyaslandığında, ayva çekirdeğı müsilağının eklenmesinin film direncini artırdığı görülmektedir (Şekil 4.15). İstatistiksel açıdan en anlamlı değer K95A5 filminde elde edilmiştir. Bu oranda hazırlanan diğer filmlerin gerilme direnci 11.45 MPa'dan düşük bulunmuştur.

90/10 oranında hazırlanan filmlerde ise guar gam ilavesi ile mekanik direnci bakımından en iyi film elde edilmiştir (Şekil 4.16). Eklenen müsilağ türünün gerilme direncini etkilediğı sonucuna varılmıştır.

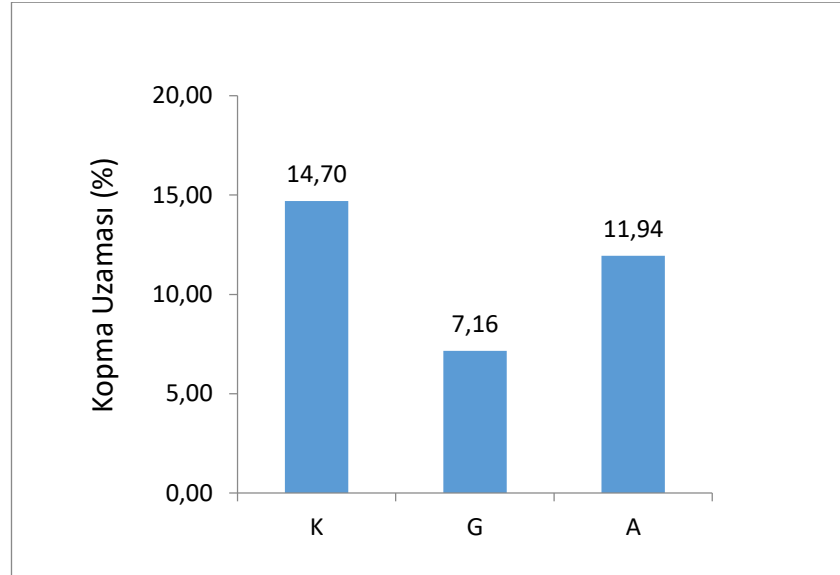


Şekil 4.16 Kitosan (K), kitosan (K)+ guar gam (G) ve kitosan+guar gam+ayva çekirdeğı müsilağı (A) kompozit filmlerinin gerilme direnci grafiğı.

Chougale vd (2015), guar gam ilavesinin kitosan filmlerin gerilme direncini 40.37 MPa'dan 19.77 MPa'a düşürdüğünü, kopma uzamasını ise % 3.90'dan % 10.14'e yükselttiğini tespit etmişlerdir. Bu sonuçların yaptığımız çalışmadan farklılığının sebebi, Chougale vd.'nin film formülasyonuna plastikleştirici eklememesinden kaynaklanıyor olabilir.

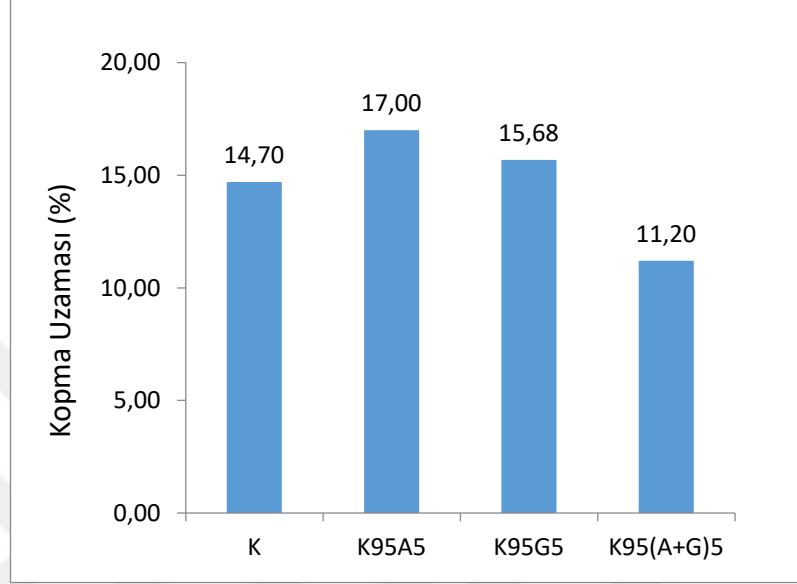


Şekil 4.17 Kitosan (K) ve Kitosan (K)+guar gam(G) kompozit filmlerinin gerilme direnci grafiği.

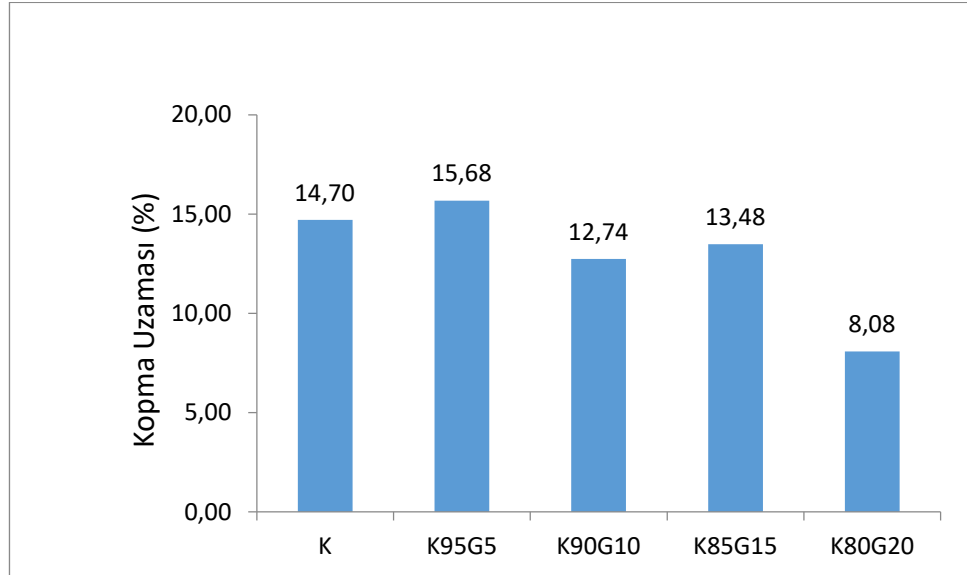


Şekil 4.18 Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilağı (A) filmlerinin kopma uzaması grafiği.

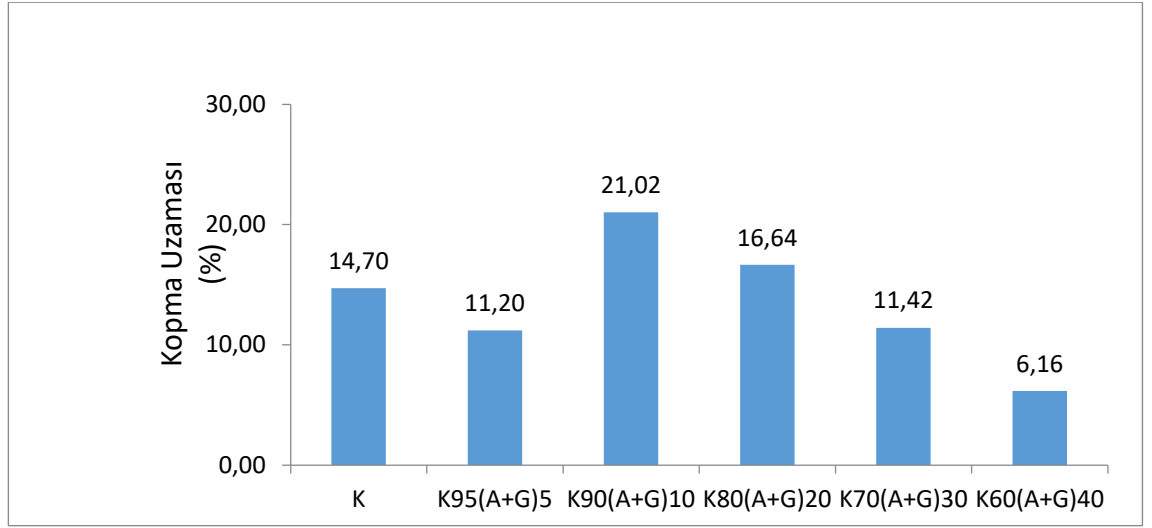
Liu vd. (2020), ürettiği guar gam, tara gam ve locust bean gam filmlerinin kopma uzamalarını sırasıyla %2.5, %22 ve %34.5 olarak belirlemiştir. Üç bileşenli kompozit filmlerde en yüksek kopma uzaması değerini K90(A+G)10 filmi göstermiştir (Şekil 4.21).



Şekil 4.19 Kitosan(K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilağı (A) kompozit filmlerinin kopma uzaması grafiği.

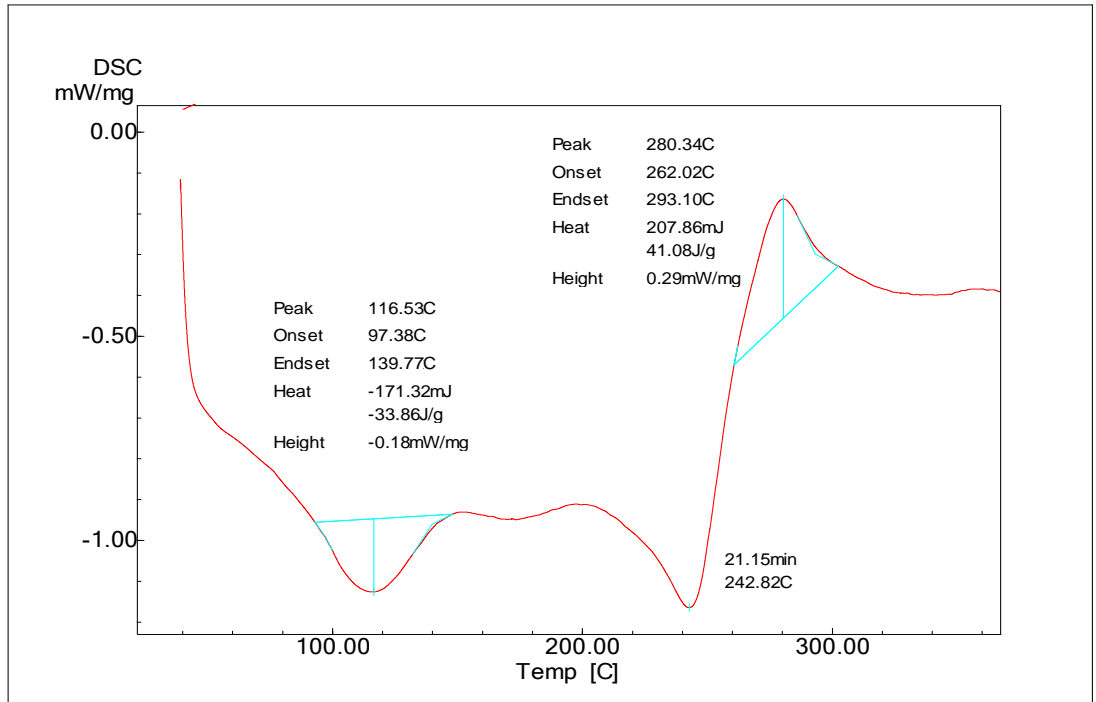


Şekil 4.20 Kitosan, guar gam ve ayva çekirdeği müsilağı kompozit filmlerinin kopma uzaması grafiği.



