

**T.C.
SİİRT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İŞKİN (*Rheum ribes* L.) İLAVELİ YENİLEBİLİR FİLM ÜRETİMİ VE
KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Esra PEKDOĞAN
(183117010)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ebru AKKEMİK
II. Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Bülent HALLAÇ**

Mayıs-2021

SİİRT

TEZ KABUL VE ONAYI

Esra PEKDOĞAN tarafından hazırlanan “**İŞKİN (*Rheum ribes* L.) İLAVELİ YENİLEBİLİR FİLM ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU**” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Ender Sinan POYRAZOĞLU

.....

Danışman

Doç. Dr. Ebru AKKEMİK

.....

Üye

Prof. Dr. Mustafa ARIK

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Bülent HALLAÇ

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Seda OĞUR

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Doç. Dr. Fevzi HANSU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez çalışması “Siirt Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü” tarafından “2019-SİÜFEB-026” nolu proje ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında bana yardımcı olup bilgisini, desteğini esirgemeyen ve bana her zaman yol gösteren tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Ebru AKKEMİK'e, mikrobiyoloji çalışmalarımda bana yardımcı olan II. Danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Bülent HALLAÇ'a,

Tez çalışmalarımı gerçekleştirdiğim, Siirt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Laboratuvarlarındaki imkanlar ve altyapı için başta Sayın Dekanımız ve Gıda Mühendisliği bölüm başkanı Sayın Prof. Dr. Ender Sinan POYRAZOĞLU, değerli öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Yakup ASLAN'a ve tüm Gıda Mühendisliği bölümü çalışanlarına,

Ayrıca Siirt Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinden hizmet alımı yaparak gerçekleştirdiğimiz çalışmalarımız sırasında bizlere yardımcı olan Sayın Öğr. Gör. Mesut GÖK'e, Sayın Öğr. Gör. ÜMİT ÇALIŞIR'a, Sayın Öğr. Gör. Merve BALABAN'a, Sayın Öğr. Gör. Ahmet FIRATLIOĞLU'na, Sayın Öğr. Gör. Abdullah BAYCAR'a ve bütün çalışanlarına, çekme dayanımı ve uzama katsayısı analizimde bana yardımcı olan Sayın Esra AKDENİZ'e

Hizmet alımı olarak gerçekleştirdiğimiz SEM analizinde yardımlarından dolayı Bingöl Üniversitesi, Merkezi Laboratuvar Uygulama ve Araştırma Merkezine,

Ayrıca ekip arkadaşlarım Sayın Öğr. Gör. Şule Azime YENİÇERİ ve Sayın Bekir ÇİFTÇİ, SEM ve FT-IR analizlerinin yorumlanmasındaki katkılarından dolayı Sayın Dr. Züleyha KUDAŞ'a,

Tez çalışmamı proje olarak kabul eden ve maddi olarak yardımda bulunan Siirt Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne,

Tüm hayatım boyunca her türlü maddi ve manevi destekleklerini esirgemeyen, her zorlukta yanımda olan canım annem Muzaffer PEKDOĞAN, kardeşlerim Yasemin, Esmâ, Tuba, Ravza ve tüm aileme, her vazgeçtiğimde beni cesaretlendiren başta Saadet Merve İLÇİN olmak üzere tüm arkadaşlarıma,

Hayatımın her anında ve her konuda beni destekleyen, sabırla yüksek mühendis olduğumu görmeyi bekleyen ve en çok hak eden tez yazma sürecinde kaybettiğim yol göstericim, kıymetlim, canım babam Veysi PEKDOĞAN'a ve en çok da sabrım için kendime teşekkür ederim.

Esra PEKDOĞAN
SİİRT-2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ KABUL VE ONAYI	v
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
KISALTMALAR VE SİMGELERLİSTESİ.....	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	10
3. MATERYAL VE METOT.....	18
3.1. Materyal	18
3.1.1. Çalışmada kullanılan cihaz listesi	18
3.1.2. Çalışmada kullanılan kimyasal listesi.....	18
3.2. Metot.....	19
3.2.1. Film üretimi ve kurutulması	19
3.2.2. Filmlerin karakterizasyon çalışmaları.....	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	27
4.1. Film Üretimi ve Kurutulması.....	27
4.2. Filmlerin Karakterizasyon Çalışmaları	27
4.2.1. Film kalınlığı.....	27
4.2.2. Suda çözünürlük	30
4.2.3. Filmlerin renk ölçümleri	33
4.2.4. Filmlerin çekme dayanımı ve kopma anındaki uzama katsayısının belirlenmesi (TS, % EB).....	35
4.2.5. Absorbans ve transmittans değerleri.....	38
4.2.6. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR)	41
4.2.7. Taramalı elektron mikroskopu (SEM).....	44
4.2.8. Filmlerin termal gravimetrik analiz (TGA)	48
4.2.9. Antioksidan aktivite analizleri	50
4.2.10. Biyobozunurluk	59
4.2.11. Su buharı geçirgenliği.....	61
4.2.12. Antimikrobiyal Analiz	63
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	65

5.1. Sonuçlar	65
5.2. neriler	69
6. KAYNAKLAR	70
EK-1-TGA analizleri	81
ÖZGEÇMİŞ	93



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3. 1. Yöntem A ile üretilen film jeller ve maddelerin eklenme yüzdesi	20
Tablo 3. 2. Lesitin çözme denemeleri	21
Tablo 3. 3. Yöntem B ile üretilen filmler ve maddelerin eklenme yüzdesi	22
Tablo 4. 1. Yöntem A ile oluşturulan filmlerin renk değerleri	34
Tablo 4. 2. Yöntem B ile oluşturulan filmlerin renk değerleri	34
Tablo 4. 3. Yöntem A ile oluşturulan % uzama katsayısı (%EB) ve çekme dayanımı (TS)	36
Tablo 4. 4. Yöntem B ile oluşturulan % uzama katsayısı (%EB) ve çekme dayanımı (TS)	37
Tablo 4. 5. "Yöntem A" ile üretilen filmlerin absorban değerleri	39
Tablo 4. 6. "Yöntem A" ile üretilen filmlerin transmittans değerleri	39
Tablo 4. 7. "Yöntem B" ile üretilen filmlerin absorban değerleri	39
Tablo 4. 8. "Yöntem B" ile üretilen filmlerin transmittans değerleri	40
Tablo 4. 9. PK-JN, PK-%1JN, PK-%2JN, PK-%3JN film örneklerinin EDS sonuçları	45
Tablo 4. 10. PK-JN, PK-%1JNL, PK-%2JNL, PK-%3JNL film örneklerinin EDS sonuçları	46
Tablo 4. 11. KK, KK-%0.5I, KK-%1I, KK-%1,5I, KK-%2I ile üretilen film örneklerinin EDS sonuçları	47
Tablo 4. 12. Yöntem A ile oluşturulan filmlerin % biyobozunurluk değerleri	59
Tablo 4. 13. Yöntem B ile oluşturulan filmlerin % biyobozunurluk değerleri	60
Tablo 4. 14. Yöntem A ile üretilen filmlerin su buharı geçirgenliği değerleri	61
Tablo 4. 15. Yöntem B ile oluşturulan filmlerin su buharı geçirgenliği değerleri	62

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. 1. Yenilebilir film ve kaplamaların biyolojik yapıları	3
Şekil 3. 1. Işkının toplanması	19
Şekil 3. 2. (a) Işkının püresi, (b)Yöntem A ile üretilen film çözeltisi	20
Şekil 3. 3. (a) Film çözeltilerinin cam petriye yayılmış kurutulmadan önceki görüntüsü (b) Kurutulmuş filmler	21
Şekil 3. 4. (a) Kurutulmuş ışkın, (b) Kitosan film çözeltisi (c) Işkının kitosan film çözeltisine katılması (d) Homojenizasyon	22
Şekil 3. 5. (a) Yöntem B ile üretilen film karışımının petriye yayılmış hali (b) Kurutulmuş Filmler	23
Şekil 4. 1. Yöntem A ile üretilip kurutulmuş film örnekleri (sırasıyla PK-JN, PK-%1JN, PK-%2JN, PK-%3JN, PK-%1JNL, PK-%2JNL, PK-%3JNL)	27
Şekil 4. 2. Yöntem B ile üretilip kurutulmuş film örnekleri sırasıyla KK, KK-%0,5I, KK %1I, KK %1,5I, KK %2I	27
Şekil 4. 3. Yöntem A ile oluşturulan filmlerin kalınlığı	28
Şekil 4. 4. Yöntem B ile oluşturulan filmlerin kalınlığı	29
Şekil 4. 5. Yöntem A ile üretilen filmlerin % suda çözünürlük değerleri	31
Şekil 4. 6. Yöntem B ile üretilen filmlerin yüzde suda çözünürlük değerleri	32
Şekil 4. 7. PK-JN, PK-%1JN, PK-%2JN, PK-%3JN örneklerine ait FT-IR spektrumları	42
Şekil 4. 8. PK-JN, PK-%1JNL, PK-%2JNL, PK-%3JNL örneklerine ait FT-IR spektrumlar	42
Şekil 4. 9. KK, KK-%0,5I KK-%1I, KK-%1,5I, KK-%2I film örneklerine ait FT-IR spektrumları	43
Şekil 4. 10. (a) PK-JN (b) PK-%1JN, (c) PK-%2JN ve (d) PK-%3JN örneklerine ait SEM görüntüleri	45
Şekil 4. 11. (a) PK-JN, (b) PK-%1JNL, (c) PK-%2JNL ve (d) PK-%3JNL film örneklerinin SEM görüntüleri	46
Şekil 4. 12. (a) KK, (b)KK-%0,5I, (c) KK-% 1I, (d) KK-%1,5I ve (e) KK-% 2I karışımlarının SEM görüntüleri	47
Şekil 4. 13. FRAP yöntemiyle antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde kullanılan kalibrasyon eğrisi	50
Şekil 4. 14. Yöntem A ile oluşturulan filmlerin FRAP metoduyla antioksidan analizi	51
Şekil 4. 15. Yöntem B ile oluşturulan filmlerin FRAP metoduyla antioksidan analizi	52
Şekil 4. 16. ABTS yöntemiyle antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde kullanılan kalibrasyon eğrisi	53
Şekil 4. 17. Yöntem A ile oluşturulan örneklerin ABTS metoduyla antioksidan kapasitesi	54
Şekil 4. 18. Yöntem B ile oluşturulan örneklerin ABTS metoduyla antioksidan kapasitesi	55
Şekil 4. 19. DPPH yöntemiyle antioksidan kapasite belirleme analizinin standart grafiği	56
Şekil 4. 20. Yöntem A ile üretilen film örneklerinin DPPH metoduyla antioksidan aktivitesi	57
Şekil 4. 21. Yöntem B ile üretilen film örneklerinin DPPH metoduyla antioksidan kapasitesi	58

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
%E	: Filmlerin uzama katsayısı
ABTS	: Troloks eşdeğer antioksidan kapasitesi
CMC; E466	: Karboksimetilselüloz
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil antioksidan kapasitesi
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
EB	: Kopma anında uzama miktarı
FRAP	: Demir (III) iyonu indirgeyici
FT-IR	: Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi Spektrometresi
HDL	: Düşük yoğunluklu lipoprotein
HPC; E463	: Hidroksipropil selüloz
HPMC; E464	: Hidroksipropil metilselüloz),
KK	: Kontrol kitosan film
KK-%1,5I	: %1,5 ışıkn tozu ilaveli kitosan film
KK-%1I	: %1 ışıkn tozu ilaveli kitosan film
KK-%2I	: %2 ışıkn tozu ilaveli kitosan film
KK%0.5I	: %0,5 ışıkn tozu ilaveli kitosan film
kPa	: Kilopaskal
LDL	: Yüksek yoğunluklu lipoprotein
MC;E46	: Metil selüloz
mm	: Milimetre
MPa	: Megapaskal
nm	: Nanometre
PK-%1JN	: %8 ışıkn püre ilaveli, %2 nişasta, %1 jelatin film
PK-%1JNL	: %8 ışıkn püre ve %0,5 soya lesitin ilaveli, %2 nişasta, %1 jelatin film
PK-%2JN	: %8 ışıkn püre ilaveli, %2 nişasta, %2 jelatin film
PK-%2JNL	: %8 ışıkn püre ve %0,5 soya lesitin ilaveli, %2 nişasta, %2 jelatin film
PK-%3JN	: %8 ışıkn püre ilaveli, %2 nişasta, %3 jelatin film
PK-%3JNL	: %8 ışıkn püre ve %0,5 soya lesitin ilaveli, %2 nişasta, %3 jelatin film
PK-JN	: Işıkn püre ilavesiz, %0,5 lesitin ilaveli, %2 jelatin ve %2 nişasta kontrol film
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
TGA	: Termal gravimetrik analiz
TS	: Çekme dayanımı
VCEAC	: Vitamin C'ye eşdeğer antioksidan kapasite
LLDPE	: Lineer alçak yoğunluk polietilen

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

IŞKIN (*Rheum ribes* L.) İLAVELİ YENİLEBİLİR FİLM ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

Esra PEKDOĞAN

Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Ebru AKKEMİK

II. Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Bülent HALLAÇ

2021, 93+X Sayfa

Bu çalışmada ışkın ilaveli yenilebilir on iki adet filmin üretimi ve karakterizasyonu yapıldı. Bu amaçla tamamen farklı iki yöntem kullanıldı. Yöntem A 'da nişasta bazlı filmlere ışkın örnekleri püre olarak ilave edilirken, yöntem B'de ise kitosan bazlı filmlere dondurularak kurutma yöntemiyle elde edilen ışkınlar değişen oranlarda (%0,5, %1, %1,5 ve %2) ilave edildi. Elde edilen film örneklerinde karakterizasyon çalışmaları kapsamında film kalınlığı, su buharı geçirgenliği, çekme dayanımı ve uzama katsayısı, filmin renk özellikleri, antioksidan aktivite (FRAP, DPPH ve ABTS), FT-IR, SEM, termal gravimetrik analiz (TGA), biyobozunurluk, suda çözünürlük, absorbans, transmittans değeri ve antimikrobiyal aktivite analizleri yapıldı. Bu çalışmalar sonucunda yöntem A'da elde edilen film örneklerinde kalınlık değerleri $0,163\pm0,005$ - $0,277\pm0,016$ mm değerleri arasında, suda çözünürlük değeri %91,78-%95,47 aralığında, uzama katsayısı %67,94 $\pm$ 0,29 ve %59,14 $\pm$ 2,35 aralığında, çekme dayanımı ise $0,64\pm0,01$ MPa ile $0,34\pm0,01$ MPa aralığında bulundu. Bu yöntemle elde edilen filmlerin 120 saat sonunda tamamen bozunduğu belirlendi. Su buharı geçirgenliği ise $0,02$ gmmh⁻¹cm⁻²Pa⁻¹x10⁻⁶ ve $2,41$ gmmh⁻¹cm⁻²Pa⁻¹x10⁻⁶ aralığında bulundu. Yöntem B'den elde edilen film örneklerinde kalınlık $0,162\pm0,001$ - $0,225\pm0,004$ mm aralığında bulundu. Işkın ilavesinin kalınlığı bir miktar arttırdığı görüldü. Suda çözünürlük değerleri %81,08-%88,96 aralığında bulundu. Uzama katsayısı %88,33 $\pm$ 11,82 ve %52,07 $\pm$ 0,84 aralığında çekme dayanımı ise $2,17\pm0,189$ MPa ile $1,16\pm0,011$ MPa aralığında bulundu. Yöntem B kapsamında 30 gün boyunca 5 günlük aralıklarla yapılan analizler neticesinde elde edilen filmlerin 30 gün sonunda %78,33 $\pm$ 0,96-%97,79 $\pm$ 3,13'lük aralığında bir bozunma sağladığı tespit edildi. Su buharı geçirgenliği $0,02$ gmmh⁻¹cm⁻²Pa⁻¹x10⁻⁶ ile $3,2$ gmmh⁻¹cm⁻²Pa⁻¹x10⁻⁶ aralığında tespit edildi. Her iki yöntemle elde edilen filmlerin sarı-yeşil tona sahip olduğu, ışkın ile film iskeletlerinin herhangi bir kimyasal etkileşime girmediği, dahası ışkın ilavesinin antioksidan özelliğini arttırdığı tespit edildi. Ancak film örneklerinin *Staphylococcus aureus* ve *Salmonella paratyphi* üzerinde antimikrobiyal özellik sergilemediği belirlendi. Yöntem A'da PK- %2JN örneği üretildikten sonra en ideal film örneği olarak değerlendirilirken, yöntem B'de KK-%0,5I filminin en ideal örnek olduğuna sonucuna varıldı. Oluşturulan filmlerin bir sonraki aşamada gıdalarda kullanımı üzerine araştırmalarının yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Işkın, jelatin, kitosan, nişasta, soya lesitini, yenilebilir film

ABSTRACT

MS THESIS

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF EDIBLE FILM CONTAINING IŞKIN (*Rheum ribes* L.)

Esra PEKDOĞAN

The Graduate School of Natural and Applied Science of Siirt University
The Degree of Master of Science
In Food Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Ebru AKKEMİK

Co-Supervisor : Asst. Prof. Dr. Bülent HALLAÇ

2021, 93+X Pages

In this study, the production and characterization of twelve edible films containing ışkın were made. Two completely different methods were used for this purpose. In method A, ışkın samples were added to the starch-based films as a puree. In method B, ışkın obtained by freeze-drying method were added to chitosan-based films in varying proportions (0.5%, 1%, 1.5%, and 2%). In the film samples obtained that film thickness, water vapor permeability, tensile strength and elongation coefficient, color properties, antioxidant activity (FRAP, DPPH, and ABTS), FT-IR, SEM, thermal gravimetric analysis (TGA), biodegradability, water-solubility, absorbance, transmittance value, and antimicrobial activity analyzes were performed. As a result of these studies, the thickness values of the film samples obtained in method A are between 0.163 ± 0.005 - 0.277 ± 0.016 mm, the water solubility value is in the range of 91.78%-95.47%, the elongation coefficient is $67.94 \pm 0.29\%$ and $59.14\% \pm 2.35\%$, tensile strength between 0.64 ± 0.01 MPa and 0.34 ± 0.01 MPa. It was determined that the films obtained by this method completely deteriorated after 120 hours. Water vapor permeability was found between $0.02 \text{ gmmh}^{-1}\text{cm}^{-2}\text{Pa}^{-1} \times 10^{-6}$ and $2.41 \text{ gmmh}^{-1}\text{cm}^{-2}\text{Pa}^{-1} \times 10^{-6}$. The thickness of the film samples obtained from method B was found in the range of 0.162 ± 0.001 - 0.225 ± 0.004 mm. It was observed that the addition of ışkın increased the thickness slightly. Solubility values in water were found between 81.08% and 88.96%. The elongation coefficient was found between $88.33 \pm 11.82\%$ and $52.07 \pm 0.84\%$, and the tensile strength between 2.17 ± 0.189 MPa and 1.16 ± 0.011 MPa. As a result of the analyzes performed at 5-day intervals for 30 days within the scope of method B, it was determined that the films obtained at the end of 30 days provided a degradation in the range of $78.33 \pm 0.96\%$ - $97.79 \pm 3.13\%$. Water vapor permeability was determined between $0.02 \text{ gmmh}^{-1}\text{cm}^{-2}\text{Pa}^{-1} \times 10^{-6}$ and $3.2 \text{ gmmh}^{-1}\text{cm}^{-2}\text{Pa}^{-1} \times 10^{-6}$. It was determined that the films obtained by both methods had a yellow-green shade, ışkın and the film skeletons did not interact with any chemical bond, moreover, the addition of ışkın increased the antioxidant properties. However, it was determined that the film samples did not exhibit antimicrobial properties on *Staphylococcus aureus* and *Salmonella paratyphi*. After producing PK-2%-JN sample in method A, it was evaluated as the most ideal film sample, while in method B, KK-0.5% film was decided to be the ideal sample. It is thought that research should be done on the use of the films tried on foods in the next stage.

Anahtar Kelimeler: Chitosan, edible film, gelatin, ışkın, soy lecithin, starch,

1. GİRİŞ

Dünya genelinde her geçen gün ambalaj kullanımı artmaktadır. Ambalaj kullanımının beraberinde getirdiği en büyük problemlerin başında çevre kirliliği gelir. Çevre kirliliği ile başedebilmek adına birçok ülke geri dönüşümü kolay veya biyoyararlı ambalajlar kullanmaya başlamış hatta çeşitli teşvik yöntemleri ve bilinçlendirme çalışmaları ile bu yöndeki rağbeti arttırmayı hedeflemişlerdir. Ülkemizde Çevre ve Şehircilik Bakanlığının son verileri incelendiğinde (Tablo 1.1) piyasaya sürülen 4,183,309 ton ambalajın yaklaşık sadece %60'lık kısmının geri dönüşümünün sağlandığı tespit edilmiştir (Anonim, 2018). Dünyanın tamamında yıllık 200 milyon tondan fazla plastik kullanılır. Bu rakam petrol türevlerinin içinde yaklaşık %5'lik bir oranla en yüksek kullanıma sahip alandır (Siracusa ve ark., 2008). Bunun en önemli sebeplerinin başında biyobozunur ambalaj kullanımının tercih edilmemesi gelirken bir diğer sebebi ise bilinçsiz tüketicilerin geri dönüşüm olanağına sahip malzemeleri doğru sınıflandıramaması ve doğru depolayamamasıdır. Daha temiz ve yaşanılabilir bir dünya için bu oranların %100'e yaklaşması gerekmektedir.

Tablo 1.1. Ambalaj ve ambalaj atıkları istatistikleri (Anonim, 2018).

Cinsi	Üretilen Ambalaj (ton)	Piyasaya Sürülen (Ton)	Geri Kazanılan (ton)	Gerçekleşen Geri Kazanım Oranı (%)
PLASTİK	2,244,973	1,244,065	501,455	40
METAL	261,187	148,112	73,507	50
KOMPOZİT	138,282	90,668	74,095	82
KÂĞIT ve KARTON	2,979,101	1,530,578	1,568,855	103
CAM	1,025,533	696,176	212,701	31
AHŞAP	436,442	473,710	100,051	21

Ambalaj olarak daha çok dünya çapında plastik (petrol bazlı polimer) ve metal gibi doğada kaybolması çok uzun yıllar alan ve çevreyi kirleten materyaller kullanılmaktadır. Bununla birlikte gıdayı üretmek kadar uzun süre koruyabilmekte çok önemlidir. Ambalajlama sanayisinde son senelerde çağa paralel, yüksek bariyer özellikli ve şu an kullanılan ambalajlardan farklı avantajlar da sağlayan ambalaj malzemeleri üzerine çalışmaktadır. Şu an en revaçta olan ise biyopolimer bazlı olan yenilebilir film ve kaplamalardır (Tural ve ark., 2017).

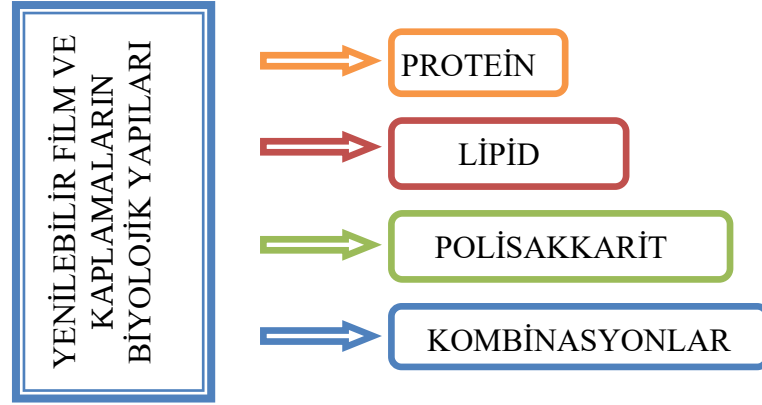
Yenilebilir film ve kaplamalar yeni bir konu olduğu düşünülse de tarihi 13. yüzyıllara kadar dayanmaktadır. İlk uygulamaların Çin'de portakal, limon gibi gıdalar üzerine sürülen mum kaplamalar olduğu düşünülmektedir. O günden günümüze

yenilebilir film ve kaplamalar pek çok çalışmaya konu olmuştur. Çin'nin ardından film ve kaplamalar Avrupa'da nem bariyeri olma ve su kaybını azaltma özellikleri amacıyla çeşitli gıdaların kaplanması için kullanılmıştır. Bunun yanı sıra filmler ve kaplamalar gıdaya parlaklık vererek estetik özelliklerinin artırılması sebebiyle de tercih edilmiştir (Uçan ve Mercimek, 2013). *"Yenilebilir film ve kaplamalar: Gıdanın üzerine veya arasına çeşitli yöntemlerle ince bir tabaka halinde kaplanan biyopolimer materyallerdir"* (Debeaufort ve ark., 1998). Bu materyaller doğal, geri dönüştürülebilir, çevreyi kirletmeyen ve gıda olarak alınmayıp doğaya bırakıldığında doğada kısa sürede kaybolan biyobozunur maddeler olarak kabul edilir (Candan ve Bağdatlı, 2018).

Gıdalarda yapılan birçok işlemin temel nedeni kimyasal, mikrobiyolojik ve enzimatik tehlikelere karşı gıdayı koruyabilmektir. Bu uygulamaların bir diğer amacı ise gıdanın raf ömrünü arttırarak gıda israfının ve ekonomik kayıpların önüne geçmeye çalışmaktır (Cemeroğlu, 2013). Yenilebilir ambalajlar gıdaya uygun hazırlandığında diğer ambalaj materyallerinin bütün fonksiyonlarını yerine getirebilir. Yenilebilir ambalajların asıl üretim amacı sentetik ambalaj materyalleri yerine doğal bir ambalaj malzemesi üretmektir (Doğan, 2013). Gıda ile tüketilmez ve doğaya bırakılırsa doğada kolayca ve hızla kaybolmaktadır. Bununla birlikte hammadde maliyeti genel olarak düşüktür ve çeşitli antimikrobiyal, antioksidan, protein, renk maddeleri eklenerek kaplandığı gıdanın fonksiyonel özelliklerini arttırabilirler (Debeaufort ve ark., 1998; Yıldız ve Yangılar, 2016).

Yenilebilir film ve kaplamalar gıda olarak kullanılan biyopolimerlerden ve gıda saflığında katkı maddelerinden üretilmektedir. Yenilebilir film ve kaplamalar biyolojik yapılarına göre genel itibarıyla 4'e ayrılmaktadır (Şekil 1.1).

Bunlar:



Şekil 1. 1. Yenilebilir film ve kaplamaların biyolojik yapıları (Debeaufort ve ark., 1998; Yıldız ve Yangılar, 2016)

Protein yapılı yenilebilir film ve kaplamalar hidrofilik yapıdadırlar nem bariyerleri düşük, gaz bariyerleri ise yüksektir. Mısır zeini, buğday gluteni, kolajen, jelatin, soya proteini, peynir altı suyu proteini gibi protein yapılı maddelerden üretilir (Debeaufort ve ark., 1998).

Mısır zeini mısır içinde bulunan bir suda çözünmeyen bir çeşit proteindir. Zein gıda ile dışardan alınması gereken aminoasitlerden glutamik asit, lösin, prolin, alanin yönünden zengindir (Shukla ve Cheryan, 2001). Zeinin film oluşturma özelliği yüksektir aynı zamanda parlak, dayanıklı, hidrofobik ve yağ geçirmez kaplamalar oluşturmaları nedeniyle de tercih edilir (Shukla ve Cheryan, 2001; Yüksel ve ark. 2020). Zeinin gıdalarda kullanımı güvenli olarak kabul edilir (Mecitoğlu Güçbilmez, 2014).

Buğday gluteni ise glutenin yapışkanlığı, elastikiyet özellikleri sebebiyle iyi bir film oluşturduğu görülmüştür. Buğday gluteninde esnekliği ve mukavemet yapısını arttırmak için plastikleştirici kullanılmasının faydalı olacağı bildirilmiştir. Plastikleştirici birlikte normalde yüksek olan nem bariyeri özelliği de daha da artmış olacaktır (Yüksel ve ark., 2020).