Şekil 4.21 Kitosan, guar gam ve ayva çekirdeği müsilağı kompozit filmlerinin kopma uzaması grafiği.

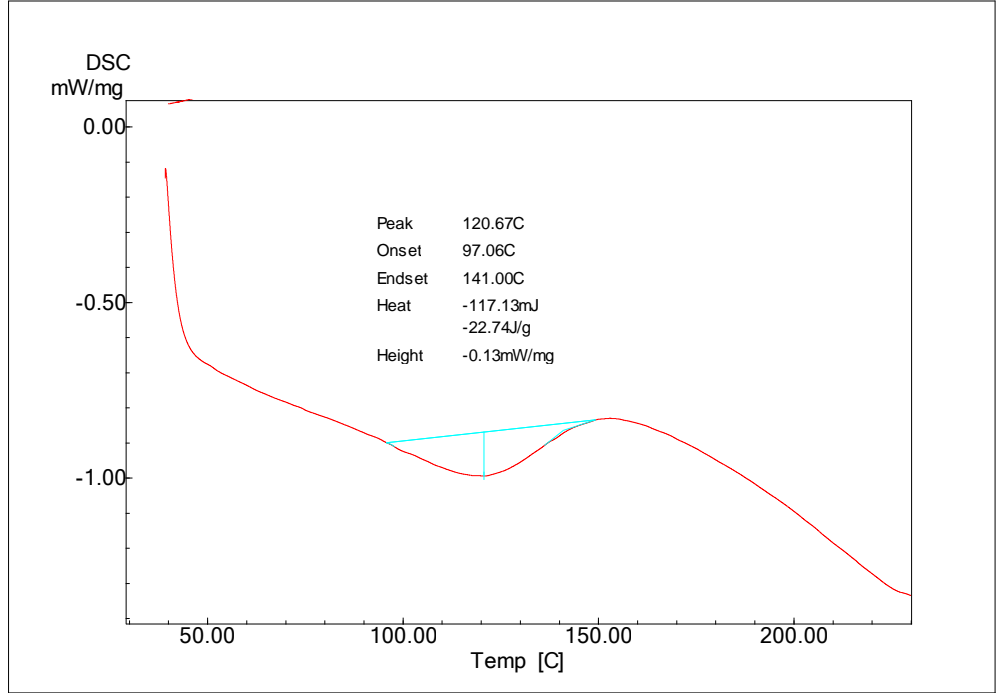
4.9 DSC



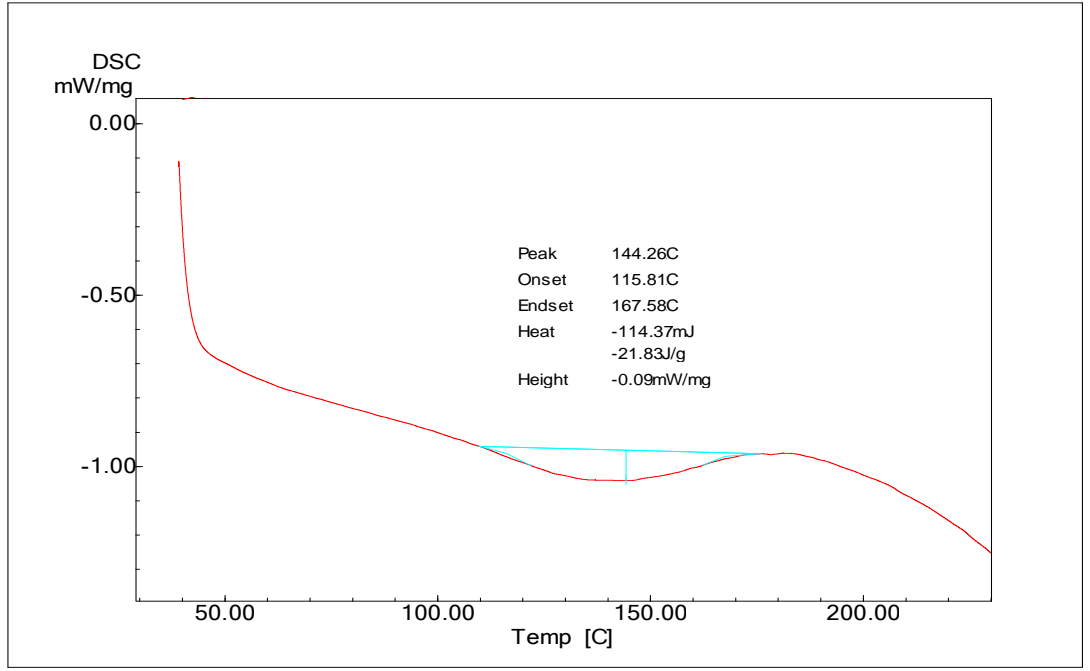
Şekil 4.22 Kitosan filme ait DSC termogramı.

Kitosan kontrol filmine ait termograma göre 116.53°C'de hidroksil grupları ile hidrojen bağları tarafından bağlanan su buharlaşması gibi uçucu maddelerin çıkışı kaynaklı endotermik pik, 280.34°C'de polisakkarit omurgasının depolimerizasyonu (termal ayrışması) ve pirolitik parçalanması ile ilişkili olduğu ekzotermik pik elde

edilmiştir (Şekil 4.22). Yang vd. (2019) yaptığı çalışmada kitosan filmin erime sıcaklığını 304.47°C olarak bulmuştur. 242.82°C’ de gözlenen pik gliserolün parçalanması olarak yorumlanabilir. Allantoin eklenen kitosan filmlerin karakterinin incelendiği bir çalışmada gliserolün parçalanma sıcaklığı 290°C civarında tespit edilmiştir Menezes vd., (2020).



Şekil 4.23 Guar gam filme ait DSC termogramı



Şekil 4.24 Ayva çekirdeği müsilajı filmine ait DSC termogramı

Şekil 4.24'te görüldüğü gibi ayva çekirdeği müsilajı filmi 144.26 °C'de pik vermiştir. Bu değer maddenin kristalleşme özelliğine bağlı olan erime sıcaklığını (T_m) göstermektedir. Jouki vd. (2014)' nin ayva çekirdeği müsilajı filmlerinin termal özelliklerini incelediği bir çalışmada da benzer şekilde elde edilen pikten ayva çekirdeği kontrol filminin erime sıcaklığı 142.6 °C bulunmuştur.

Çizelge 4.2 Film örneklerinin erime sıcaklıkları (°C)

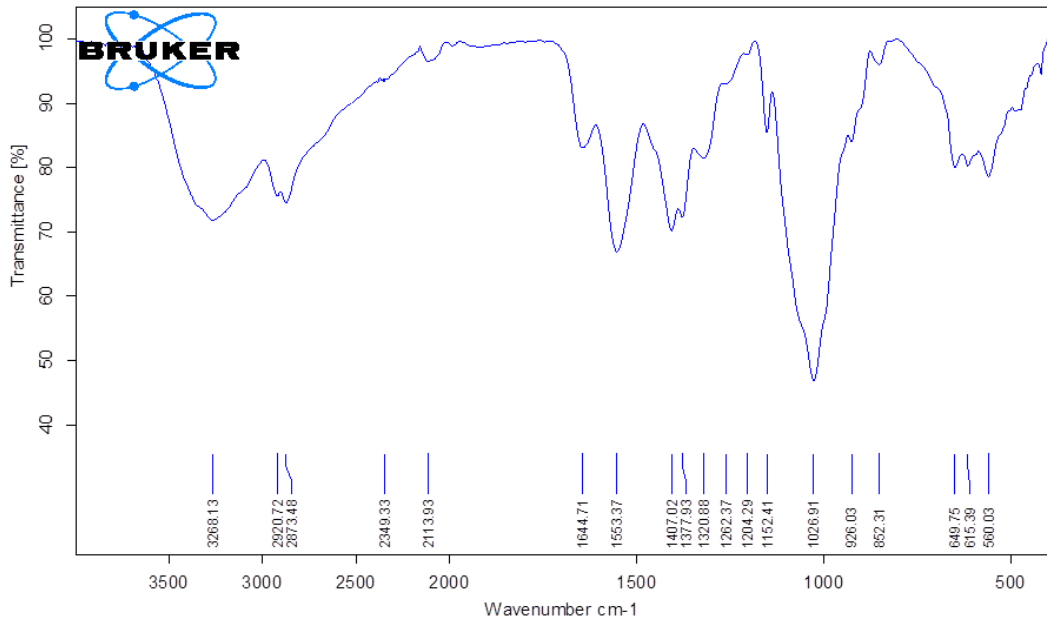
Film Örneği	Erime sıcaklığı (°C)
K	280.34
G	120.67
A	144.26
K95A5	108.13
K95G5	115.49

Çizelge 4.2'de film örneklerinin erime sıcaklıkları (°C) gösterilmektedir. Kitosan kontrol filmine kıyasla kitosan-guar gam ve kitosan-ayva çekirdeği müsilajı kompozit filmlerinin erime sıcaklıkları daha düşük çıkmıştır.