Bir diğer protein yapılı film ve kaplama maddesi ise jelatindir. Jelatin sığır, domuz gibi hayvanların beyaz lifli bağ dokularındaki kolajenden elde edilen bir hidrokolloiddir. Kolajenin ve ondan elde edilen jelatinin protein oranı çok yüksektir. Memelilerin vücudunda en yaygın bulunan protein kolajendir. Jelatinin yapısı %51 karbon, %25 oksijen, %17 azot ve %7 hidrojen moleküllerinden oluşmaktadır. Jelatin %85-92 protein geri kalanını ise su ve mineraller oluşturmaktadır (Boran, 2011). Bununla birlikte özellikle sporcu gıdalarında, obezite ve şeker hastalığına için üretilen

gıdalara katılmaktadır. Çünkü düşük kalorisi, şeker içeriğinin çok düşük, protein içeriğinin yüksek olması jelatini bu insan grupları için eşsiz kılmaktadır (Mokrejs ve ark., 2009).

Jelatin doğal protein yapılı bir ürün olduğundan dolayı Avrupa Birliği Gıda kodeksinde ya da Türk Gıda Kodeksinde katkı maddesi olarak kabul edilmez. Bundan dolayı gıda katkı maddelerine verilen E kodu jelatine verilmemiştir (Eker ve İçöz, 2014). Kolajen yüksek miktarda glisin, prolin ve hidroksiprolin içerir (Rottensteiner ve ark., 2014). Kolajeni diğer proteinlerden ayıran en önemli özelliği %12 prolin ve %9 oranında hidroksiprolin içermesidir ki diğer proteinlerde bu aminoasitler çok daha az görülmektedir. Kolajen içeren dokulara seyreltik asit veya bazla muamele edilerek jelatin oluşturulmaktadır (Boran, 2011). Jelatin ve kolajen özellikle gıda endüstrisinde jelleştirici, kıvam artırıcı, su bağlayıcı, emülsifiye edici, köpük engelleyici ve film oluşturucu olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda ambalaj materyali olarak kullanımı üzerine araştırmalar yoğunlaşmıştır (Ayana ve Turhan, 2010).

Soya proteini ise hidrofil yapılı bir film maddesidir. Bundan dolayı gaz bariyeri özelliği nem bariyeri özelliğine göre daha yüksektir. Soya proteini %1'den az yağ ve %40-60 arası protein içerir (Park ve Zhao, 2004). Tek başına film maddesi olarak genellikle kullanılmaz plastikleştiricilerle birlikte kullanımı daha yaygındır. Plastikleştiricilerle birlikte kullanılarak su buharı geçirgenliği azaltılır (Sharma ve ark., 2019).

Peynir altı suyu proteini ise sütten elde edilir ve sütteki proteinin %80'ine karşılık gelmektedir. Fonksiyonel özellikleri nedeniyle film yapıcı olarak kullanımı önemlidir (Lin ve Zhao, 2007). Peynir altı suyu proteininin doğru işlenmesiyle mukavemeti yüksek ve şeffaf filmler elde edilir. Aynı zamanda peynir altı suyu proteini hidrofilliktir bu sebepten nem bariyeri özellikleri çok iyi değildir. İyi bir nem koruyucu olmadığından genel olarak plastikleştirici ilavesi ile kullanılmaktadır (Yerlikaya ve ark., 2019).

Lipit yapılı yenilebilir film ve kaplamalar: Hidrofobik yapıdadırlar bu yapı sayesinde nem bariyerleri oldukça yüksek gaz bariyerleri ise düşüktür. Balmumu, çeşitli hayvansal ve bitkisel yağlar, serbest yağ asitleri, lesitin, çeşitli ağaç reçineleri gibi lipit yapılı maddelerden üretilir (Candan ve Bağdatlı, 2018).

Lipit yapılı balmumu uzun yıllardır meyve ve sebze kaplamalarında kullanılmaktadır. Fakat balmumu düşük polarite sebebiyle stabil değildir. Balmumu kaplamalardan en çok bilineni ise parafindir. Balmumları yüksek gaz ve nem

bariyeridir. Balmumların kullanım özelliklerinden en önemlisi kullanılan gıdanın yüzeyini düzgün ve parlak göstermesidir (Lin ve Zhao, 2007; Serrano ve ark., 2015).

Serbest yağ asitleri ise monoglisericit, diglisericit, triglisericit olmak üzere 3'e ayrılır. Serbest yağ asitlerinin doymamışlık derecesine göre ya da karbon zincir uzunluktaki azalmayla su buharı geçirgenliğinde artmaya neden olur. Yağ asitleri, yağ alkolleri ve sükkroz yağ asidi esterler lipit kaplamalar olarak kullanılabilir (Janjarasskul ve Krochta, 2010).

Lipit yapılu bir diğerk film maddesi ise reçinelerdir. Reçineler şellak, terpen reçinesi odun reçineleri gibi yenilebilir reçinelerden oluşur. Reçine gıda ürünlerine parlaklık kazandırmak için kullanılır. Reçineler organik çözücülerde ve alkali çözeltilerde çözünür. Reçineler genel olarak şekerleme ve taze ürünler için yenilebilir kaplama olarak ve enterik kaplama olarak ilaçlarda kullanılabilir (Baldwin ve ark., 1995).

Lesitin ilaç, gıda, kozmetik, yem gibi birçok sanayi kolunda kullanılan önemli emülgatörlerdir. Lesitin; yumurta sarısı, keten tohumu, pamuk, mısır özü, ayçiçeğı tohumu, kolza tohumu ve soya fasulyesi gibi çeşitli yağlı tohumlardan elde edilebilir. Fakat lesitinlerin en önemli hammaddesi soya fasulyesidir. Soya fasulyesinin lesitin üretiminde yaygın kullanım sebebi ise kolay bulunabilmeleri, mükemmel emülsifiye edici özellikleri, renk ve tat özelliklerinden dolayıdır (Van Nieuwenhuyzen, 1976).

Lesitin metalleri inaktive ederek oksidasyonu engelleyici olarak görev yapar. Lesitinin antioksidan etkisi yağ asidi içermesinden ve havadaki oksijeni bağlayabilmesinden gelmektedir (Çakmakçı ve Çelik, 1994). Lesitin fazla kolesterolü karaciğere taşıyarak fazlasının vücuttan atılmasını sağlar böylece vücuttaki kolesterolü dengeler (Üçok ve ark., 2010). Lesitin yapısında düşük su içerir ve su aktivitesi de azdır. Bundan dolayı katıldığı gıdaya mikrobiyal açıdan katkı sağlamaktadır (Van Nieuwenhuyzen, 1976).

Polisakkarit yapılu yenilebilir film ve kaplamalar hidrofilik yapıdadırlar nem bariyerleri düşük gaz bariyerleri ise yüksektir. Nişasta, kitin, kitosan, selüloz, gıamlar, pektinler gibi polisakkarit yapılu maddelerden üretilmiştir (Yüksel ve ark., 2020).

Nişasta bitkilerde doğal olarak üretilen bir depo karbonhidrattır. Nişasta α -D-glukoz'un sınıflarından olan amiloz ve amilopektin adı verilen iki tip yapıdan oluşmuştur (Özdemir ve Ramazanoğlu, 2019). Nişastanın tamamı amilaz enzimleri tarafından sindirme uğramaz ve ince bağırsakta emilimi yapılmaz. Bu yapısından dolayı kandaki şeker seviyesini kontrol eder, kolestrol, diyabet, kolon kanseri

engellenmesinde, mide-bağırsak sağlığında pozitif etkiler oluşturur (Zhu ve ark., 2013). Aynı zamanda yüksek oranda diyet lif içeren nişasta, sağlıklı beslenmede lif kaynağı olarak kullanılabilir (Demireken ve Gül, 2016).

Nişasta granülleri suda çözünmezler suyu absorbe ederek şişerler. Nişastanın suyu absorbe edebilme yeteneği içeriğinde bulunan çok sayıda hidroksil grubundan ileri gelmektedir. Nişasta su içine atıldığında 56°C üstünde hidrojen bağları zayıflar ve granül boyutu öncekinin birkaç katı üstüne çıkar, meydana gelen olaya **jelatinizasyon** denir. Granüller nemi absorbe ettikçe çözelti berrak bir renge ulaşır ve viskozite artar (Gönül, 1978). Nişastanın tekstil, kâğıt, ilaç, boya, kozmetik sanayi ve gıda sanayi gibi birçok sektörde kullanımı oldukça yaygındır. Yaygın olarak kullanılma sebebi ise tatsız ve kokusuz olması, doğal kaynaklardan elde edilmesi, katıldığı ürünün yapısını neredeyse hiç değiştirmemesi, viskozite özellikleri, akış özellikleri, jel direnci ve akma özellikleridir (Gönül, 1978; Demireken ve Gül, 2016).

Kitin selülozdan sonra dünyada en fazla olarak bulunan doğal biyopolimer olarak bilinir (Kurt ve Zorba, 2005). Kitinin deasetilasyonu ile kitosan oluşmaktadır. Kitosan tatsız, kokusuz ve beyaz renkte bir polimer olup çöktürme, film oluşturma, nem bariyeri, topaklanma önleyici, dolgu maddesi, antimikrobiyal etki, enzim immobilizasyonu, gibi birçok işleve sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı gıda, ilaç, kozmetik, boya, ziraat endüstrilerinde sıkça kullanılır (Illum, 1998).

Sindirim enzimleri tarafından parçalanmaması, su bağlaması ve jel oluşturmaları nedeniyle diyet liflerine benzer özellikler göstermektedir. Çalışmalarda kitosanın sindirim faaliyetlerini düzenlemede etkili olduğu, LDL'yi düşürüp HDL'yi yükselttiği, kan basıncını düzenlendiği, kilo kaybında etkili olduğunu ve karaciğer fonksiyonlarının düzenlenmesinde etkili olduğu gözlenmiştir (Bostan ve ark., 2007). Aynı zamanda antimikrobiyal etkisi üzerine de çalışmalar yapılmıştır ve birçok mikroorganizma üzerine inhibe edici etkisi gözlenmiştir. Örneğin kitosanın %0,1-%1,5 aralığında birçok mikroorganizmaya etki ettiği ifade edilmiştir, bunlardan bir kısmı şunlardır; *S. aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *S. typhimurium* ve *Vibrio parahaemolyticus*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus megaterium*, *B. cereus*, *Lactobacillus plantarum*, *L. brevis* ve *L. bulgaricus*. Bu mikroorganizmaların bir kısmının çoğalmasını engellerken bir kısmı üzerinde ise inhibe edici etki sağlamıştır (Bostan ve ark., 2007; Kurt ve Zorba, 2005).

Kitosanın gıda sektöründe birçok amaçla kullanımı oldukça yaygındır. Su, boya ve yağ gibi maddeleri bağlayarak kuvvetli ve kolay bozulmayan emülsiyonlar oluşturur.

Bu nedenle gıda sektöründe emülsiyon oluşturuıcı olarak kullanılır. Yenilebilir film uygulamalarında taze sebze ve meyvelerde, işlenmiş etlerde koruyucu film olarak kullanımı denenmiştir (Uçan ve Mercimek., 2013).

Bitkilerin depo karbonhidratı olan selüloz genel olarak film yapıcı özelliğiyle bilinir. Film yapımında kullanılan 4 farklı selüloz çeşidi vardır. Bunlar hidroksipropil selüloz (E463; HPC), hidroksipropil metilselüloz (E464; HPMC), karboksimetilselüloz (E466; CMC) ve metil selüloz (E461; MC). Selüloz türevleri termo-jelleşme sergiler. Bu nedenle, süspansiyonlar ısıtıldığında jel oluşturur, soğutulduklarında ise orijinal tutarlılıkları korurlar (Murray, 2000). Hidrofiliktir ve nem bariyeri özelliği iyi değildir. Aynı zamanda mekanik özellikleri de zayıftır. Bu sebeplerden dolayı plastikleştiricilerle kombine edilerek kullanılması önerilir (Dhanapal ve ark., 2012).

Gamlar film yapma prosesinde genelde tekstür düzenleyici özelliği için kullanılır. Film yapma prosesinde kullanılan gamlar 3 çeşittir; Arap gamı, ksantan gam, guar gamdır. Guar gam su tutma ve viskozite arttırmak için kullanılır. Arap gamı hem sıcak hem soğuk suda çözünür ve gamlar arasında en az viskoz olandır. Ksantan gam ise hem sıcak hem soğuk suda kolaylıkla çözünür ve kıvam alması kolaydır. Gamların nem bariyeri özellikleri gelişmiştir. Esnekliklerini artırmak palstikleştirici kullanılabilir (Dhanapal ve ark., 2012).

Polisakkarit yapılı bir diğer film yapıcı pektin ise meyve ve sebzelerde bulunan çoğunlukla turunçgil kabuğundan ve elma posasında elde edilen asidik karakterli polisakkaritlerdir (Dhanapal ve ark., 2012). Yüksek metoksilli ve düşük metoksilli pektin olmak üzere ikiye ayrılır. Yüksek metoksilli pektinin oluşturduğu film düşük metoksilli filme göre özelliklerinin daha iyi olduğu bilinir. Turunçgillerden elde edilen pektin ve amilaz nişastası kombine edilerek kullanılırsa 180°C sıcaklığa kadar filmin stabil kaldığı görülmüştür (Hassan ve ark., 2018).

Kombinasyonlar ise kaplanacak gıdanın yapısına bağlı olarak bu maddelerin iki veya daha fazlasının kombine olarak kullanılmasıdır. Tek materyalle yeterli etki sağlanamadığı durumlarda birden çok materyal kullanılarak ürünün fonksiyonel özellikleri artırılır (Krochta ve Mulder-Johnston, 1997). Örneğin polisakkarit ve protein bazlı yenilebilir filmler, genellikle etkili gaz bariyerleridir ve orta derecede mekanik özellikleri vardır. Bununla birlikte proteinler ve polisakkaritler suya duyarlıdır ve zayıf nem bariyeridir. Hidrofobik karakterli lipidler ise neme karşı etkilidir. Bu materyaller birleştirilerek nem ve gaz bariyeri özelliklerini geliştirilirken esneklik özellikleri de artar (Gontard ve ark., 1994).

Yukarıda Şekil 1.1.'de sayılan biyolojik yapılar dışında filmin fonksiyonel özelliklerini arttırmak için filmin doğal özelliklerini bozmadan çeşitli biyoaktif maddeler katılabilmektedir. Bunlar; probiyotik mikroorganizmalar, mayalar, uçucu yağlar, baharatlar, bitki ekstraktları, (yeşil çay, biberiye, adaçayı vb.), doğal antioksidanlar (askorbik asit, laktik asit, malik asit, α -Tocopherol, propiyonik asit vb.), enzimler, meyve-sebze püreleri ve bitki püreleri olarak ifade edilmektedir (Elsabee ve Abdou, 2013; Tavassoli-Kafrani ve ark., 2016).

Tez kapsamında üretilcek filmlere ışkın bitkisi ilave edilecektir. Işkın (yabani ravent; *Rheum ribes* L.) *Polygonaceae* familyasına ait çok yıllık otsu bir bitki olan ışkının (*Rheum ribes* L.) anavatanı İran'ın Turan bölgesidir. Aynı zamanda Irak, Lübnan, Filistin ile ülkemizin doğu bölgelerinde kendiliğinden yetişmektedir (Fazli-Bazaz ve ark., 2005). Işkın bölgede yabani ravent, ışgın, uçkun, yayla muzı gibi isimlerle de tanınmaktadır (Taşkın ve Bulut, 2019). Boyu 150 cm'e kadar ulaşabilen ışkın yeşil renkli yapraksız gövdeli bir bitkidir. pH 3,56 olduğu için düşük pH nedeniyle ekşi bir tada sahiptir (Meral, 2017). Işkın bitkisinin 100 g'da 20,4 mg askorbik asit, 2,25 g protein, 0,24 g yağ, 1,15 g kül, 25,1 mg fosfor, 114,4 mg potasyum, 60,3 mg kalsiyum, 24,6 mg sodyum içerdiği ifade edilmiştir (Alan ve Padem, 1989; Tuncer ve Günsan, 2017). Bununla birlikte ışkında krizofanol, fiskiyon ve emodol antrakinonlarıyla, kuersetin, 5-dezoksikuersetin, kuersetin 3-O-ramnozit, kuersetin 3-O-galaktozit ve kuersetin 3-O-rutinozit flavonoidleri bulunduğu araştırmalarda kanıtlanmıştır (Tosun ve Akyüz Kızılay, 2003).

Çalışmalar da bulunan sonuçlar ışkının yüksek miktarda fenolik madde içeriğine sahip olduğunu göstermiştir. Yüksek fenolik madde içeriği dolayısıyla serbest radikalleri yüksek oranda bağladığı görülmüş ve antioksidan özellikleri nedeniyle fonksiyonel gıda olarak kullanılabileceği kanıtlanmıştır (Meral, 2017). Ayrıca *Bacillus subtilis* ve *Enterobacteria erogenes*'e (Alan ve ark., 2012) *Staphylococcus aureus* (Alaadin ve ark., 2007) *P. aeruginosa* ve *Proteus* spp. mikroorganizmalarına karşı inhibe etkisi olduğu belirlenmiştir.

Işkın zengin bir A, B, C ve E vitaminleri kaynağıdır (Fazli-bazaz ve ark., 2005). Dahası ışkının değişen oranlarda gallik asit (34,5-353,5; mg/100 g); p-kumarik asit (0-6,9 mg/100 g); ferulik asit (24,1-52,6 mg/100 g); o-R. kumarik asit (0-447 mg/100 g); phloridizin (6,6-71,7 mg/100 g); rutin (68,8-163,8 mg/100 g); pirokateuik asit (1,8-2,8 mg/100 g); kuersetin (0-1,9 mg/100 g) ve kafeik asit (0-40,7 mg/100 g) içerdiği ifade edilmiştir (Naemi ve ark., 2014).

Işkın bitkisi İran'da müşhil ilacı ve anti-psoriatik bir ilaç olarak da kullanılmaktadır (Shokravi ve ark., 1997). Ülkemizde ise tüketilen yörelerde mide rahatsızlıkları, sindirimi kolaylaştırıcı, hemoroidi önleme, diyabet tedavisi için kullanılmaktadır. Ayrıca bitkinin bazı bölümleri kızamık, çiçek hastalığı, safra söktürücü gibi hastalıklarda da kullanılır. Kökleri çıkartılıp kurutulduktan sonra yapılan ışkın çayı ise yüksek şekerin düşmesini sağlar kandaki şeker oranını dengeler. Elâzığ bölgesinde şap hastalığının tedavisinde kullanılır (Yerlikaya, 2002; Tosun ve Akyüz Kızılay, 2003; Yıldız, 2014).



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Tez çalışması kapsamında film kalınlığı, su buharı geçirgenliği, çekme dayanımı ve uzama katsayısı, filmin renk özellikleri, antioksidan aktivite, FT-IR, SEM, termal gravimetrik analiz (TGA), biyobozunurluk, suda çözünürlük, absorbands, transmittans değeri ve antimikrobiyal aktivite analizleri yapılmıştır. Bu analizlerle alakalı literatür taranmış veriler aşağıda özetlenmiştir.

Yenilebilir filmlerde yapılan kalınlık analizlerinde birçok sonuca ulaşılmıştır. Bunlar Kodal (2008)'in yaptığı soya bazlı antioksidan kekik yağı katkılı yenilebilir filmlerde kalınlık kekik yağı katılmayan örnekte 0,238 mm, çeşitli nitelikte kekik yağı katılan örneklerde ise sırasıyla 0,248 mm, 0,260 mm ve 0,262 mm olarak bulunmuştur.

Kurt (2013)'ün salep glukomannanından yaptığı yenilebilir filmlerde kalınlık sırasıyla 0,243 mm, 0,280 mm, 0,320 mm ve 0,330 mm değerlerinde bulunmuştur. Ballesteros ve ark. (2018)'nin yaptığı kahve polisakkaritleri ile zenginleştirilmiş karboksimetilselüloz filmlerde film kalınlığı kontrol örneğinde 0,070 mm iken çeşitli kahve polisakkaritleri katılmış örneklerde ise 0,068-0,078 mm arasında değişmektedir. Ravishankar ve ark. (2009)'un elma nişastası bazlı filmi çeşitli bitki antimikrobiyalleri ile zenginleştirdiği çalışmada kontrol örneğinin kalınlığı 0,131 mm bulunurken %0,5, %1 ve %3 oranlarında carvacrol maddesi eklenen filmlerin sırasıyla 0,126 mm, 0,127 mm, 0,130 mm bulunmuştur. Ayrıca %0,5, %1 ve %3 oranlarında sinnemaldehit katılan örneklerde ise kalınlık sırasıyla 0,126 mm, 0,125 mm ve 0,134 mm bulunmuştur (Ravishankar ve ark., 2009).

Tulamandi ve ark. (2016)'nın soya, papaya ilaveli nişasta, jelatin, soya protein bazlı filmler yapılmıştır. Üretilen filmlerde kontrol örneği 0,119 mm bulunurken %1, %2 ve %3 oranlarında jelatin eklenmiş filmlerin kalınlığı sırasıyla 0,119 mm, 0,118 mm ve 0,121 mm olarak bulunmuştur. Aynı çalışmada papaya ve jelatine %4 oranında soya proteini eklenmiştir. Bu filmlerin kalınlıkları sırasıyla 0,119 mm, 0,121 mm ve 0,119 mm bulunmuştur (Tulamandi ve ark., 2016). Valenzuela ve ark. (2013)'ün yaptığı kinoa proteini, kitosan ve ayçiçek yağı karışımından oluşan filmler örneklerinin kalınlıkları $0,051 \pm 0,001$, $0,110 \pm 0,009$, $0,111 \pm 0,010$ ve $0,126 \pm 0,008$ mm olarak rapor etmişlerdir.

Yenilebilir filmlerde yapılan bir diğer analiz su buharı geçirgenliğidir. Memiş (2017)'nin yaptığı çemen tohumu bazlı nanokil katkılı filmlerde su buharı geçirgenliği kontrol örneğinde $0,144 \pm 0,002$ g mm h⁻¹m⁻²kPa⁻¹ bulunmuştur. Çeşitli oranlarda nanokil katılmış örneklerde ise $0,137 \pm 0,020$ g mm h⁻¹m⁻²kPa⁻¹ ile $0,198 \pm 0,022$ gmmh⁻¹m⁻²kPa⁻¹

arasında değerler bulunmuştur. Bu değerler de göstermektedir nanokil eklenmesi su buharı geçirgenliğinde istatistiksel olarak bir farka sebep olmamıştır (Memiş, 2017).

Kalkan ve ark. (2019) ıskın (*Rheum ribes* L.) katkılı metiselüloz film üretilen çalışmada film örneklerinin su buharı geçirgenliğine bakıldığında kontrol örneğinde, %0,5, %1, %1,5 ve %2 oranlarında ıskın ilaveli örneklerde sırasıyla " $2,6\pm0,0$, $2,6\pm0,1$, $2,6\pm0,0$, $2,2\pm0,0$, $2,0\pm0,0$ 10^{-6} g.m⁻¹.s⁻¹.Pa⁻¹ olarak bulunmuştur. Sonuç olarak en yüksek su buharı geçirgenliği %2 ıskın ilaveli örnekte olduğu görülmüştür. Bunlara ek olarak filmlerin su buharı geçirgenliği arasında çok büyük farklar görülmemiştir (Kalkan ve ark., 2019)

Tulamandi ve ark. (2016)'nın yaptıkları çalışmada papaya ve yağsız soya proteini katkılı jelatin film yapılmış papaya püresinde su buharı geçirgenliği $8,45\pm0,67$ g mmkPa⁻¹h⁻¹m⁻² olarak bulunmuştur. Papaya eklenmiş çeşitli jelatin ve soya protein filmlerde ise $5,55\pm0,49$ kPa⁻¹h⁻¹m⁻² ile $7,80\pm0,43$ kPa⁻¹h⁻¹m⁻² arasında bulunmuştur. En düşük su buharı geçirgenliği ise %3 jelatin, %4 soya proteini ve papaya püresi içeren örnektedir (Tulamandi ve ark., 2016).

Filmlerin kopma anındaki uzama katsayısı (%E), çekme dayanımı (TS) analizleri çeşitli çalışmalarda yapılmıştır. Kalkan (2014)'ün yaptığı farklı antimikrobiyaller ilave edilmiş nisin katkılı metil selüloz filmlerde %E değeri en yüksek kontrol örneğinde $59,304\pm0,615$ bulunmuştur. En düşük ise kişniş ilaveli olup %E değeri $13,129\pm0,315$ bulunmuştur. TS değerleri incelendiğinde ise $6,009\pm0,347$ - $43,800\pm0,349$ MPa değerleri arasında olduğu görülmüştür. En yüksek değer yine kontrol değerindedir. Sonuçlara göre filme antimikrobiyal madde katılması filmin elastikiyetini azaltarak kırılgenliğini arttırmıştır böylece filmin dayanıklılığı da azalmıştır (Kalkan, 2014).

Tulamandi ve ark. (2016) yaptığı papaya püresi ilaveli çeşitli filmlerde TS değeri $5,21\pm0,10$ papaya püresi ilaveli nişasta bazlı kontrol örneğinde bulunmuştur. %1, %2, %3 oranlarında jelatin ilaveli papaya püresi, nişasta filmin TS değerleri sırasıyla $6,70\pm0,13$, $7,27\pm0,06$ ve $8,20\pm0,02$ MPa saptanmıştır. Papaya püresi nişasta bazlı filme soya proteini eklenince $5,13\pm0,09$ MPa bu filme %1, %2 ve %3 oranında jelatin eklenirse sırasıyla $6,18\pm0,05$ MPa, $6,31\pm 0,04$ MPa ve $6,80\pm0,08$ MPa olduğu raporlanmıştır. Bu değerlere göre soya proteinin ve papaya püresinin filmlerde çekme dayanımı azalttığı kırılgenliğini arttırdığı görülmüştür. Jelatin oranı arttıkça ise çekme dayanımının arttığı, kırılgenliğin azaldığı sonucuna varılabilir (Tulamandi ve ark., 2016).

Yenilebilir filmlerde yapılan renk analizlerinde ulaşılan bazı sonuçlar ise şöyledir. Memiş (2017)'nin yaptığı çemen otu gamı bazlı nano kil katkılı nanokompozit filmlerde renk değerleri kontrol örneğinde L^* değeri $71,26 \pm 0,44$, a^* değeri $8,62 \pm 0,11$, b^* değeri $25,62 \pm 0,51$ ΔE değeri ise $32,92 \pm 0,47$ bulunmuştur. Çeşitli oranlarda nano kil katılan örneklerde ise L^* değeri $70,09 \pm 0,99$ ile $74,59 \pm 0,12$ arasında a^* değeri $7,79 \pm 0,06$ ile $9,04 \pm 0,31$ arasında, b^* değeri $24,18 \pm 0,40$ ile $26,60 \pm 0,50$ arasında ΔE değeri ise $29,75 \pm 0,65$ ile $34,39 \pm 1,62$ arasında bulunmuştur (Memiş, 2017).