4.10 FTIR

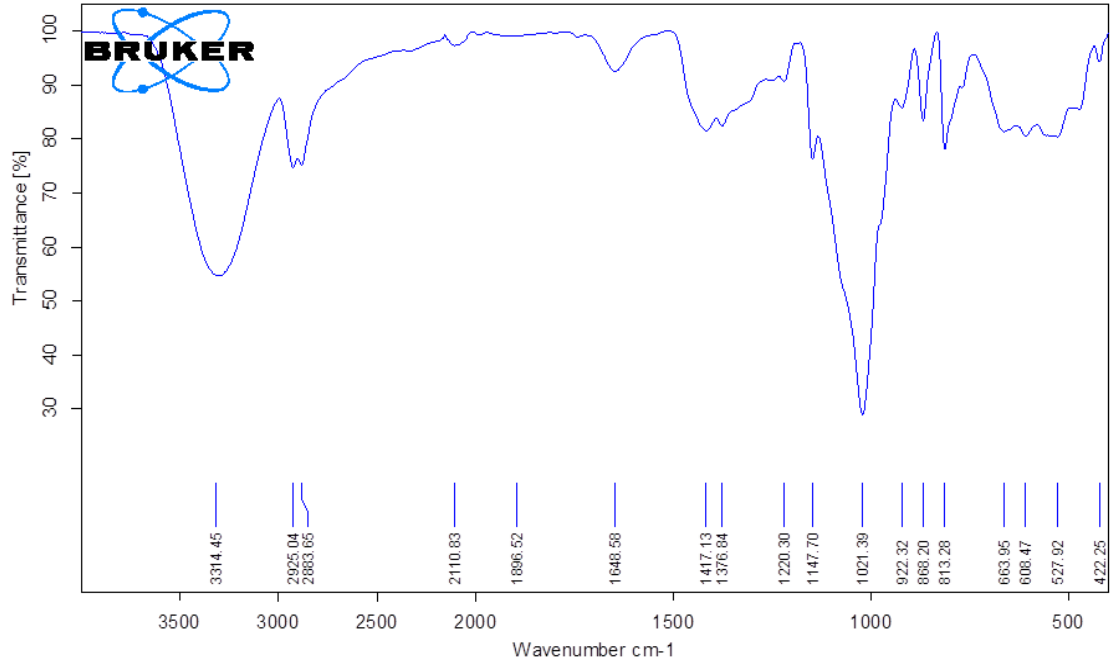
Analizde yaklaşık olarak 0.1 mm kalınlığında filmler kullanılmıştır. Ölçüm 400 – 4000 cm^{-1} arasındaki frekanslarda ve 4 cm^{-1} çözünürlükte gerçekleştirilmiştir. Spektrumların karşılaştırılmasıyla moleküler yapılarıdaki bağ değişimleri araştırıldı.

Kitosan, asetik asit ile amin gruplarının küçük bir oranının, amid bağları vasıtasıyla karakterize olmuş bir amino glikozdur. Şekil 4.25'te, saf kitosan filminin 4000-400 cm^{-1} dalgalı boyundaki FTIR spektrumları gösterilmektedir.



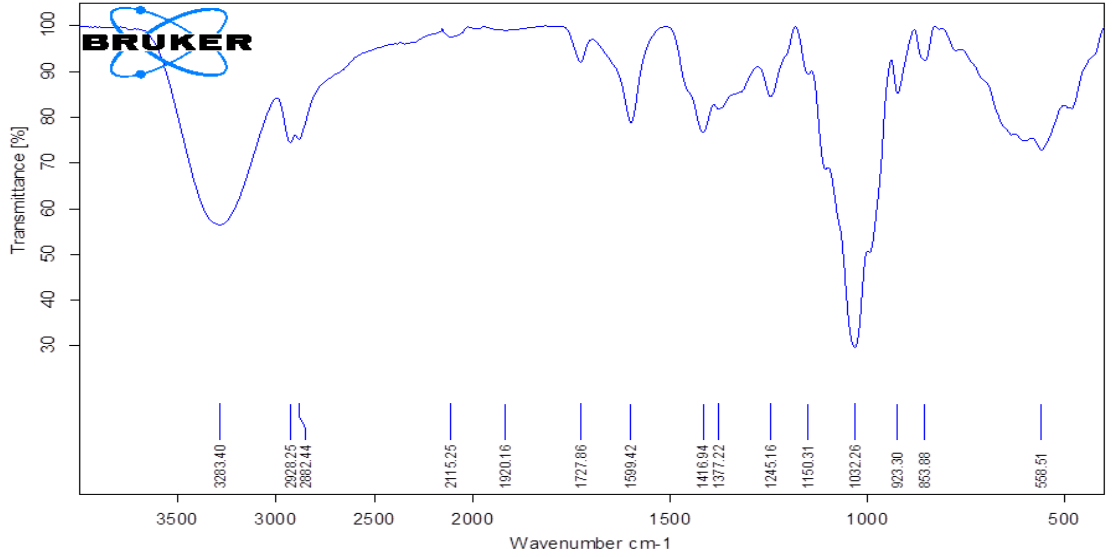
Şekil 4.25 Kitosan filme ait FTIR diyagramı

Birinci spektrumda alifatik C–H gerilme titreşimine (2920.72 cm^{-1}) ve –OH bağlarına (3268.13 cm^{-1}) karşılık gelen kitosan karakteristik zirveleri görüldü. 1644.71 , 1553.37 , 1407.02 ve 1026.91 cm^{-1} 'deki zirveler sırasıyla amid I (C=O gerilmesi), amid II (N-H eğilme), amid III (C=N gerilmesi) ve kitosanın C=O gerilme titreşimine karşılık gelmektedir. 3268.13 cm^{-1} 'de görülen –OH bağ piki, gliserol, su ve kitosan arasında moleküller arası H bağlarının oluşmasıyla geniştir. Amid I ve amid III piklerinin yoğunluğu azalırken, kitosan ve kitosan film matrisi arasındaki moleküler etkileşimlere bağlı olarak amid II tepe yoğunluğu artmıştır.



Şekil 4.26 Guar gam filme ait FTIR diyagramı

Guar gam film, $\sim 813,28$ ve $\sim 868,20$ cm^{-1} 'deki galaktomannana özgü karakteristik FTIR tepe noktalarını göstermiştir (Şekil 4.26). Sırasıyla, anomerik konfigürasyonların (α ve β konformerler) ve α -Dgalaktopiranoz birimlerinden ve β -D-mannopiranoz birimlerinden glikosidik bağlarının varlığına bağlı olan, 813,28 ve 868.20 cm^{-1} 'de galaktomannan'ın karakteristik FTIR piklerini göstermiştir. Sırasıyla $\sim 1021,39$ ve $\sim 1147,70$ cm^{-1} 'deki zirveler, glikosidik bağların C=O germe titreşimine ve piranoz halkaların C=O bükme titreşimine karşılık gelir. 1376.84 cm^{-1} 'deki tepe, CH₂ ve C-OH simetrik deformasyona bağlıdır. Su molekülü ile birleşmeye tekabül eden 1648.58 cm^{-1} deki pik benzer yoğunluklarda olduğunu gösterdi, tüm filmlerin benzer su içeriğine sahip olduğunu, mekanik özelliklerdeki farklılıkların su içeriğinden etkilenmediğini gösterebilir. 2883.65 – 2925.04 cm^{-1} arasında değişen tepe noktaları, sırasıyla C – H germe ve O - H germe titreşimine atanır (Liu vd., 2020).

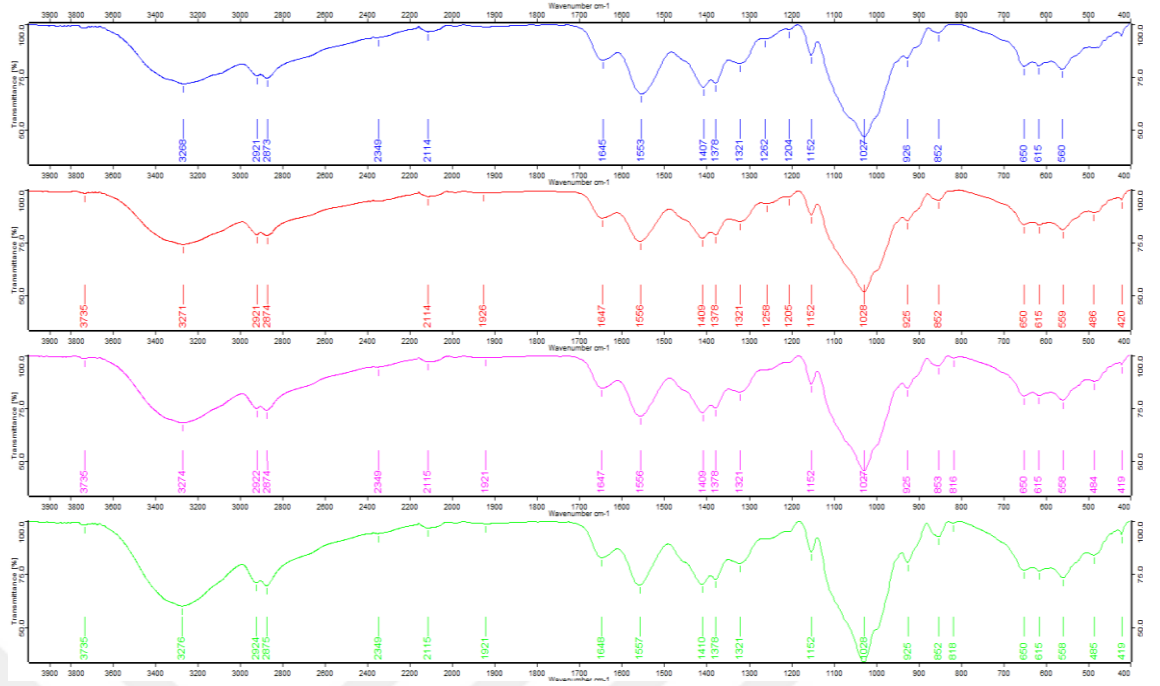


Şekil 4.27 Ayva çekirdeği müsülajı filmine ait FTIR diyagramı

Yaklaşık 3283.40 cm^{-1} 'de gözlemlenen geniş bant, (Şekil 4.27), QSP' nin O-H gruplarının gerilmesi nedeniyledir. Bu, film matrisinde polisakarit ve su hidroksil gruplarının oluşumunu göstermiştir. 2928.25 cm^{-1} 'deki bant, hemiselülozlar ve selülozdaki alifatik doymuş C-H germe titreşimlerine atfedilmiştir.