Akşehir (2013)'ün akdüt ve karaduttan pekmezleri ilaveli aljinat ve pektin bazlı farklı yenilebilir filmlerde akdüt ve aljinat filmlerin artan konsantrasyonlarda L^* değeri sırasıyla $85,45 \pm 4,67$, $87,78 \pm 2,94$ ve $89,67 \pm 1,66$, a^* değeri sırasıyla $-0,40 \pm 0,58$, $-1,07 \pm 0,07$ ve $-0,99 \pm 0,78$, b^* değeri sırasıyla $13,63 \pm 4,24$, $18,12 \pm 2,47$ ve $14,83 \pm 3,55$, filmlerin opaklık değeri ise artan konsantrasyonlarda sırasıyla $15,83 \pm 4,48$, $17,11 \pm 1,77$ ve $7,01 \pm 2,16$ olarak bulunmuştur. Çalışmanın devamında akdüt ve pektin filmlerde ise L^* değeri sırasıyla $85,15 \pm 3,28$, $81,35 \pm 5,36$ ve $80,85 \pm 3,76$, a^* değerleri sırasıyla $-1,32 \pm 0,28$, $-1,47 \pm 0,25$ ve $-1,72 \pm 0,73$, b^* değerleri sırasıyla $21,39 \pm 3,89$, $24,10 \pm 4,39$ ve $24,10 \pm 4,39$ opaklık değeri ise sırasıyla $2,51 \pm 2,83$, $1,95 \pm 0,35$ ve $1,30 \pm 0,46$ bulunmuştur. Karadut pekmezi ve aljinat filmlerde L^* değerleri sırasıyla $91,44 \pm 1,10$, $90,32 \pm 2,04$, 90 ve $56 \pm 0,89$, a^* değerleri sırasıyla $-0,55 \pm 0,10$, $-0,48 \pm 0,11$ ve $-0,29 \pm 0,08$ b^* değeri sırasıyla $10,29 \pm 0,88$, $10,07 \pm 2,80$ ve $8,70 \pm 0,52$ opaklık değeri ise sırasıyla $5,18 \pm 1,84$, $5,47 \pm 0,26$ ve $2,00 \pm 0,40$ bulunmuştur. Çalışmanın son kısmında ise karadut pekmezi ve pektin filmlerde ise L^* değerleri ise sırasıyla $79,37 \pm 3,93$, $76,06 \pm 7,36$ ve $73,34 \pm 2,81$, a^* değerleri sırasıyla $-0,76 \pm 0,04$, $-0,74 \pm 0,04$ ve $-1,35 \pm 0,05$, b^* değerleri ise $13,88 \pm 2,30$, $12,66 \pm 6,26$ ve $16,90 \pm 1,11$, opaklık $2,35 \pm 0,75$, $1,37 \pm 0,59$ ve $1,35 \pm 0,48$ olarak bulunmuştur (Akşehir, 2013).

Tulamandi ve ark. (2016)'nın yaptıkları papaya püresi ilaveli jelatin, nişasta, soya proteini bazlı çeşitli filmlerde renk değerleri kontrolün L^* değeri $76,30 \pm 0,66$, a^* değeri $0,81 \pm 0,07$, b^* değeri $3,53 \pm 0,05$ bulunmuştur. %1, %2 ve %3 oranlarında jelatin eklenmiş örneklerin L^* değerleri sırasıyla $78,22 \pm 0,27$, $82,62 \pm 0,45$ ve $84,62 \pm 0,15$, a^* değerleri sırasıyla $1,80 \pm 0,05$, $1,80 \pm 0,05$ ve $2,60 \pm 0,05$ b^* değerleri ise $3,16 \pm 0,05$, $2,71 \pm 0,04$ ve $2,22 \pm 0,04$ bulunmuştur. Papaya püresi ve soya proteini filmde L^* değeri $66,24 \pm 0,28$, a^* değeri $3,88 \pm 0,06$, b^* değeri ise $3,78 \pm 0,06$ bulunmuştur. Papaya püresi, %1, %2 ve %3 jelatin, soya protein kombine edilmiş örneklerde ise sırasıyla L^* değerleri $68,05 \pm 0,52$, $74,40 \pm 0,96$ ve $76,66 \pm 0,45$, a^* değerleri $3,45 \pm 0,06$, $3,23 \pm 0,05$ ve

2,64±0,09, b^* değerleri sırasıyla 4,17±0,05, 4,61 ±0,21 ve 4,69±0,04 olarak bulunmuştur (Tulamandi ve ark., 2016).

Memiş (2017)'nin yaptığı çalışmada çemen tohumu bazlı nanokil katkılı biyobozunur nanokompozit film üretilmiştir. Renk değerleri ölçümünde ise L^* değerlerinin 70,0'in üzerinde, a^* değerleri 7,79±0,06 ve 9,09±0,45 arasında değerleri arasında b^* 24,18±0,40 ve 26,60±0,50 arasında bulunmuştur (Memiş, 2017).

Yenilebilir film ve kaplamalarda yapılan antioksidan aktivite çalışmasında Kalkan ve ark. (2019)'un yaptığı çalışmada DPPH ile antioksidan aktivitesinin ölçülmesinde ise en yüksek antioksidan aktivite %2 ışıkn ilaveli örnekte %45,29 ile en yüksek değere ulaşmıştır. Apriyantil ve ark. (2018) çalışmasında yeşil çay ekstrakt ilaveli kitosan filmler ile çilekler kaplandığı çalışmada foline-ciocalteu ile antioksidan aktivite ölçülmüş ve yeşil çay ekstresi eklenmeyen %2 ve %3'lük kitosan filmde aktivite eşit olduğu ifade edilmiştir. Aynı çalışmada %2,5 ve %5 oranında yeşil çay ekstresi eklenen %2 ve %3'lük kitosan örneklerinde %3'lük kitosan filmin anioksidan aktivitesi daha yüksek olduğu, %7,5 ve %10 yeşil çay ekstresi eklenmiş %2 ve %3'lük kitosan film örnekleride ise %2'lik kitosanın antioksidan aktivitesinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Apriyantil ve ark. (2018)'in yaptığı DPPH metoduyla antioksidan aktivite belirleme çalışmasında yeşil çay ekstresi eklenmeyen %2 ve %3'lük kitosan film örneklerinde, %3'lük kitosan filmin DPPH aktivitesi çok küçük bir farkla önde olduğu ifade edilmiştir. Yeşil çay ilavesinin DPPH aktivitesini yüksek oranda arttırdığı belirtilmiştir (Apriyantil ve ark., 2018).

Akagündüz (2010)'un yaptığı balık jelatininden yenilebilir film üretimi çalışmasında ABTS ve FRAP aktivitesine bakılmıştır. Balığın çeşitli yerlerinden üretilen filmlerde FRAP değerleri 61,42-70,88 mmol Fe₂SO₄.7H₂O/g arasında olduğu belirtilmiştir. ABTS radikal giderme aktivitesi değerlerinin ise 0,060-0,096 VCEAC mg/g arasında olduğu belirlenmiştir (Akagündüz, 2010).

Filmlere yapılan fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR) analizi için Memiş (2017)'nin yaptığı çemen otu gamı bazlı filmlerde gam varlığı nedeniyle 1050 cm⁻¹'de, protein gruplarından dolayı 1600 cm⁻¹'de ile 1700 cm⁻¹ aralığında pikler olduğu belirtilmiştir. Ayrıca gamın içerisinde mevcut hidroksil ve bağlı suyun O-H gruplarının titreşimi sebebiyle 3100-3500 cm⁻¹ 'de büyük bir pik meydana geldiği ifade edilmiştir (Memiş, 2017).

Sarıcaoğlu (2018)'in tavuk proteininden yenilebilir film ürettiği çalışmada FT-IR analizinde üretilen farklı filmlerde pikler arasında çok büyük farklara rastlanmadığı belirtilmiştir. Fakat bazı sapmalar meydana gelmiş bununda çeşitli oranlarda plastikleştirici olarak katılan gliserolden ileri geldiği ifade edilmiştir (Sarıcaoğlu, 2018).

Yenilebilir filmlerde yapılan bir diğer analiz ise SEM analizidir. Tulamandi ve ark. (2016)'nın yaptığı papaya püresi ilaveli çeşitli filmlerde papaya püresi ve nişasta bazlı filmde yüzey oldukça pürüzlü olduğu ifade edilerek bu filmlere %1, %2 ve %3 oranlarında jelatin ilavesiyle yüzey görünümü iyileştiği ve pürüzlü görüntünün azaldığı belirtilmiştir. Bu filmlere soya proteini eklenmesi ile pürüzlülüğün arttığı ve gözeneklerin saptandığı raporlanmıştır (Tulamandi ve ark., 2016).

Kalkan (2014)'ün yaptığı farklı antimikrobiyaller eklenmiş metil selüloz ve peynir altı suyu proteini bazlı filmlerde yapılan SEM analizinde çeşitli filmlerde metil selüloz bazlı kişniş, biberiye, kekik eklenmiş filmlerde katılan çeşitli antimikrobiyaller bir miktar pürüzlülüğü arttırdığı belirtilmiştir. Peynir altı suyu proteininden yapılan filmlerde ise eklenen kişniş, biberiye, kekik ve fesleğen antimikrobiyal kaynaklarının ise yüzeydeki pürüzlülüğü önemli miktarda arttırdığı, homojenliği bozduğu ve faz ayırmasına sebep olduğu raporlanmıştır (Kalkan, 2014).

Yenilebilir film örneklerinde karakterizasyonun bir parçası olarak ısıl dayanıklılık analiz edilmektedir. Bu bağlamda çeşitli film örneklerinde termal gravimetrik analizlerde (TGA) yapılmaktadır. Örneğin, Tufan (2017)'nin ayçiçeği sapından ürettiği filmlerde uyguladığı TGA analizinde filmlerdeki yapının bozulmasının sıcaklıkla doğru orantılı arttığı ifade edilmiştir. 165°C'de sıcaklıkta nemin kaybedildiği 384°C'de polimerlerin 536°C sıcaklıkta ise selüloz gruplarının bozulduğu belirtilmiştir (Tufan, 2017). Şahin (2019) ise yaptığı kumkuat ilaveli kitosan filmlerin TGA analizinde örneklerdeki ilk kütle kaybının nem kaybından kaynaklandığı belirtilmiştir. Yapılan çalışma neticesinde ise yazarlar kumkuat ilavesinin filmlerde nemi azalttığını ifade ederek, sonraki bozulmaların gliserol ve kitosandan kaynaklandığını söylemişlerdir. Sonuç olarak yazarlar kumkuat kabuğu ekstraktı ilavesinin örneklerde termal stabiliteyi değiştirmediğini belirtmişlerdir (Şahin, 2019).

Tulamandi ve ark. (2016)'nın yaptığı analizde papaya püresi ilaveli nişasta bazlı filmde erime sıcaklığı $165,17 \pm 0,32^{\circ}\text{C}$ iken, %1, %2 ve %3 jelatin eklenmiş örneklerde ise sırasıyla $152,83 \pm 0,65^{\circ}\text{C}$, $158,60 \pm 0,15^{\circ}\text{C}$ ve $150,40 \pm 0,20^{\circ}\text{C}$ olarak bulunmuştur. Papaya püresi ilaveli nişasta filme soya proteini ve %1, %2 ve %3 oranlarında jelatin eklenmiş örneklerde ise sırasıyla $165,73 \pm 0,75^{\circ}\text{C}$, $168,20 \pm 0,25^{\circ}\text{C}$, $172,36 \pm 0,15^{\circ}\text{C}$ ve

174,59±0,52°C bulunmuştur. Jelatin ilavesinin erime sıcaklığını düşürdüğü soya proteini ilavesi ise ilk bozulma sıcaklığını yükselttiği raporlanmıştır (Tulamandi ve ark., 2016).

Filmlerde yapılan biyobozunurluk çalışmalarında Torres ve ark. (2011)'in nişasta ile yaptığı 30 günlük çalışma sonunda filmlerin %99,35 oranında kütle kaybı olduğu belirtilmiştir. Erkoç (2020)'nin bulgur kepeği hemiselülozundan yaptığı nanoselüloz kaplı filmde gözle görülür değişimlerine bakılmıştır. Bu filmlerde gözle görülür değişimin ilk haftadan başladığı belirtilerek filmlerin hızlı bozunabilme özelliği olduğu sonucuna varılmıştır (Erkoç, 2020).

Çokaylıgil (2013)'ün portakal pektini jeli ve nişasta kompoze ederek ürettiği film örneklerini iki haftalık zaman süresince toprağa gömmüştür. Çalışmanın sonuncunda filmlerde %78 ile %99,96 oranları arasında bozunduğu ifade edilmiştir (Çokaylıgil, 2013).

Yenilebilir filmlerde yapılan bir diğer çalışma ise suda çözünürlüktür. Tufan (2017)'nin yaptığı ayçiçeği sapından elde ettiği selüloz ve polietilen glikol ve gliserin kullanılarak oluşturulan filmlerde suda çözünürlük %0,5, %0,6, %0,8, %0,9 ve %1 oranlarında ayçiçek selülozu ilavesi ile hazırlanan örneklerin suda çözünürlükleri sırasıyla %87,8, %87,5, %100, %100, %90,9 ve %100 olarak raporlanmıştır (Tufan, 2017). Tulamandi ve ark. (2016)'nın yaptığı papaya püre ilaveli çeşitli filmlerde suda çözünürlük değeri kontrol örneğinde %77,54 iken %1, %2 ve %3 oranlarında jelatin ilaveli örneklerde sırasıyla %81,93, %85,44 ve %88,70 olarak bulunduğu belirtilmiştir (Tulamandi ve ark., 2016).

Filmlerde yapılan absorbans-transmittans analizlerinde bulunan sonuçlar şöyledir. Akşehir (2013)'ün yaptığı karadut ve akdüt ekstresi ilaveli farklı brixlerde, pektin ve aljinat filmlerin 520 nm, 600 nm, 680 nm, 700 nm, 720 nm ve 760 nm dalga boylarında absorbans-transmittans değerleri ölçülmüştür. Ortalama absorbans değeri akdüt pekmezi ilaveli örneklerde dalga boylarına göre sırasıyla 1,477, 0,748, 0,460, 0,415, 0,384 ve 0,333 olarak belirlenmiştir. Karadut çözeltisi katkılı örneklerde ise absorbans değerleri 0,907, 0,482, 0,314, 0,299, 0,264 ve 0,229 olarak raporlanmıştır. Yazarlar tarafından akdüt ve karadut pekmezi ilavesinin absorbans değeri istatistiki olarak etkilediği görülmüştür. % olarak transmittans değerleri ise akdüt çözeltisi ilaveli örneklerde ortalama 2,1–53,6 değerleri arasında karadut ilaveli örneklerde ise 6,6–65,2 değerleri arasında tespit edildiği ifade edilmiştir. Aynı çalışmada akdüt, karadut

pekmezi ilavesinin filmlerin transmittans değerleri üzerine etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirtilmiştir.

Ferulik asit ve tanin asit ilaveli jelatin filmlerin absorbsiyonları 200 nm’de %1,5 500 nm ve üzerindeki dalga boylarında ise %0,5 olarak tespit edildiği ifade edilmiştir (Go’Mez-(Guille’Na ve ark., 2007). Korkmaz (2016)'nin kinoa nişastasından elde ettiği biyofilmlerin ışık geçirgenliği değeri 220 nm’de %10, 400 nm’de %26, 600 nm’de %30, 800 nm’de %34 olarak tespit edildiği belirtilmiştir.