2800 ila 2950 cm^{-1} arasında gözlemlenen zirveler hidrofobik metilen gruplarının varlığının göstergesidir. Bu aralıkta gözlemlenen tepe noktaları, ayrıca $-\text{CH}_2$ ve $-\text{CH}_3$ 'teki (yağ asitleri ve alkanlar) C-H bağlarının asimetrik germe titreşiminin yanı sıra yağ asitlerine ve lipitlere de atanmıştır (Kurt ve Kahyaoğlu, 2015). QSP spektrumunda yaklaşık olarak 1740 cm^{-1} ' deki omuz, hemiselülozların asetil ve üronik ester gruplarının titreşimlerine ya da ligninin karboksilik grubunun ester bağlantısının titreşimlerine ve glukuronik asidin varlığıyla ilişkilendirildi. Yaklaşık $800\text{-}1200 \text{ cm}^{-1}$ arasındaki dalga boyu polisakkaritlerin karakteristik yapıları için “parmak izi” bölgesini oluşturdu.

$1032.26\text{-}1150.31 \text{ cm}^{-1}$ bölgedeki zirveler, karbonhidrat varlığını ortaya çıkaran selüloz, hemiselüloz ve ligninde alifatik primer ve sekonder alkollerin C-O ve C-O-C glikosidik bağ titreşimlerini içerir. Yaklaşık 1150.31 cm^{-1} ' deki bant, selülozik polisakaritlerin varlığını gösteren C-O-C ve C-OH glikosidik bağlantılarının titreşimidir. 1032.26 cm^{-1} 'deki pik, lignin ve hemiselülozdaki eter bağlantılarına (C-O-C) bağlandı.

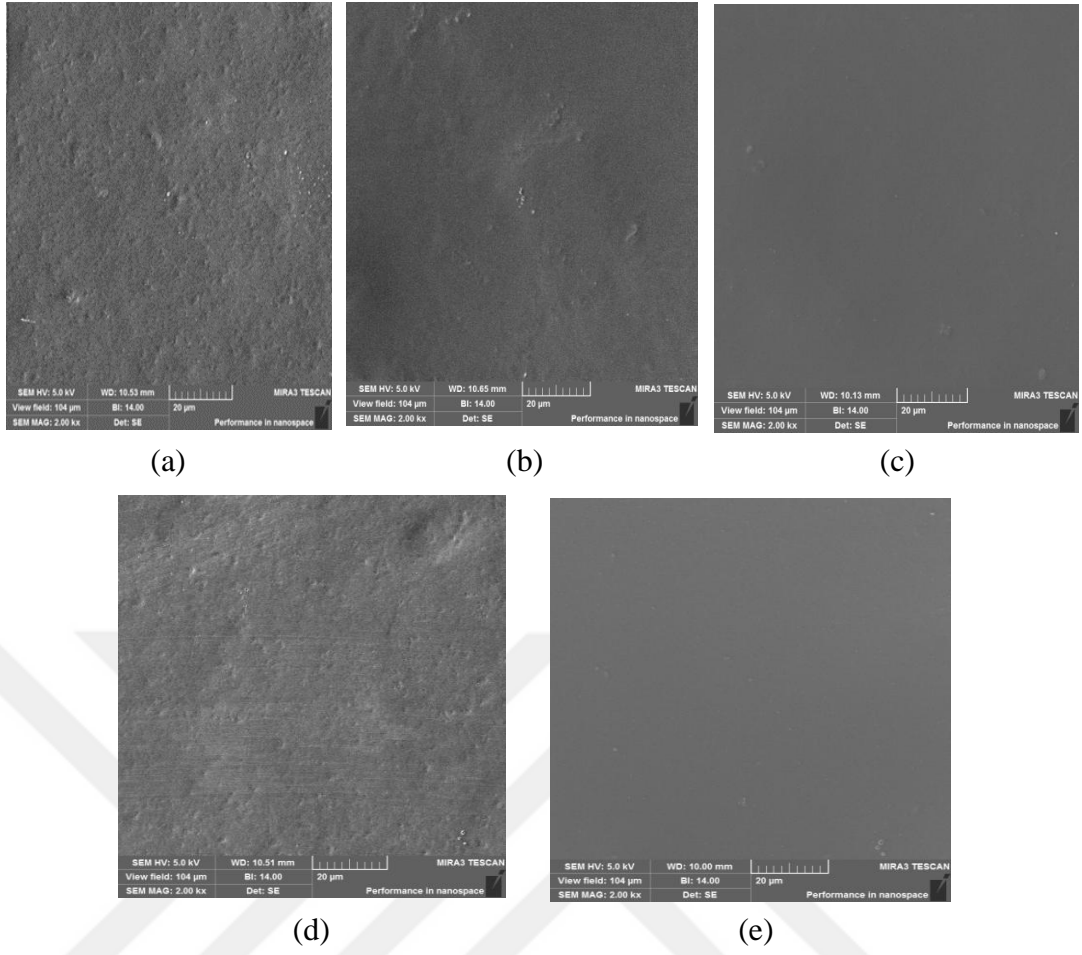


Şekil 4.28 Kitosan (K), Kitosan+Ayva çekirdeği müsilajı (K95A5), Kitosan+Guar gam (K95G5) ve Kitosan+Ayva Çekirdeği Müsilajı+Guar gam (K95(A+G)5) filmlerine ait FTIR diyagramı.

Yaklaşık 3300 cm^{-1} bölgesindeki pik ayva çekirdeği ve guar gam filmlerinde daha güçlüdür ve adsorpsiyonu göstermektedir. Kitosan filmlere ayva çekirdeği müsilajı ve guar gam eklenmesiyle dalga boylarında ve pik şiddetlerinde değişiklik olmadığı (Şekil 4.28) ve büyük bir yapısal değişimin meydana gelmediği gözlenmiştir. Ayrıca bu spektrumlar, kitosanın fonksiyonel gruplarıyla bu maddelerin aktif grupları arasında herhangi bir etkileşimin olmadığını filmlerin bağ kompozisyonunun değişmediğini göstermektedir (Pranoto vd., 2001, Xiao vd., 1991).

4.11 SEM

Kitosan-kontrol filminin yüzey pürüzsüzlüğünün, filme ayva çekirdeği müsilajı eklendikten sonra arttığı belirlenmiştir. Ayva çekirdeği müsilajı ve kitosan polimer ağı arasındaki güçlü etkileşim nedeniyle, film yüzeyi homojen ve sürekli olarak gözlenmiştir.



Şekil 4.29 (a) Kitosan (K),
 (b) Kitosan+Ayva çekirdeği müsilağı (K95A5),
 (c) Kitosan+Ayva Çekirdeği Müsilağı+Guar gam (K95(A+G)5),
 (d) Kitosan+Guar gam (K90G10),
 (e) Kitosan+Ayva Çekirdeği Müsilağı+Guar gam(K90(A+G)10),
 filmlerine ait SEM görüntüleri.

Şekil 4.29' a göre göre kitosan filme ayva çekirdeği müsilağı eklendiğinde pürüzsüzlük artmıştır. Film formülasyonuna guar gamın eklenmesi ile de daha homojen film elde edilmiştir. Kitosan filme tek başına guar gam eklenmesi ile d' deki görüntü elde edilmiştir. Film formülasyonuna ayva çekirdeğinin de eklenmesi ile pürüzsüzlük artmıştır. Pürüzsüzlüğün artmasına müsilağ türü etkili olmuştur. SEM görüntüleri ayva çekirdeği müsilağı ve guar gamın eklenmesiyle birlikte film bütünlüğünün korunduğunu, filmlerin düzgün, sürekli ve karışmış olduğunu ve pürüzsüzlüğün arttığını göstermiştir. Chougale vd. (2020) guar gam ilavesiyle kitosan filmlerin homojenliğinin arttığını belirlemişlerdir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada kitosan (K), ayva çekirdeği müsilağı (A), guar gam (G) ve bu bileşenlerin farklı oranlarda karışımlarıyla yenilebilir filmler elde edilmiştir. Sadece 95/5 oranında karışabilen kitosan ve ayva çekirdeği filmi K95A5, kitosan ve guar gamdan oluşan K95G5, K90G10, K85G15, K80G20 filmleri ve kitosan, ayva çekirdeği müsilağı ve guar gamdan oluşan K95(A+G)5, K90(A+G)10 K80(A+G)20 vb. filmlere çeşitli analizler uygulanmıştır.

Çalışmada elde edilen filmlerin kalınlıkları dijital mikrometre ile ortalama 0.1 ± 0.006 mm olarak belirlenmiştir ve bu değer mekanik özelliklerin ve su buharı geçirgenliğinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

Kitosan (K), guar gam (G) ve ayva çekirdeği müsilağı (A)'nı içeren kompozit filmlerin kuru madde yoğunluk değerleri 0.72 ile 0.94 g/cm³ arasında değişmiştir. En yüksek yoğunluk değeri 0.94 g/cm³ ile K90(A+G)10 filmine aittir.

Elde edilen filmler suda çözünür özellikte, yüksek nem içeriğine, düşük yoğunluğa ve su buharı geçirgenliğine sahiptir. Su buharı bariyer özelliklerinin düşük olması nedeniyle modifiye atmosferde depolama teknolojisi ile birlikte veya doğrudan kullanılabilir.

Yenilebilir film ve kaplamalar gıdanın ezilme ve kırılmasını önleyerek mekanik koruma sağlarlar ve böylece gıdanın bütünlüğünün korunması için de katkıda bulunurlar. Bu çalışmada üretilen kitosan, guar gam ve ayva çekirdeği müsilağı içeren filmlerin sahip olduğu düşük mekanik özellikler, film formülasyonundaki iyileştirmeler ile geliştirilebilir. Geleneksel paketler ile birlikte kullanıldıkları zaman ürün kalitesini ve raf ömrünün geliştirilmesine yönelik çalışmalarla desteklenebilir.

Filmlerin DSC eğrilerinden elde edilen verilere göre en düşük erime sıcaklığına K95A5 filmi sahiptir (108.13°C) ve bu durum üretilen filmlerin uygulandığı gıdalara pişirme işleminin uygulanabilmesini mümkün kılabilir.

FTIR sonuçlarına göre kitosan filmlere ayva çekirdeği müsilağı ve guar gam eklenmesiyle dalga boylarında ve pik şiddetlerinde değişiklik olmadığı dolayısıyla büyük bir yapısal değişimin meydana gelmediği gözlenmiştir. Elde edilen SEM görüntüleri de filmlerin bileşenlerinin birlikte kullanılmasıyla pürüzsüzlüğün ve homojenliğin arttığını göstermiştir. Bu nedenle tüketici beğenisini olumlu yönde etkileme amacıyla gıdalara uygulanabilir.