Yenilebilir film çözeltisinde antimikrobiyal özelliklere bakıldığında Sürengil (2014)'ün yaptığı defne, fesleğen ve limon yaprağı ilaveli ksantan gam filmlerde *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus spp.* mikroorganizmaları için antimikrobiyal analiz yapılmış fakat zon oluşumu görölmediği belirtilmiştir. Bu denemelerin sonucunda herhangi bir zon oluşumu görölmediği belirtilmiştir. Yazarlar sebep olarak film çözeltisinin yapısının antimikrobiyal etkiyi görmede engel olduğunu ifade etmiştir (Sürengil, 2014). Flores ve ark. (2010)'nun yaptığı çalışmada ise tapyoka nişastası ve ksantan gam kobinasyonu filmde de antimikrobiyal etkinlik görölmediği belirtilmiştir.

Tez kapsamında geniş bir literatür taraması yapılmıştır. Yenilebilir film ve kaplamalarla ilgili yapılan çalışmalar incelenmiş, sonuçlar derlenmiştir. Yenilebilir filmlerle ilgili bazı alışmalar Tablo 2.1.'de toplanmıştır.

Bu çalışmada, kanıtlanmış birçok faydası bulunan ışkın (yabani ravent; *Rheum ribes* L.) bitkisi ilave ederek iki farklı yöntem ve farklı hammaddelerle toksik ve çevreye zararı olmayan, doğaya bırakılrsa dahi kısa sürede kaybolması beklenen, aynı zamanda gıda ambalajı olarak kullanılarak gıdanın niteliklerini arttıracak yenilebilir filmlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Tablo 2.1. Farklı hammaddelerden yapılmış film ve kaplamalar

Film veya kaplama ile muamele edilen gıda	Film veya kaplama malzemesi	Katkılar (Plastikleştirici)	Kaynak
Beyaz karides	Nar kabuğu ekstraktı + kitosan (%1) ve keçiboynuzu zıncı (%0,5)	Gliserol (%20)	Licciardello ve ark., 2018
Çilek, yenedünya	Kiraz (5 g) ve kaysı ağacı reçinlerinden (5 g) film yapımı	Sorbitol (0,02 g)	Özmert Ergin, 2015
Elma	(%1 Askorbik asit-%1 kitosan) (%2 Askorbik asit-%2 kitosan) (%1 Askorbik asit-%5 kitosan)	Gliserol (%1)	Özdemir ve Gökmen, 2019
Gökkuşuğu alabalığı fileto	Kekik yağı (%0,2) + biberiye yağı (%0,2) + kitosan (%2)	Gliserol (%1)	Doğan, 2013
	Kitosan (%0, %1, %2, %4)	Asetik asit (%1)	Berizi ve ark., 2018
	Kinoa tohumu nişastası (%4)	Gliserol (%1)	Korkmaz, 2016
Karakterizasyon çalışması	Montrmorillonite (%1, %3, %5) + doğal nar kabuğu (%1, %1,5, %2) + kitosan (%1,5)	Gliserol (%0,1)	Qin ve ark., 2013
	Akdut (20 g) ve (20 g) karadut pekmezi + sodyum alijinat (2 g) ve pektin (2 g)	Gliserol (%1,5)	Akşehir, 2013
	Jelatin ve Soya filmine papaya püresi eklenmesi ile oluşturulan filmler	Gliserol (3g)	Tulamandi ve ark., 2016
	Nar kabuğu (%0, %2, %4, %6, %8, %10, %12, %14) + %8 nişasta filmi	Polietilen glikol (%20)	Ali ve ark., 2019
	Nane yağı (%0, %0,06, %0,13, %0,25, %0,38, %0,50) + jelatin (%4)	Gliserol (%0,13)	Scartazzini ve ark., 2019
	Oktanil süksinil anhidrit (%0,01-%0,03) + Fesleğen tohumu zıncı (%1)	Gliserol (%0,6)	Gahruie ve ark., 2019
Kaşar peyniri	Karanfil yağı (%5) + kaysı yağı (%5) + peynir altı suyu (%8)	Gliserol (%8)	Işık Çiçek, 2011
Macar salamı	Kekik yağı (%1), fesleğen yağı (%2), biberiye yağı (%3), kişniş yağı (%4), nisin (0,1 g) + metiselüloz (4g)	Gliserol (1,6 mL)	Kalkan, 2014
Nar tanesi	Nohut nişastası (%4)	Sorbitol, gliserol (1:3, 1:1, 3:1)	Yaman, 2013
Nil tilapia balığı filetosu	Nar kabuğu ekstraktı (%0,5, %1,0, %1,5 ve %2,0) + mantar kitosan (%2)	Gliserol (%1)	Alsaggaf ve ark., 2017
Pasifik beyaz karides	Nar kabuğu ekstraktı (%1,5) + kitosan (%1)	Asetik asit (%1)	Yuan ve ark., 2016
Sığır kıyması	Likopen (%1, %2, %3) + soya film (15 g)	Gliserol (%3,5)	Öztürk, 2009
Sucuk, sosis	Keçiboynuzu çekirdeği polimeri (1,25 g)	Polietilen glikol (0,6-1,2 -1,8-2,4 mL)	Polat, 2007
Yeşil kahve çekirdekleri	Kitosan (%2) ve manyok nişastası (%3)	Gliserol (%20)	Ferreira ve ark., 2018

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışmada kullanılan cihaz listesi

Yapılan analizlerde kullanılan cihazlar aşağıda listelenmiştir.

- Renk analiz cihazı (PenColorArt USB Model, 1L),
- Homojenizatör (OVS-VELP Scientifical),
- Hassas terazi (Bel Engineering-M214AĞ),
- Etüv (POL-EKO-APARATURE-SLN-53-std),
- Vorteks (Velp Scientifica-F202A0173),
- Manyetik karıştırıcı (Heildolph MR Hei Standart-505-20000-00-2),
- Saf su cihazı (Water story mini pure-Mm-1140516-3),
- Liyofilizatör (LABCONCO-7670530),
- Multiskan Go (Thermo scientific-seri no:14247028),
- Test Cihazı (TA-XT2, Stable Micro Systems, Surrey, England),
- UV spektrofotometre (Shimadzu, UV-1280, Kyoto, Japonya),
- FT-IR (Thermo/Nicoset iseon 912A0607),
- Kül Fırını (Magma Therm Heat-MTS-1100-3),
- Termal Gravimetrik Analiz cihazı (EXSTAR-TG/DTA6300),
- Dijital Mikrometre,
- Liyofilizatör (LABCONCO-7670530)

3.1.2. Çalışmada kullanılan kimyasal listesi

- Etanol (24102, Sigma Aldrich),
- Kitosan (STBJ-3281, Sigma Aldrich),
- Asetik Asit (32201, Sigma Aldrich),
- Gliserol (SZBE030EV, Sigma Aldrich),
- Nişasta (BCCB9290, Sigma Aldrich),
- Soya Lesitini (SIL29018-1, Sigma Aldrich),
- Jelatin (PE 19-00723-1, Sigma Aldrich),
- Silika jel (MKCC-7304, Sigma Aldrich),
- K-Fosfat (04243-1KG, Sigma Aldrich),

- Potasyum persülfat (216224, Sigma Aldrich),
- NaOH (1.06498.1000, Emsure ACS, Reag. Ph Eur),
- FeCl₂ (322870-25G, Sigma Aldrich),
- Ferrozin (160601, Sigma Aldrich),
- NaCH₃COO (S8282-500G, Sigma Aldrich),
- HCl (435570, Sigma Aldrich),
- TPTZ (238813, Sigma Aldrich),
- FeCl₃.6H₂O (8.03945.1000, Sigma Aldrich),
- NaCH₃COO (S8282-500G, Sigma Aldrich),
- 2,2-difenil-1-pikrihidrazil (D9132-1G, Sigma Aldrich),
- BHT (Bütillendirilmiş hidroksi toluen) (47168, Sigma Aldrich)

3.2. Metot

Çalışma kapsamında kullanılan ışkın (yabani ravent; *Rheum ribes* L.) Siirt ilinin 38,0767° enlemi 42,1405° boylamında bulunan şirvan ilçesinden toplandı (şekil 3.1).



şekil 3. 1. ışkının toplanması

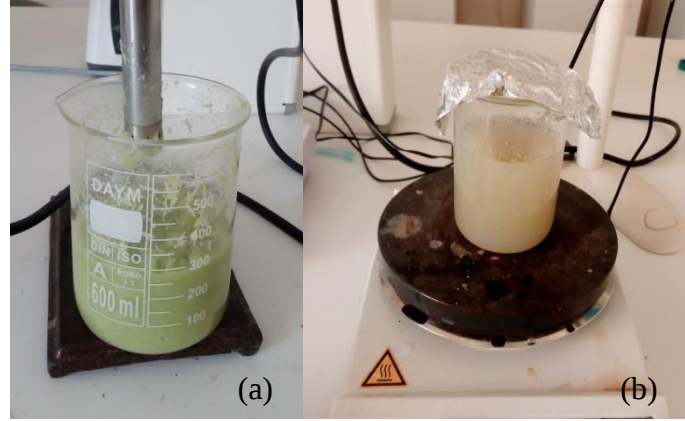
3.2.1. Film üretimi ve kurutulması

Film üretiminde 2 farklı yöntem kullanıldı.

3.2.1.1. Yöntem A (Püre ilaveli yenilebilir film kaplamalar)

Tulamandi ve ark. (2016)'nın kullandığı metot revize edilerek kullanıldı. Kullanılan yöntem ve aşamaları maddeler halinde verildi. Bu bağlamda ilk olarak;

1. -18°C'de muhafaza edilen ışıkların kabukları soyularak ve küçük parçalara ayrıldıktan sonra saf su içinde (1/0,5-w/v) homojenizatör vasıtasıyla püre haline getirildi (Şekil 3.2 a).



Şekil 3. 2. (a) Işkın püresi, (b)Yöntem A ile üretilen film çözeltisi

2. Tablo 3.1'de verilen konsantrasyonlarda film çözeltisi hazırlandı. 75°C'de 30 dk manyetik karıştırıcıda inkübasyona bırakıldı. Süre dolduktan sonra üzerine gliserol ilave edildi. 55-60°C sıcaklığa soğutuldu ve 30'dk karıştırma işlemine devam edildi. Son olarak belirtilen oranlarda jelatin ve soya lesitini eklendi (Şekil 3.2 b).

Tablo 3. 1. Yöntem A ile üretilen film jeller ve maddelerin eklenme yüzdesi

Uygulama	Üretilen Jeller	Işkın	Nişasta	Jelatin	Gliserol	Lesitin
1	PK-JN	-	%2	%2	%3	%0,5
2	PK-%1JN	%8	%2	%1	%3	-
3	PK-%2JN	%8	%2	%2	%3	-
4	PK-%3JN	%8	%2	%3	%3	-
5	PK-%1JNL	%8	%2	%1	%3	%0,5
6	PK-%2JNL	%8	%2	%2	%3	%0,5
7	PK-%3JNL	%8	%2	%3	%3	%0,5

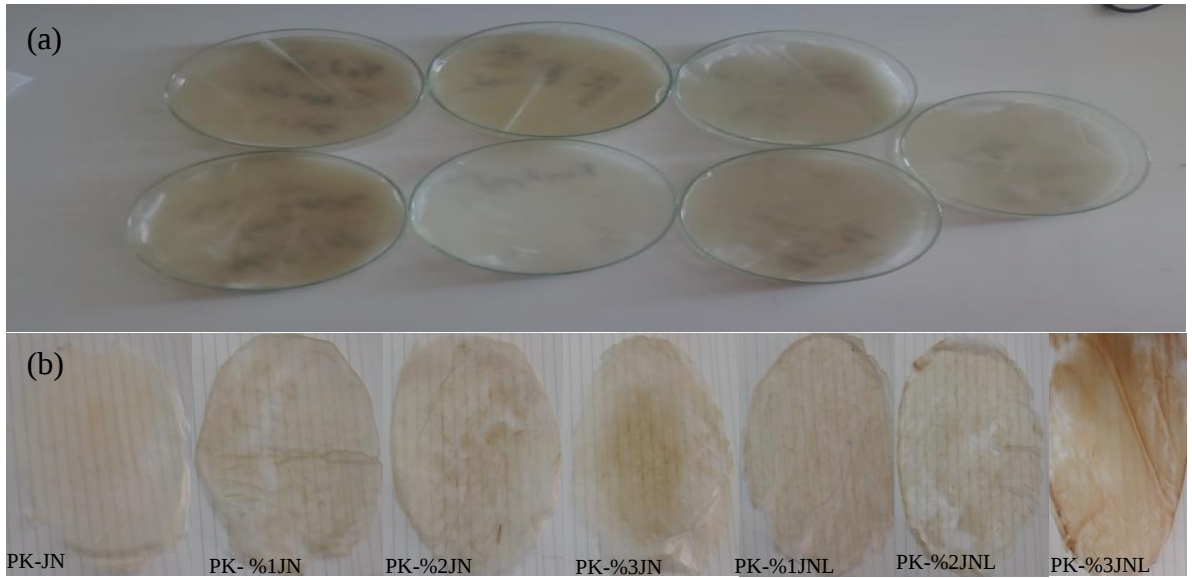
3. Soya lesitini direkt olarak film çözeltisine ilave edildiğinde yeterli çözünme sağlamadığı görüldü. Tablo 3.2'de verilen deney şartları kullanılarak çeşitli denemeler yapıldı. En iyi çözünmeye, 1 mL gliserol ve 1 mL saf suyu 55°C'ye ısıtıp soya lesitini yavaş yavaş ekleyerek ulaşıldı.

Tablo 3. 2. Lesitin çözme denemeleri

Lesitin	Saf su	Gliserol	Sıcaklık
0,5 g	-	0,5 mL	55°C
0,5 g	-	1 mL	55°C
0,5 g	0,5 mL	-	55°C
0,5 g	1 mL	-	55°C
0,5 g	0,5 mL	0,5 mL	55°C
0,5 g	1 mL	1 mL	55°C

4. Üretilen film örnekleri altına yağlı kâğıt serilmiş cam petri kabına yayıldı (Şekil 3.3a).

5. Petriye yayılan örnekler 40°C'lik etüvde 18 saat kurutulmaya bırakıldı (Şekil 3.3 b).

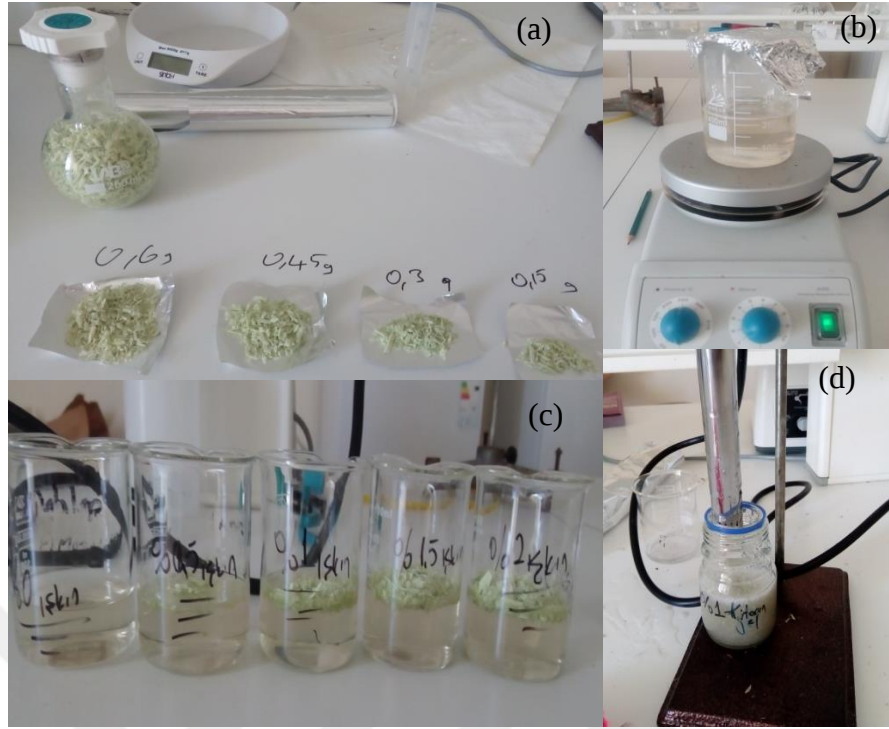


Şekil 3. 3. (a) Film çözeltilerinin cam petriye yayılmış kurutulmadan önceki görüntüsü (b) Kurutulmuş filmler

3.2.1.2. Yöntem B (Toz halinde ışık kullanılan film ve kaplamalar)

Ponce ve ark. (2008)'in uyguladığı metot modifiye edilerek kullanıldı. Kullanılan yöntem ve aşamaları maddeler halinde verildi. Bu bağlamda ilk olarak;

1. -18°C sıcaklıkta muhafaza edile ışık (Rheum ribes L.) bitkisi çıkarıldı, kabukları soyuldu ve liyofilizatörde -44°C'de 48 saat bekletilerek suyu uçurularak toz haline getirildi (Şekil 3.4 a).



Şekil 3. 4. (a) Kurutulmuş ışık, (b) Kitosan film çözeltisi (c) Işığın kitosan film çözeltisine katılması (d) Homojenizasyon

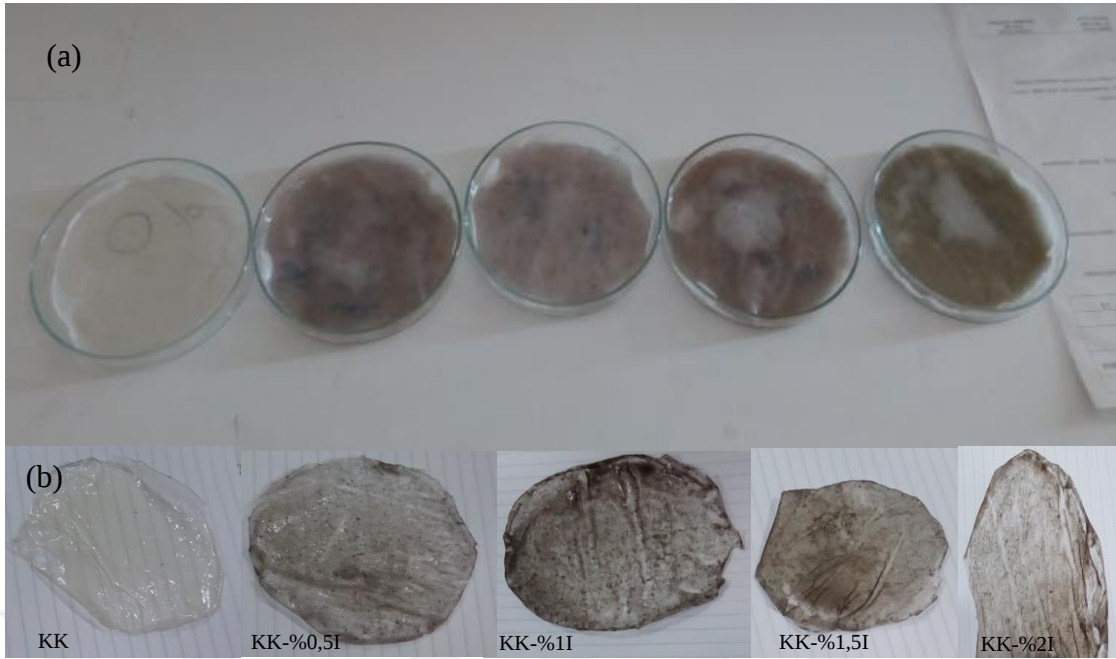
2. Tablo 3.3.'deki konsantrasyon aralığında çözeltiler ışık ilave edilmeden önce 6-12 saat arasında manyetik karıştırıcıda karıştırıldı (Şekil 3.4 b).

Tablo 3. 3. Yöntem B ile üretilen filmler ve maddelerin eklenme yüzdesi

Uygulama	Üretilen Jeller	Işık	Kitosan	Gliserol
1	KK	%0	%2	%1
2	KK-%0,5I	%0,5	%2	%1
3	KK-%1I	%1	%2	%1
4	KK-%1,5I	%1,5	%2	%1
5	KK-%2I	%2	%2	%1

3. Tablo 3.3.'deki belirtilen ışık oranları inkübasyonun ardından karışımlara ilave edilerek 15 dk homojenizatör yardımıyla eşit dağılması sağlandı (Şekil 3.4 c-d).

4. Elde edilen karışımlar yağlı kâğıt serilmiş cam petri kaplarına yayılarak 30°C'de 18 saat suyu uçurularak kurutuldu (Şekil 3.5 a-b).



Şekil 3. 5. (a) Yöntem B ile üretilen film karışımının petriye yayılmış hali (b) Kurutulmuş filmler

3.2.2. Filmlerin karakterizasyon çalışmaları

3.2.2.1. Film kalınlığı

Film kalınlığı dijital mikrometre kullanılarak tespit edildi. Üç paralel olmak üzere filmin farklı noktalarından en az altı ölçüm yapıldı ve ortalama kalınlık saptandı (Atares ve ark., 2010).

3.2.2.2. Suda çözünürlük

Tunç ve ark. (2007)'nin kullanıldığı metot revize edilerek kullanıldı. 103°C'de 24 saat kurutulan örnek tartılmış ve ilk ağırlık belirlenmiştir. Tartılmış örneklerle ağırlığının 10 katı kadar saf su ilave edildi. Manyetik karıştırıcı ile 6 saat boyunca oda sıcaklığında 100 rpm'de karıştırıldı. Daha sonra suda çözünmeyen kısım filtre kağıdından geçirildi. Filtre kağıdında kalan kısım 103°C'de 24 saat sabit tartıma gelene kadar kurutuldu ve süre bitiminde tartıldı.

$$\text{Suda Çözünürlük} = \frac{\text{ilk kurutma sonrası ağırlık} - \text{son kurutma sonrası ağırlık}}{\text{ilk kurutma sonrası ağırlık}} \times 100$$

3.2.2.3. Filmlerin renk ölçümleri

Her bir film örneği, beyaz standart yüzey üzerinde, renk analiz cihazı (PenColorArt USB Model, 1L) ile L^* (açıklık), a^* (kırmızı-yeşil) ve b^* (sarı-mavi) renk

parametreleri ölçüldü. Her film için analiz üç paralel olarak yapıldı (Tulamandi ve ark., 2016).

3.2.2.4. Filmlerin çekme dayanımı ve kopma anındaki uzama katsayısının belirlenmesi (TS, %EB)

Filmlerin çekme dayanımı (TS, tensile strength) ve kopma anındaki uzama (EB, elongation at break) değerleri, ASTM (2003)'ün standart metodu kullanılarak yapıldı. Tekstür analiz cihazı (TA. HD Plus Stable Micro Systems Texture Analyser, İngiltere) kullanılarak sonuçlar bulundu. Filmler (6 cm x 1 cm) kesilerek çekme probunun uçlarına tutturuldu. Prob uçları arası ilk uzaklık 25 mm olarak belirlenmiş ve filmler 10 mm/s hızda gerildi. Ölçümler oda sıcaklığında ve 2 tekrarlı olarak yapıldı (Kahyaoğlu ve Kurt, 2014). Bu analiz Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya ve Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Lisansüstü Araştırma laboratuvarında yapıldı.

3.2.2.5. Absorbans ve transmittans değerleri

Film çözeltilerine ait absorbans ve transmittans degerleri 520 nm, 600 nm, 680 nm, 700 nm, 720 nm ve 760 nm dalga boyunda UV spektrofotometre (Shimadzu, UV-1280, Kyoto, Japonya) ile okundu (Akşehir, 2013).

3.2.2.6. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR)

Filmler FT-IR (Thermo/Nicolet iseon 912A0607) cihazı ile her biri 4000-400 cm^{-1} oranları arasında 4 cm^{-1} çözünürlükte analiz edilmiştir (Tulamandi ve ark., 2016). Bu analiz Siirt Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından hizmet alımı alınarak yapıldı.

3.2.2.7. Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

Elde edilen filmlerin homojenlik, yüzey tabakası, delik yapısı ve yüzey pürüzlülüğü, özellikleri SEM ile belirlenmiştir. Enine kesit görüntüsü için 1000x büyütme kullanılmıştır (Kocakulak, 2019). Bu analiz, T.C. Bingöl Üniversitesi, Merkezi Laboratuvar Uygulama ve Araştırma Merkezinden hizmet alımı alınarak yapıldı.

3.2.2.8. Filmlerin termal gravimetrik analiz (TGA)

Filmlerin termal özelliği EXSTAR-TG/DTA6300 cihazı kullanılarak bulundu. Her bir örnekten yaklaşık 10 mg tartılarak alüminyum kapsüllere yerleştirildi ve 0-850°C'ye kadar dakikada 10°C aralıklar ile tarama yapıldı (Kalkan ve ark., 2019).

3.2.2.9. Antioksidan aktivite analizleri

2,2-Azino-bis (3-etilbenzo-tiyazolin-6-sülfonik asit) (ABTS) radikali giderme aktivitesi Re ve ark. (1999)'nın yaptığı metoda göre yapıldı. Ferrik iyonlarını (Fe^{3+}) ferröz iyonlarına (Fe^{2+}) indirgeme kuvveti (FRAP metodu), Benzie ve Strain (1996)'nın yöntemine göre yapıldı. DPPH (2-21-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radikal giderme aktivitesi Blois (1958)'in metoduna göre yapıldı. Çalışmada kullanılan örneklerin antioksidan aktivite analizleri jeller kurutulmadan önce direk karışımlardan alınarak gerçekleştirildi. Tüm analizler üç tekrarlı şekilde yapıldı. Bu analiz Siirt Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi yardımıyla hizmet alımı alınarak yapıldı.

3.2.2.10. Biyobozunurluk

Jaramillo ve ark. (2016)'nın uyguladığı yöntem revize edilerek uygulandı. Aynı koşullardan alınan topraklar 1'er kg olacak şekilde saksılara dolduruldu. Petri kabında kurutulan örnekler 6 farklı parçaya bölündü. Örnekler tartıldı (G1). Toprak koyulan saksılarda 6 farklı kuyucuk açılarak ve örnekler gömülüp üstü toprakla kapatıldı. Saksılar günlük 50 mL su ile sulandı. Her beş gün boyunca örnekler çıkarılarak, temizlenip ve tartıldı (G2). Analiz oda sıcaklığında ve 30 gün boyunca sürdü. Tüm çalışmalar iki paralel olarak gerçekleştirildi.

$$\text{Biyobozunurluk (\%)} = \frac{G1-G2}{G1} \times 100$$

3.2.2.11. Su buharı geçirgenliği

Filmlerin su buharı geçirgenliği ASTM (2003) metodu kullanılarak belirlendi. 1 g silika jel tüplere konuldu. Tüpler ve silika jelde nem kalmaması için 103°C'de 24 saat bekletildi. Film numuneleri 2,5 cm x 2,5 cm kesilerek ve tüplerin ağzına yerleştirildi. Tüplerin etrafı nem almaması için parafinle kaplandı. Desikatörün altı saf

su ile dolduruldu. Tüpler desikatöre yerleştirildi ve 25°C'de 24 saat bekletildi. Örnekler 0, 3, 6, 9, 24, 27, 30 ve 33 saatlerinde tartıldı.

$$\text{Su buharı geçirgenliği} = \frac{W}{t} \times \frac{x}{\Delta P \times A}$$

x= Film kalınlığı (mm)

w/t (Eğim)= Kalibrasyon eğimi (g/saat)

A= Su buharı ile temas eden filmin yüzey alan (cm²)

ΔP= Uygulanan basınç farkıdır (Pa)

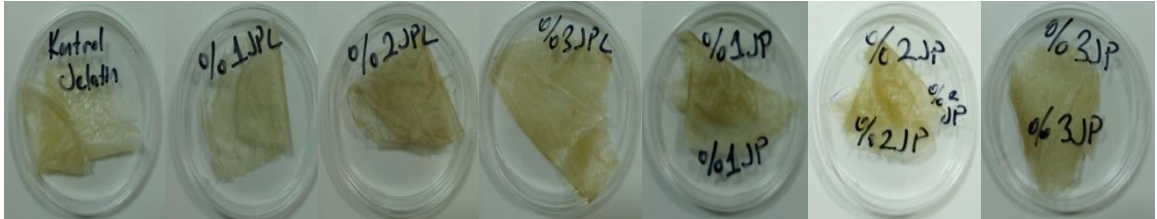
3.2.2.12. *Salmonella paratyphi* ve *Staphylococcus aureus* Antimikrobiyal Analizi

Antimikrobiyal analiz için disk difüzyon yöntemi kullanıldı. İncelenecek *Salmonella paratyphi* ve *Staphylococcus aureus* mikroorganizmaları 2 saat süre ile 37°C'de inkübe edildi. Bulanıklık oluştuktan sonra McFarland 0,5 (10⁸ mikroorganizma / mL)'e göre ayarlanarak standart bir bulanıklık oluşturuldu. Bu süspansiyondan steril bir eküvyon yardımıyla alınan mikroorganizma örnekleri Mueller-Hinton agar yüzeyine inoküle edildi. 0,5 cm olacak şekilde kuyucuklar açılarak 30 µL film örnekleri kuyucuklara aktarıldı. 10 dakika bekletilerek kuruması sağlanan filmler yaklaşık 18-24 saat 35°C'de inkübe edildi ve süre sonunda oluşan inhibisyon zonları ölçülerek değerlendirildi (Tendencia, 2004).