KAYNAKLAR

- Abdollahi, M., Rezaei, M. ve Farzi, G.,** (2012). “A Novel Active Bionanocomposite Film in Incorporating Rosemary Essential Oil and Nanoclay into Chitosan”, *Journal of Food Engineering*,111: 343-350.
- Acar, J. ve Alper, N.Ö.,** (1996). Yenilebilir film ve kaplamalar, *Gıda Mühendisliği Dergisi* 1, 4, 3-9
- Ali Z, Lazan H ve Mitra S.** (1997). Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits. Postharvest of Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits. *CAB International, Wallingford*
- Akpınar, A., T. Özcan.** (1999b) Edible films and coatings. II. Types of Films and Coatings. *Gıda Teknolojisi*, 4(5):38-42.
- Akbaba, G.,** (2006). Yenilebilir ambalajlar, *Bilim ve Teknik Dergisi*, 30-32.
- Alparslan, Y.** (2014). Portakal kabuğundan elde edilen esansiyel yağ ile zenginleştirilmiş yenilebilir kaplamaların karideslerin kalitesi ve raf ömrü üzerine etkisi, Doktora Tezi, *Sıtkı Koçman Üniversitesi*, Muğla
- Alasalvar, C., Taylor, K. D. A., Zubcov, E., Shahidi, F., & Alexis, M.,** 2002. Differentiation of Cultured and Wild Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*): Total Lipid Content, Fatty Acid and Trace Mineral Composition. *Food Chemistry*, 79, 145-150.
- Appendini P., Hotchkiss J.H.** (2002). Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science&Emerging Technologies*. 3: 113-126.
- Ayana, B.** (2007) Antimikrobiyal yenilebilir filmlerin üretimi ve özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Mersin Üniversitesi*, Mersin, 63s.
- Ayana, B.** (2007) Antimikrobiyal Yenilebilir Filmlerin Üretimi ve Özelliklerinin Belirlenmesi. *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), 60s.
- Ayana B., Turhan K.N.** (2010). Gıda ambalajlamasında antimikrobiyal madde içeren yenilebilir filmler/kaplamalar ve uygulamaları. *Gıda*, 35(2): 151-158.
- Aydınlı, M. and Tutaş, M.** (2000). Water sorption and water vapour permeability properties of polysaccharide (Locust bean gum) based edible films. *Lebens. Wiss.-Technology*, 33: 63-67.
- Baysal, T. ve İçier, F.** 2012. Gıda mühendisliğinde ısıl olmayan teknolojiler (Birinci Baskı). *NOBEL Yayınevi*, 77-112, *Türkiye*
- Batu, A., F. Serim,** 1998. Tarımsal Kökenli Yenilebilir Gıda Film ve Kaplamaların Özellikleri ve Kullanım Alanları. *Dünya Gıda*, 4(10). 36-40.
- Baldwin E.A., Nisperos-Carriedo M.O., Baker R.A.** (1995). Use of edible coatings to preserve quality of lightly and slightly processed products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 35(6): 509-524.
- Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M. O., Baker, R. A.,** 1995. Edible Coatings for Lightly Processed Fruits and Vegetables. *HortScience, Alexandria*, v. 30, n. 1, p. 35-38.
- Bae, H. J., Darby, D.O., Kimmel, R. M., Park, H. J. and Whiteside, W. S.** 2009.Effects of transglutaminase-induced cross-linking on properties of fish gelatinnanoclay composite film. *Food Chemistry*, 114: 180-189. doi:10.1016/j.foodchem.2008.09.057
- Baron J., Sumner S.** (1993). Antimicrobial containing edible films as an inhibitory system to control microbial growth on meat products. *Journal of Food Prot.*56: 916.

- Benjakul S, Visessanguan W, Tueksuban J.,**2003. Changes in Physico-Chemical Properties and Gel-Forming Ability of Lizardfish (*Saurida tumbil*) during Post-Mortem Storage in Ice. *Food Chemistry*, 80, 535–544
- BeMiller, J.N., and Whistler, R.L.,** 1996. Carbohydrates. In: Food Chemistry. Edited by O.R., Fennema. Marcel Dekker, *New York*. pp. 158-220.
- Campos C.A., Gerschenson L.N., Flores S.K.** (2010). Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food Bioprocess Technol.* 27: 849-875.
- Cerqueira M.A., Lima A.M., Teixeira J.A., Moreira R.A., Vicenta A.A.** (2009a). Suitability of novel galactomannans as edible coatings for tropical fruits. *Journal of Food Engineering.* 94: 372-378.
- Cerqueira M.A., Lima A.M., WS S.B., Teixeira J.A., Moreira R.A., Vicenta A.A. A.A.** (2009b). Functional polysaccharides as edible coatings for cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 57: 1456-1462.
- Chen, H.** 1995. Functional Properties and applications of edible films made of milk proteins. *Journal of Dairy Science*, 78:2563-2583.
- Cheetham, N.W.N., and Mashimba, E.N.M.,** 1991. Conformational aspects of xanthan-galactomannan gelation: Further evidence from optical-rotation studies. *Carbohydrate Polymers*, 14: 17-27.
- Cheetham, N.W.N., and Mashimba, E.N.M.,** 1988. Conformational aspects of xanthan-galactomannan gelation. *Carbohydrate Polymers*, 9: 195-212
- Chillo, S., Flores, S., Mastromatteo, M., Gerschenson, M.C.L.,Del Nobile, M.A.** (2008). Influence of glycerol and chitosan on tapioca starch-based edible film properties. *Journal of Food Engineering*, 88, 159–168.
- Chougale, R., Kasai, D., Masti, S., Dubey, P.** (2015). Effect of Guar Gum on Mechanical and Morphological Behavior of Chitosan Films. *Research Journal of Material Sciences* Vol. 3(1), 1-6, February.
- Cuq, B., Gontard, N., Cuq, J.L., Guilbert, S.,** 1997. Selected Functional Properties of Fish Myofibrillar Protein-Based Films As Affected By Hydrophilic Plasticizers. *J Agric Food Chem*, 45; 622-626
- Coupland, J.N., N.B. Shaw, F.J. Monahan, E.D. O’riordan, M. O’sullivan,** 2000. Modeling the effect of glycerol on the moisture sorption behavior of whey protein edible films. *Journal of Food Engineering*, 43(1):25-30.
- Cuero, R.G.,** 1999. Antimicrobial Action of Exogenous Chitosan. In P. Jolles, & R.A.A. Muzarelli, Chitin and Chitinases (pp 315-333). *Switzerland: Birkhauser Verlag*. Basel.
- Coma, V., Martial-Gros, A., Garreau, S., Copinet, A., Salin, F. and Deschamps, A.** (2002). Edible antimicrobial films based on hitosan matrix. *Journal of Food Science*, 67: 1162-1169.
- Çalkoğlu, E.** (2008) Fındıkların uçucu yağ içeren yenilebilir protein filmlerle kaplanmasının depolama sırasındaki oksidatif stabilite ve duyu kalite üzerine etkisi, *Ankara Üniversitesi (Doktora Tezi)*, Ankara, 133s.
- Dang K.T.H., Singh Z., Swinny E.E. (2008).** Edible coatings influence ripening, quality and aroma biosynthesis in mango fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 56(4): 1361-1370.
- Davis R, Mauer LJ.** 2011. Subtyping of *Listeria monocytogenes* at the haplotype level by Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy and multivariate statistical analysis. *Int J Food Microbiol*, 150 (2011) 140-149.

- Debeaufort, F., Gallo, J.A.Q., Voilley, A.,** 1998. Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review. *Critical Reviews in Food Science* 38(4): 299-313.
- Devlieghere, F., Vermeulen, A., Debevere, J.,** 2004. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruits and vegetables. *Food Microbiology*, 21: 703-714.
- Dea, I.C.M., Morris, E.R., Rees, D.A., Welsh, E.J., Barnes, H.A., Price, J.,** 1977. Associations of like and unlike polysaccharides: mechanism and specificity in galactomannans, interacting bacterial polysaccharides and related systems. *Carbohydrate Research*, 57: 249-272
- Del-Walle V., Hernandez- Munoz P., Guarda A., Galatto M.J.** (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating and its application to extend strawberry shelf life. *Food Chemistry*. 91: 751-756.
- Dhanapal, A., Sasikala, P., Rajamani, L., Kavitha V., Yazhini. G. And Banu, M.S.** 2012. Edible films from polysaccharides. *Food Science and Quality Management*, 3: 1-10.
- Dhall R.K.,** 2013. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review. *Food Science and Nutrition*, 53: 435-450.
- Dursun, S., Erkan, N.** (2009). Yenilebilir Protein Filmler ve Su Ürünlerinde Kullanımı. *Journal of Fisheries Sciences*, 3. 352-373.
- Doğan, H. ve Sezer, S.** (2013). Doğal bir polimer olan selüloz ve türevleri, *Türkiye Kimya Sanayicileri Derneği e-Bülteni*, 16-28.
- Ergin, S.Ö.** 2015. Kiraz ve kayısı ağacı reçinelerinin yenilebilir film özelliklerinin incelenmesi ve gıda kaplamasında kullanımları, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi)*, Afyonkarahisar.
- Erkmen O.** (2010). Gıda Mikrobiyolojisi. *Efil Yayınevi. Ankara.*
- Erol İ.** (2007). Gıda Hijyeni ve Mikrobiyolojisi. Pozitif Matbaacılık. Ankara.
- Essendoubi M, Toubas D, Lepouse C, Leon A, Bourgeade F, Pinon JM, Manfait M, Sockalingum GD.** 2007. Epidemiological investigation and typing of *Candida glabrata* clinical isolates by FTIR spectroscopy. *J Microbiol Methods*, 71 (2007) 325-331.
- Erkahveci A, Karaali A.** 1996. Fourier Transform Infrared (FTIR) Spektroskopinin Gıda Analizlerine Uygulanması. *Gıda* (1996) 21 (5): 337-345.
- Faergemand, B., Murray, B.S., Dickinson, E.,** 1997. Crosslinking of milk proteins with transglutaminase at the oil-water interface. *Journal Agricultural and Biological Chemistry*, 45: 2514-2519.
- Farahnaky, A., Saberi, B., & Majzoobi, M.** (2013). Effect of glycerol on physical and mechanical properties of wheat starch edible films. *Journal of Texture Studies*, 44, 176–186.
- Falguera V., Quintero J.P., Jimenez A., Munoz J.A., Ibarz A.** (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*. 22: 292-303.
- Ferreira R., Mugridge A., Chaves A.R.** (1995). Effects of packaging films on the qualitative characteristics of Brussels sprouts. *The Hague*. 1: 137-142.
- Garcia, M.A., Martino, M.N. ve Zaritzky, N.E.** (2000) Microstructural characterization of plasticized starch-based films, *Starch/Stärke*, 52(4): 118-124.
- Genuadios, A., Hanna, M.A., Kurtlu, L.B.** (1997). Application of Edible Coatings on Meats, Poultry and Seafoods: A Review. *Lebensm. Wiss. Utehnology*, 30. 337-350.

- Gennadios A, Weller C L & Testin R** (1993a). Temperature effect on oxygen permeability of edible protein-based films. *Journal of Food Science*, 58 (1): 212-214
- Gennadios A, Weller C L & Testin R F** (1993b). Modification of physical and barrier properties of edible wheat gluten-based films
- Gennadios, A. and Weller, C.L.**, 1990. Edible film and coating from wheat and corn proteins. *Food Technology*, 44, 63-67.
- Granström, M.** (2009). Cellulose derivatives: synthesis, properties and applications. Doktora Tezi, Helsinki: *Helsinki Üniversitesi*.
- Gurkin, S.**, 2002. Hydrocolloids-Ingredients that add flexibility to tortilla processing. *Cereal Foods World*, 47: 41-43.
- Gontard, N., Guilbert, S. and Cuq, J.L.** (1993). Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. *Journal of Food Science*, 58: 201-211.
- Gueguen, J., Viroben, G., Noireaux, P. and Subirade, M.** (1998). Influence of plasticizers and treatments on the properties of films from pea proteins. *Industrial Crops and Products*, 7: 149-157.
- Ghasemlou M., Khodaiyan, F., Oromiehie, A., Yarman, M.S.** (2011). Development and characterisation of a new biodegradable edible film made from kefir, an exopolysaccharide obtained from kefir grains. *Food Chemistry*, 127, 1496–1502.
- Girhepunje K, Arulkumaran PR, Maski N, Thirumoorthy N.** A novel binding agent for pharmaceutical formulation from *Cassia roxburghii* seeds. *Int J Pharm Pharm Sci.* 2009;1(1):1–5.
- Guillard V, Broyart B, Bonazzi C, Guilbert S, Gontard N.** 2003. Preventing moisture transfer in a composite food using edible films: Experimental and mathematical study. *Journal of Food Science.* 68
- Gündüz T.** 2001. Instrumental Analiz. *Gazi Kitabevi*, ISBN: 978-975-7313-43-4, 1357 s., Ekim 2007, Ankara.
- Han C., Zhao Y., Leonard S.W., Traber M.G.** (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries and raspberries. *Postharvest Biology and Technology.* 33: 67-78.
- Hosseini, S. F., Rezaei, M., Zandi, M. and Ghavi, F. F.** 2013. Preparation and functional properties of fish gelatin–chitosan blend edible films. *Food Chemistry*, 136 (3-4): 1490-1495.
- Iwata, K., S. Ishizaki, A. Handa, M. Tanaka,** 2000. Preparation and characterization of edible films from fish water-soluble proteins. *Fisheries Science*, 66(2):372-382.
- Janes, M.E., Kooshesh, S. and Johnson, M.G.** (2002). Control of *Listeria monocytogenes* on the surface of refrigerated, ready-to-eat chicken coated with edible zein film coatings containing nisin and/or calcium propionate. *Journal of Food Science*, 67: 2754-2757.
- Jiang, S., Zhang, X., Ma, Y., Tuo, Y., Qian, F., Fu, W. and Mu, G.** 2016. Characterization of whey protein-carboxymethylated chitosan composite films with and without transglutaminase treatment. *Carbohydrate Polymers*, 153:153-159. doi: 10.1016/j.carbpol.2016.07.094
- Juneja, V.K., Thippareddi, H., Bari, L., Inatsu, Y., Kawamoto, S., Friedman, M.,** 2006. Chitosan protects cooked ground beef and turkey against *Clostridium perfringens* spores during chilling. *Journal Food Science*, 71: 236-240.

- Jouki, M., Yazdi, F.T., Mortazavi, S.A., Koocheki, A.** (2013) Physical, barrier and antioxidant properties of a novel plasticized edible film from quince seed mucilage, *International Journal of Biological Macromolecules*, 62 (2013) 500-507
- Jouki, M., Mortazavi, S.A., Yazdi, F.T., Koocheki, A.** (2014) , Characterization of antioxidant–antibacterial quince seed mucilage films containing thyme essential oil, *Carbohydrate Polymers* 99 (2014) 537– 546
- Jiang, Y., Tang, C., Wen, Q., Li, L. and Yang, X.** 2007. Effect of processing parameters on the properties of transglutaminase-treated soy protein isolate films. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8: 218-225. doi: 10.1016/j.ifset.2006.11.002
- Kalkan, S.** 2014. Farklı antimikrobiyel maddeler içeren yenilebilir film kaplamaların macar salamında kullanım olanakları ve *Listeria innocua* inaktivasyonu üzerine etkileri, *Çukurova Üniversitesi ,Adana*
- Kanmani, P. and Lim, S.T.** (2013). Development and characterization of novel probiotic-residing pullulan/starch edible films. *Food Chemistry*. 141: 1041-1049.
- Kampf N., Nussinovitch A.** (2000). Hydrocolloid coating of cheeses. *Food Hydrocolloids*. 14: 531-537.
- Kayaardı, S. ve Akkara, M.** 2010. Yenilebilir film ve kaplamalar. 6. Uluslararası ambalaj kongresi, 16-18 Eylül 2010, 6. *Uluslararası ambalaj kongresi bildiri kitapçığı*, 79-90, İstanbul
- Kaya, S., A. Kaya,** 2000. Microwave drying effects on properties of whey protein isolate edible films. *Journal of Food Engineering*, 43(2): 91-96.
- Kaewprachu, P., Osako, K., Tongdeesontorn, W. And Rawdkuen, S.** 2017. The effects of microbial transglutaminase on the properties of fish myofibrillar protein film. *Food Packaging and Shelf Life*, 12: 91–99.
- Kamat VN, Vaz A, Divekar PV, Fernandes F, Bhatnagar SS.** Studies on Indian medicinal plants. I. Characterization of chakranine, an alkaloid isolated from *Bragantia wallichii* R. Br. (n. o. Aristolochiaceae). *Indian J Med Res*. 1958;46(3):418–25.
- Kamil, J., Shahidi, F., Jeon, Y., J, Kim, S.K.,** 2002. Antioxidant Role of Chitosan in Cooked Cod (*Godus morhua*) Model System. *Journal of Food Lipids*, 9, 57–64.
- Kester J.J., Fennema O.** (1986). Edible films and coatings. *Food Technology*. 40(12): 47-55.
- Kester, J.J. ve Fennema, O.** (1989) Resistance of lipid films to oxygen transmission, *J Am Oil Chem Soc*, 66(8): 1129-1138.
- Kılınçeker O., Doğan Ğ.S., Küçüköner E.** (2009). Effect of edible coatings on the quality of frozen fish fillets. *Food Science and Technology*. 42: 868-873.
- Kim, S.H., No, H.K., Prinyawiwatkul, W.,** 2007. Effect of Molecular Weight, Type of Chitosan, and Chitosan Solution pH on The Shelf-Life and Quality of Coated Eggs. *Journal of Food Science*, 72, 044-048.
- Konwar M, Baruah GD.** 2011. On the nature of vibrational bands in the FTIR spectra of medicinal plant leaves. Scholars Research Library, *Archives of Applied Science Research*, 2011, 3 (1): 214-221.
- Korkmaz, F.** (2018), Yenilebilir Film/Kaplamalar ve Su Ürünleri Perspektifi, *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 49 (1): 79-86 , 2018
- Koyuncu M.A, Savran H.E,** 2002. Yenilebilir film ve kaplamalar ve bahçe ürünlerinde kullanımı. *S.D.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 6 (3) 73-83.

- Kurt, A. Ve Atalar, İ.** 2018 Effects of quince seed on the rheological, structural and sensory characteristics of ice cream, *Food Hydrocolloids* 82 (2018) 186e195
- Krochta J.M.** (2002). Proteins as raw materials for films and coatings: Definitions, current status and opportunities. *CRC Pres.* Chapter 1.
- Küçük, S.T., Çelik, Ö., Türe, H.,** (2017) Yenilebilir Aljinat ve Zein Filmlerin Gıda Ambalajlamasında Kullanımı. *Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg.*, 2017; 7(2): 295-311
- Küçüköner, E., O. Kılınççeker, İ.S. Doğan,** 2003. *Gıdalara yenilebilir kaplama uygulamalarında süt ürünlerinin kullanım olanakları.Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu*, 22-23 Mayıs 2003, İzmir.251-256.
- Kinsella, J.E., D.M. Whitehead,** 1989. Proteins in whey: Chemical, physical and functional properties. *Advanced Food and Nutrition*, 33:343-348.
- Krasaekoopt, W., Mabumrung, J.,** 2008. Microbiological evaluation of edible coated fresh-cut cantaloupe. *Natural Science*, 42: 552–557.
- Kulkarri GT, Gowthamarjan K, Rao BG.** Evaluation of binding property of plantago ovate and Trigonella foenum gracecum mucilage. *Indian drugs*. 2002;39:422–5
- Köksel, H.F.,** 2009. Ksantan ve guar gamlarının mikrodalga- kızılötesi kombinasyon fırında pişirilen keklerin kalite ve bayatlamaları üzerine etkileri , Master of Science in Food Engineering Department, *Middle East Technical University by*, Ankara
- Kurt A & Kahyaoğlu T** (2014). Characterization of a new biodegradable edible film made from salep glucomannan. *Carbohydrate Polymers*, 104: 50-58. doi: 10.1016/j.carbpol.2014.01.003
- Lambert, R.J.W., Skandemis, P.N., Coote, P., Nychas, G.J.E.,** 2001. A Study of The Minimum Inhibitory Concentration and Mode of Action of Oregano Essential Oil, Thymol and Carvacrol. *J. Appl. Microbiol*, 91: 453-462.
- Lerdthanankul S., Krochta J.M.** (1996). Edible coating effects on postharvest quality of green bell peppers. *Journal of Food Science*. 61(1): 176-179.
- Lee J.Y., Park H.J., Lee C.Y., Choi W.Y.** (2003). Extending shelf life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*. 36(3): 323-329.
- Lin SY, Wang SL.** 2011. Advances in simultaneous DSC–FTIR microspectroscopy for rapid solid-state chemical stability studies: Some dipeptide drugs as examples. *Adv Drug Delivery Rev*, 64 (2012) 461-478.
- Lieberman, E.R. and Gilbert, S.G.** (1973). Gas permeation of collagen films as affected by crosslinkage, moisture, and plasticizer content. *Journal of Polymer Science*, 41: 33-43.
- Lim, G.O., Hong, Y.H., Song, K.B.,** 2010. Application of Gelidium corneum edible films containing carvacrol for ham packages. *Journal of Food Science* 75(1): 90-93.
- Liu, F., Majeed, H., Antoniou, J., Li, Y., Ma, Y., Yokoyama, W., Ma, J. and Zhong, F.** 2016. Tailoring physical properties of transglutaminase-modified gelatin films by varying drying temperature. *Food Hydrocolloids*, 58: 20-28. doi: 10.1016/j.foodhyd.2016.01.026
- Liu, F., Chang, W., Chen, M., Xu, F., Ma, J., Zhong, F.,** 2020, Film-forming properties of guar gum, tara gum and locust bean gum, *Food Hydrocolloids* 98 (2020) 105007
- López de Lacey, A.M., López-Caballero M.E., Gómez-Estaca J., Gómez-Guillén M.C., and P. Montero.** (2012). Functionality of Lactobacillus acidophilus and

- Bifidobacterium bifidum incorporated to edible coatings and films. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 16: 277-282.
- Masamba, K., Li, Y., Hategekimana, J., Zehadi, M., Ma, J. and Zhong, F.** 2016. Evaluation of mechanical and water barrier properties of transglutaminase cross-linked zein films incorporated with oleic acid. *International Journal of Food Science and Technology*, 51: 1159-1167. doi: 10.1111/ijfs.13069
- Martelli, M.R., Carvalho, R.A., Sobral, P.J.A., Santos, J.S.,** 2008. Reduction of oil uptake in deep fat fried chicken nuggets using edible coatings based on cassava starch and methylcellulose. *Italian Journal of Food Science* 20(1): 111-118.
- Martins, J. T., Cerqueira, M. A., Bourbon, A. I., Pinheiro, A. C., Souza, B. W. S., & Vicente, A. A.** (2012). Synergistic effects between κ -carrageenan and locust bean gum on physicochemical properties of edible films made thereof. *Food Hydrocolloids*, 29(2), 280–289. Nawab, A., Alam,
- Martins J.T., Cerqueira M., Souza B.S., Avides M., Vicente A.A.** (2010). Shelf life extension of ricotta cheese using coatings of galactomannans from nonconventional sources incorporating nisin against *Listeria monocytogenes*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58: 1884-1891.
- Mate, J.I., J.M. Krochta,** 1996. Comparison of oxygen and water vapor permeabilities of whey protein isolate and β -lactoglobulin edible films. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 44(10):3001-3004.
- Mate, J.I. and Krochta, J.M.** (1996). Whey protein coating effect on the oxygen uptake of Dry roasted peanuts. *Journal of Food Science*, 61: 1202-1206, 1210.
- Mali S., Grossmann M.V.E.** (2003). Effects of yam starch films on storability and quality of fresh strawberries. *Journal Agriculture and Food Chemistry*. 51(24): 7005-7011.
- McHugh, T.H., Aujard, J.F. and Krochta, J.M.** (1994). Plasticized whey protein edible films: water vapor permeability properties. *Journal of Food Science*, 59: 416-419, 423.
- McHugh, T.H., Krochta, J.M.,** 1994a. Sorbitol- vs glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. *Journal Agric Food Chem* 42: 841-845.
- Mchugh, T.H., J.M. Krochta,** 1994. Milk-Protein-Based Edible Films and Coatings. *Food Technology*, 48(1):97-103.
- Menezes, J., Santos H.S., Ferreira, M., Megalhaes, F., Silva, D., Bandeira, P., Saraiva, G., Pessoa, O., Ricardo, N., Cruz, N.** Preparation, structural and spectroscopic characterization of chitosan membranes containing allantoin, *Journal of Molecular Structure* 1199 (2020) 126968.
- Mezgheni, E., G. Daprano, M. Lacroix,** 1998. Formation of Sterilized edible films based on caseinates: Effects of calcium and plasticizers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(1):318-324
- Mehmetoğlu, A.Ç.** (2010). Yenilebilir Filmlerin ve Kaplamaların Özelliklerini Etkileyen Faktörler, *Akademik Gıda* 8(5) (2010) 37-43
- Morris, E.R., Rees, D.A., Young, G., Walkinshaw, M.D., Darke, A.,** 1977. Order-disorder transition for a bacterial polysaccharide in solution. A role for polysaccharide conformation in recognition between *Xanthomonas* pathogen and its plant host. *Journal of Molecular Biology*, 110: 1-16.
- Morillon, V., Debeaufort, F., Blond, G., Capelle, M., Voilley, A.** (2002). Factors Affecting the Moisture Permeability of Lipid-Based Edible Films: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42, 67-89.

- Moghbel, A ve Tayebi, M** , 2015 , M. Quince Seeds Biopolymer: Extraction, Drying Methods and Evaluation, *Jundishapur J Nat Pharm Prod.* 10(3): e25392.
- Nandi, S. Ve Guha, P.** 2018, Modelling the effect of guar gum on physical, optical, barrier and mechanical properties of potato starch based composite film, *Carbohydrate Polymers* 200 (2018) 498–507
- Nieto M B** (2009). Structure and function of polysaccharide gum-based edible films and coatings. In *Edible Films and Coatings for Food Applications*pp. 57-112, Springer
- No, H.K., Cho, Y.I., Kim, H.R., Meyers S.P.,** 2000. Effective Deacetylation of Chitin under Conditions of 15 psi/121 °C. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 2625-2627.
- No, H.K., Meyers, S.P., Prinyawiatkul, W., Xu, Z.,** 2007. Applications of Chitosan for Improvement of Quality and Shelf Life of Foods: A Review. *Journal of Food Science*, 72, 5, 87-100.
- Oğuzhan Yıldız, P. ve Yangılar, F.** 2016. Yenilebilir film ve kaplamaların gıda endüstrisinde kullanımı. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1),27-35.
- Oliveria T.M., Soares N.F.F., Peregra R.M., Fraga K.F.** (2007). Development and evaluation of antimicrobial natamycin-incorporated film in gorgonzola cheese conservation. *Packag Technol Sci.* 20: 147-153.
- Ouattara B., Simard E.R., Piette G., Begün A., Holley A.R.** (2000). Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. *International Journal of Food Microbiology.* 62: 139-148.
- Ono D, Bamba T, Oku Y, Yonetani T, Fukusaki E.** 2011. Application of Fourier transform near-infrared spectroscopy to optimization of green tea steaming process conditions. *J Biosci Bioeng*, vol:112 No. 3, 247-251.
- Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H. ve Hosseini, S.M.H.** (2010).“Development and Essential Oil Evaluation of a Novel Biodegradable Film Made Chitosan and Cinnamon with Low Affinity Toward Water”, *Food Chemistry* 122: 161–166.
- Özdemir M, Floros F.D.** 2001. Analysis and modeling of potassium sorbate diffusion through edible whey protein film. *Journal of Food Engineering*, 47: 145-155.
- Pavlath, A.E., Orts, W.,** 2009. Edible Films and Coatings: Why, What, and How? In *Edible Films and Coatings for Food Applications*, Edited by Milda E. Embuscado, Kerry C. Huber, *Springer Dordrecht Heidelberg London New York*, 403p.
- Park, P., Je, J. and Kim, S.** 2004. Free radical scavenging activities of differently deacetylated chitosans using an ESR spectrometer. *Carbohydrate Polymers*, 55: 17–22. doi: 10.1016/j.carbpol.2003.05.002
- Peng, Y., Han, B., Liu, W., Xu, X.,** 2005. Preparation and antimicrobial activity of hydroxypropyl chitosan. *Carbohydrate Research*, 340: 1846–1851
- Ponce A., Roura S.I., Del Valle C.E., Moreira M.R.** (2008). Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: In vitro and in vivo studies. *Postharvest Biology and Technology.* 49: 294-300.
- Polat, H.** (2007). *İslenmiş et ürünlerinde yenilebilir filmlerin ve kaplamaların uygulamaları*, *Afyon Kocatepe Üniversitesi (Yüksek Lisans Tezi)*, Afyon, 64s

- Pranoto, Y., Rakshit, S.K. ve Salokhe, V.M.,** (2005). "Physical and Antibacterial Properties of Alginate-Based Edible Film Incorporated with Garlic Oil", *Food Research International*, 38(3): 267-72.
- Quintavalla, S. and Vicini, L.** (2002). Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Science*, 62: 373-380.
- Raeisi, M., Tajik, H., Aliakbarlu, J., Valipour, S.,** 2014. Effect of Carboxymethyl Cellulose Edible Coating Containing Zataria multiflora Essential Oil and Grape Seed Extract on Chemical Attributes of Rainbow Trout Meat. *Veterinary Research Forum*, 5(2); 89-93.
- Robertson G. L** (2013). Food Packaging: Principle and Practise (3rd. Edition) *CRC Press, New York*, 1, 49-90, 467, 703p.
- Rodriguez, M., Osés, J., Ziani, K., Mate, J.I.** (2006). Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films. *Food Research International*, 39, 840–846.
- Rojas-Gtaü M.A., Tapia M.S., Martín-Bellosa O.** (2008). Using polysaccharide based edible coatings to maintain quality of fresh cut Fuji apples. *LWT*. 41: 139-147.
- Rostamzad, H., Paighambari, S. Y., Shabanpour, B., Ojagh, S. M. and Mousavi, S. M.** 2016. Improvement of fish protein film with nanoclay and transglutaminase for food packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 7: 1-7. doi: 10.1016/j.fpsl.2015.10.001
- Rocha M, Loiko M.R, Tondo E.C & Prentice C** (2014). Physical, mechanical and antimicrobial properties of Argentine anchovy (*Engraulis anchoita*) protein films incorporated with organic acids. *Food Hydrocolloids*, 37: 213-220. doi: 10.1016/j.foodhyd.2013.10.017
- Rubilar, J.F., Cruz, R.M.S., Silva, H.D., Vicente, A.A., Khmelinskii, I. ve Vieira, M.C.,** (2013). "Physico-Mechanical Properties of Chitosan Films with Carvacrol and Grape Seed Extract", *Journal of Food Engineering*, 115: 466-474.
- Santos Pires A.C., Soares N.F.F., Andrade N.J., Silva L.H.M., Camilloto G.P., Bernardes P.C.** (2008). Development and evaluation of active packaging for sliced mozzarella preservation. *Packag Technol Sci*. 21: 375-383.
- Sanchez-Gonzalez, L., Vargas, M., Gonzalez-Matnez, C., Chiralt, A., Chafer, M.,** 2011. Use of Essential Oils in Bioactive Edible Coatings. *Food Eng. Rev*, 3:1-16.
- Sarıoğlu T, Öner Z.** 2006. Yenilebilir filmlerin kaşar peynirinin kaplanmasında kullanılma olanakları ve peynir kalitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 31 (1) 3-10.
- Sarıkuş G.** (2006). Farklı antimikrobiyal maddeler içeren yenilebilir film üretimi ve kaşar peynirinin muhafazasında mikrobiyal inaktivasyona etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı* (Yüksek lisans tezi), Isparta.
- Sebti I, Coma V.** 2002. Active edible polysaccharide coating and interactions between solution coating compounds. *Carbohydrate Polymers*, 49: 139-144.
- Sürengil, G. ve Kılınç, B.,** 2011. Gıda ambalaj sektöründe nanoteknolojik uygulamalar ve su ürünleri açısından önemi. *Journal of Fisheries Sciences* 5 (4): 317-325.
- Shahidi, F., Arachchi, J.K.V., Jeon, Y.J.,** 1999. Food Applications of Chitin and Chitosan. *Trends in Food Science & Technology*, 10, 37-51.
- Simões, A.D.N., Tudela, J.A., Allende, A., Psuchmann R., Gil, M.I.,** 2009. Edible coatings containing chitosan and moderate modified atmospheres maintain

- quality and enhance phytochemicals of carrot sticks. *Postharvest Biology and Technology*, 51: 364-370.
- Sworn, G.**, 2000. Xanthan gum. In: Handbook of hydrocolloids. Edited by G.O. Phillips and P.A. Williams. *CRC Press*, pp: 103-115.
- Srinivasa P.S., Baskaran R., Ramesh M.N., Prashanth K.V., Tharanthan R.N.** (2002). Storage studies of mango packed using biodegradable chitosan film. *European Food Research Technology*. 215(6): 504-508.
- Sürengil G., Kılınç B.** (2011). Gıda-ambalaj sektöründe nanoteknolojik uygulamalar ve su ürünleri açısından önemi. *Journal of Fisheries Sciences*. 5(4): 317-325.
- Sothornvit R & Krochta J. M** (2000). Oxygen permeability and mechanical properties of films from hydrolyzed whey protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 3913-3916.
- Shiku Y, Hamaguchi P.Y & Tanaka M** (2003). Effect of pH on the preparation of edible films based on fish myofibrillar proteins. *Fisheries Science*, 69: 1026-1032.
- Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Osorio, F., Agulera, J.M.**, 2010. *Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings*. ISBN: 1616682698. 66p.
- Shiku, Y., Hamaguchi, P. Y. and Tanaka, M.** 2003. Effect of pH on the preparation of edible films based on fish myofibrillar proteins. *Fisheries Science*, 69: 1026-1032.
- Singh, T. P., Chatli, M. K., & Sahoo, J.** (2015). Development of chitosan based edible films: Process optimization using response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5), 2530–2543
- Temiz,H., Yeşilsu,A,F.** (2006). “Bitkisel Protein Kaynaklı Yenilebilir Film Ve Kaplamalar”, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 41-50
- Tufan, M.** (2017). Ay çiçeği sapından yenilebilir cmc film üretimi ve karakterizasyonu, *Anadolu Üniversitesi (Yüksek Lisans Tezi)*, Eskişehir
- Tural, S., Sarıcaoğlu, F.T. ve Turhan, S.** 2017. Yenilebilir film ve kaplamalar: üretimleri, uygulama yöntemleri, fonksiyonları ve kaslı gıdalarda kullanımları. *Akademik Gıda*, 15, 84-94.
- Torlak E., Nizamhoğlu M.** (2009). Doğal antimikrobiyal maddeler ile hazırlanan yenilebilir filmlerin *Listeria monocytogenes* üzerine etkileri. *Veteriner Bilimleri Dergisi*. 25(1-2): 15-21.
- Ustunol, Z.** 2009. Edible films and coatings for meat and poultry. *Edible Films and Coatings for Food Applications*, Editors: Embuscado, M. E., Huber, K. C. *New York: Springer Science + Business Media*, 245-268.
- Valdes, A., Mellinas, A. C., Ramos, M., Garrigos, M. C., Jimenez, A.**, 2014. Natural additives and agricultural wastes in biopolymer formulations for food packaging. *Frontiers in chemistry* 2, 1- 10.
- Vargas. M., Pastor, C., Chiralt. A., McClements, D.J., Gonzalez-Martinez, C.** (2008). Recent Advances in Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48, 496-511
- Vasconez M.B., Flores S.K., Campos C.A., Alvarado J., Gerschenson L.N.** (2009). Antimicrobial activity and physical properties of chitosan-tapioca starch based edible films and coatings. *Food Research International*. 42(7): 762-769.
- Valenzuela, C., Tapia, C., Lopez, L., Bungler, A., Escalona, V., Abugoch, L.**, 2015. Effect of edible quinoa protein-chitosan based films on refrigerated strawberry (*fragaria x ananassa*) quality. *Electronic Journal of Biotechnology*, 18: 406-411.

- Vina S.Z., Mugrudge A., Garcia M.A., Ferrayra R.M., Martino N.M., Chaves A.R., Zaritzky N.E.** (2007). Effects of polyvinylchloride films and edible starch coatings on quality aspects of refrigerated Brussels sprouts. *Food Chemistry*. 103: 701-709.
- Wang X., Sun X., Liu H., LI M., Ma Z.** (2011). Barrier and mechanical properties of carrot puree films. *Food and Bioproducts Processing*. 89: 149-156.
- Wang, F., Wang, Y.J., Sun, Z.,** 2002. Conformational role of xanthan gum in its interaction with guar gum. *Journal of Food Science*, 67: 3289-3294.
- Wangtueai, S., Noomhorm, A. and Regenstein, J. M.** 2010. Effect of microbial transglutaminase on gel properties and film characteristics of gelatin from Lizardfish (*Saurida* spp.) scales. *Journal of Food Science*, 75(9): 731-739. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01835.x
- Ward, F.M., Andon, S.A.,** 2002. Hydrocolloids as film formers, adhesives, and gelling agents for bakery and cereal products. *Cereal Foods World*, 47: 52-55.
- Wu, Y., Weller, C.L., Hamouz, E., Cuppett, S., Schnepf, M.** (2001). Moisture Loss and Lipid Oxidation for Precooked (Ground-Beef Patties Packaged in Edible Starch-Alginate-Based Composite Films. *Journal of Food Science*. Vol. 66, No. 3.
- Xiao, C., Zhang, J., Zhang, Z. ve Zhang, L.,** (2003). "Study of Blend Films from Chitosan and Hydroxypropyl Guar Gum", *Journal of Applied Polymer Science*, 90: 1991-5.
- Yalçın, Ü.** 2017. Sodyum Kazeinat Veya Kitosan Kaynaklı Yenilebilir Filmlerin Kaşar Peynirinin Kalitesi Ve Raf Ömrüne Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Van
- Yang, K., Dang, H., Liu, L., Hu, X., Li, X., Ma, Z., Wang, X., Ren, T.** Effect of syringic acid incorporation on the physical, mechanical, structural and antibacterial properties of chitosan film for quail eggs preservation, *International Journal of Biological Macromolecules* 141 (2019) 876–884
- Yaylı, D., Turhan, S., Saricaoglu, F. T.** 2017. Edible Packaging Film Derived From Mechanically Deboned Chicken Meat Proteins: Effect of Transglutaminase on Physicochemical Properties. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37, 635-645.
- Yener F.Y.G.** (2007). Development of antimicrobial protective food coating materials from edible alginate films. *İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi.), İzmir.
- Yüksel, Z. ve Erdem, Y. K.** 2008. Gıda endüstrisinde transglutaminaz uygulamaları: 2. Enzimin gıda süreçlerinde kullanım olanakları. *Gıda* 33(3): 143-149.
- Yılmaz, L; Bayazit A,A; Yılsay T,Ö,** (2007) Süt Proteinlerinin Yenilebilir Film Ve Kaplamalarda Kullanılması, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2007 (1) 59-64
- Yılmaz, K.** 2017. Hamsi Atık Proteinlerinden Üretilen Yenilebilir Filmlerin Özellikleri Üzerine Transglutaminaz Enziminin Etkisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Samsun
- Yılmaz, R.** 2014, Kekik Esansiyel Yağı İle Zenginleştirilmiş Kitosan Esaslı Filmlerin Antimikrobiyal Etkisinin Tespiti, *Süleyman Demirel Üniversitesi*, (Yüksek Lisans Tezi), Isparta
- Yaman, T.** 2013 Quality Evaluation Of Pomegranate Arils With Chickpea Starch Based Edible Film, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, 2013, İstanbul
- Yingyuad, S., Ruamsin, S., Leekprokok, T., Douglas, S., Pongamphai, S., Siripatrawan, U.,** 2006. Effect of Chitosan Coating and Vacuum Packaging on

The Quality of Refrigerated Grilled Pork. *Packaging Technology and Science*, 19, 149–157.

Yi, J. B., Kim, Y. T., Bae, H. J., Whiteside, W. S. and Park, H. J. 2006. Influence of Transglutaminase-Induced Cross-Linking on Properties of fish gelatin films. *Journal of Food Science*, 71(9): 376-383. doi: 10.1111/ j.1750-3841.2006.00191.x

Zivanovic Z., Chi S., Draughon A.F. (2005). Antimicrobial activity of chitosan films enriched with essential oils. *Journal of Food Science*. 70(1): 45-51.





ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı Aslı Eda ERDOĞAN

Doğum Yeri ve Tarihi Bursa, 14.07.1988

Medeni Hali Evli

Yabancı Dil İngilizce

İletişim Adresi Cumhuriyet Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü
58140 Sivas

E-posta Adresi asliedasahin@gmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise Elmadağ Yabancı Dil Ağırlık Lisesi, 2006

Lisans Cumhuriyet Üniversitesi, 2014

Yüksek Lisans Cumhuriyet Üniversitesi İş Sağlığı Güvenliği ABD, 2016

Cumhuriyet Üniversitesi Gıda Mühendisliği ABD, 2019

İş Tecrübesi

KYK Sancaktar Yurdu Yemekhanesi, Gıda Mühendisi, 2015-2016

Kayserişeker A.Ş. Turhal Şeker Fabrikası, Kalite Kontrol Mühendisi, 2018-...

Kongreler ve Bildiriler

Guar Gam Katkılı Yenilebilir Filmlerin Karakterizasyonu, 3. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi 28-30 Haziran 2019