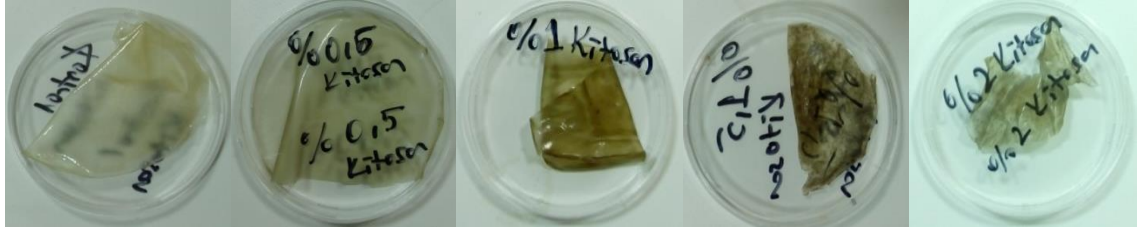
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Film Üretimi ve Kurutulması

İki farklı yöntemle toplamda 12 adet yenilebilir film üretimi yapıldı (Şekil 4.1-Şekil 4.2). Tüm film örneklerinde karakterizasyon çalışmaları gerçekleştirildi.



Şekil 4. 1. Yöntem A ile üretilip kurutulmuş film örnekleri (sırasıyla PK-JN, PK-%1JN, PK-%2JN, PK-%3JN, PK-%1JNL, PK-%2JNL, PK-%3JNL)



Şekil 4. 2. Yöntem B ile üretilip kurutulmuş film örnekleri sırasıyla KK, KK-%0,5I, KK-%1I, KK-%1,5I, KK-%2I

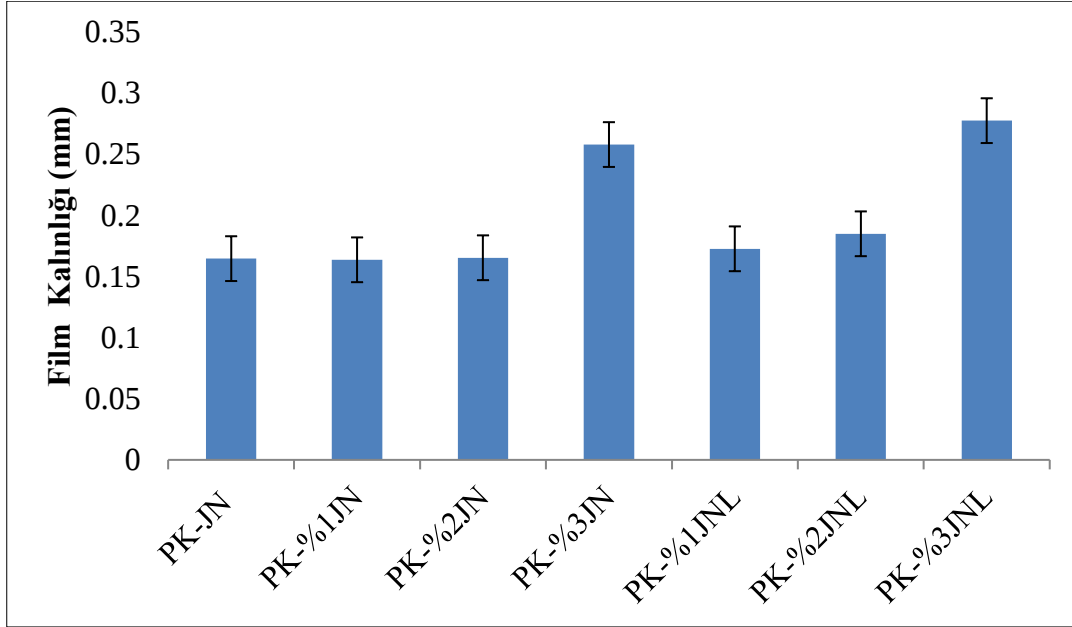
4.2. Filmlerin Karakterizasyon Çalışmaları

4.2.1. Film kalınlığı

Kalınlık kontrolü daha homojen filmlerin elde edilmesi için gereklidir. Daha kalın filmler dışarıya karşı daha yüksek koruma sağlayabilir fakat çok fazla artan kalınlıkta filmlerin esneklik özelliklerini etkileyebilir (Silva ve ark., 2019). Ayrıca film kalınlığı, filmlerin su buharı geçirgenliği ve TS-%EB değerlerini etkilediği için bilinmesi önemlidir. Bu değerler yenilebilir film ve kaplamaların ambalaj olarak kullanılmasını belirleyen özelliklerdendir (Şahin, 2019).

İki farklı yöntem ile elde edilen 12 adet filmde film kalınlığı yöntem 3.2.2.1'de anlatıldığı şekilde yapıldı. Yöntem A ve B kalınlık yapısı olarak karşılaştırıldığında genel olarak film kalınlıklarının birbirine yakın çıktığı tespit edildi. Kalınlık değerleri Yöntem A kullanılarak yapılan örneklerde PK-JN $0,164 \pm 0,0048$ mm, PK-%1JN $0,163 \pm 0,0050$ mm, PK-%2JN $0,165 \pm 0,0056$ mm, PK-%3JN $0,258 \pm 0,011$ mm, PK-%1JNL $0,172 \pm 0,007$ mm, PK-%2JNL $0,185 \pm 0,006$ mm, PK-%3JNL $0,277 \pm 0,016$ mm

bulundu (Şekil 4.3). Yöntem A kullanılarak %3 jelatin ilavesi ile oluşturulan PK-%3JN ve PK-%3JNL'nin, film kalınlığının kontrol örneğine oranla neredeyse iki katı bir oranda arttığı tespit edildi. Genel olarak lesitin ilaveli filmlerin ilavesiz filmlere kıyasla daha kalın bir yapıya sahip olduğu belirlendi.



Şekil 4. 3. Yöntem A ile oluşturulan filmlerin kalınlığı

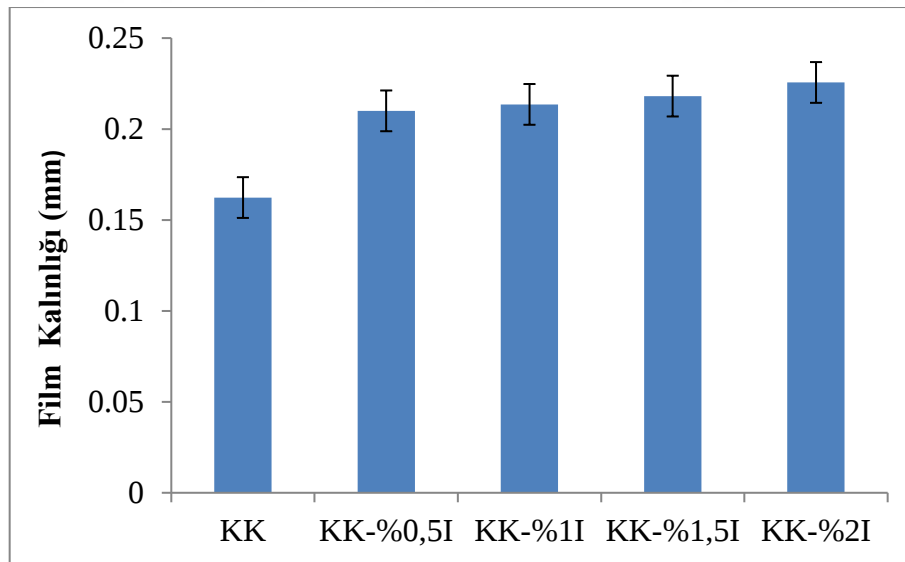
Literatürle karşılaştırdığımızda üretilen farklı filmlere ilave edilen malzemelerin çalışmadaki gibi kalınlığı arttırdığı saptandı. Tulamandi ve ark. (2016)'nın yaptığı soya, papaya ilaveli nişasta, jelatin, soya protein bazlı filmlerde kalınlık 0,118 mm ve 0,121 mm aralığında bulunurken, film örneklerine %1, %2 ve %3 oranlarında jelatin ilavesinin film kalınlığını küçük bir miktar artırdığı belirtilmiştir (Tulamandi ve ark., 2016). Benzer şekilde, Liu ve ark. (2020)'nin soya fasulyesi nişastası ve jelatini kombine ederek oluşturduğu filmlerde jelatin ilavesinin kalınlığı az da olsa arttırdığı ifade edilmiştir (Liu ve ark., 2020). Başka bir çalışmada manyok nişastası ve jelatin bazlı üretilen filmlerde 0,200 mm-0,440 mm arasında değerler bulunmuşken, jelatin konsantrasyonuna bağlı olarak kalınlığın arttığı raporlanmıştır (Silva ve ark., 2019).

Tez çalışmasında yöntem A'da jelatin miktarı arttıkça yukardaki literatüre benzer olarak kalınlığın arttığı görüldü. Yöntem A'da jelatin konsantrasyonu %3 oranında olduğu film örneğinde kalınlığın iki kat oranında arttığı tespit edildi. Bunun sebebi ise hidrofilik bir madde olan jelatinin ileve edilmesinin, film yapısındaki biyopolimer miktarının artırılması ve karışımdaki zincirler arasındaki boşluğu değiştirmesi ile

açıklanabilir. Böylece jelatin ilavesiyle birlikte zincirler arası boşluk azalır daha sıkı daha sert bir yapı meydana gelir (Silva ve ark., 2019).

Yapılan bir çalışmada nane yağı ilaveli jelatin filmlerde kalınlık değerlerinin 37 μm -44 μm aralığında bulunduğu ve nane yağı ilavesinin kalınlık değeri üzerine etkisi olmadığı raporlanmıştır (Scartazzini ve ark., 2019). Çalışmamızda yöntem A'da hazırlanan film formülasyonunda kullanılan lesitin, nane yağına benzer şekilde kalınlık değeri üzerinde önemli bir fark yaratmadığı görülmüştür. Dahası tez kapsamında üretilen nişasta ve jelatin bazlı filmlerde ışkın ilavesinin kalınlığı etkilemediği tespit edildi. Lifli bir yapıda olan ışkının kalınlığı artırmasını beklenirken, üretim sırasında kullanılan ısıtma işleminin ışkının bütünlük yapısını bozabileceği ve bu nedenle kalınlığı arttırmadığı düşünülmektedir.

Yöntem B kullanılarak yapılan örneklerde ise KK 0,162 $\pm$ 0,0019 mm, KK-%0,5I 0,210 $\pm$ 0,0044 mm, KK-%1I 0,213 $\pm$ 0,0088 mm, KK-%1,5I 0,218 $\pm$ 0,0011 mm ve KK-%2I 0,225 $\pm$ 0,0044 mm olarak saptandı (Şekil 4.4). Filmlerde toz ışkın ilavesinin filmlerdeki kalınlığı kontrol örneğinden farklı olarak bir miktar arttırdığı görüldü. Fakat %0,5, %1, %1,5 ve %2 oranlarında ışkın eklenen örnekler arasında çok büyük fark olmadığı saptandı.



Şekil 4. 4. Yöntem B ile oluşturulan filmlerin kalınlığı

Valenzuela ve ark. (2013)'ün yaptığı kinoa ilaveli, kitosan ve ayçiçek yağı karışımından oluşan filmlerde kalınlık değeri kontrol örneğinde 0,051 mm iken kinoa miktarı arttıkça bu değerin 0,126 mm kadar yükseldiği belirtilmiştir. Bu durumda film

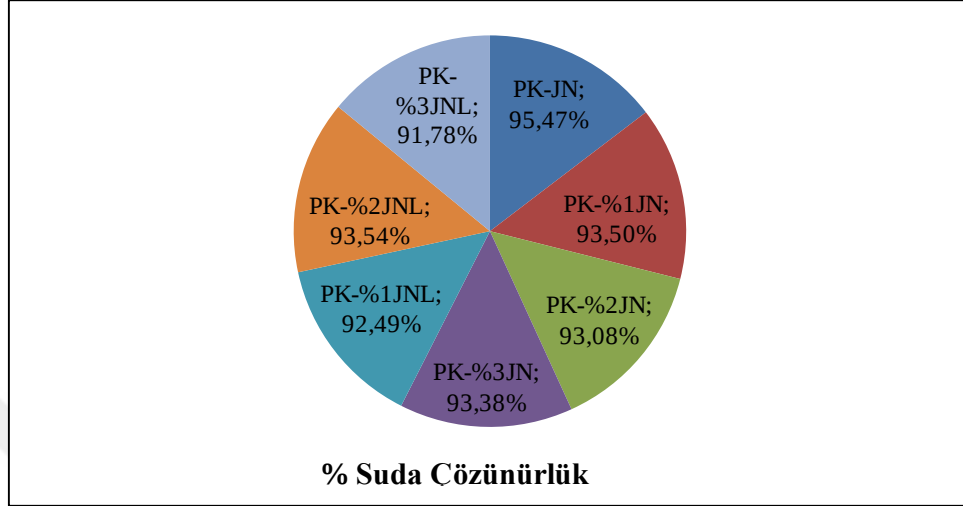
yapısındaki hidrofobik meloküllerin artması genel olarak kalınlığı arttıran bir etmen olarak raporlanmıştır (Valenzuela ve ark., 2013). Riaz ve ark. (2020)'in %1, %2, %3 ve %4 oranlarında elma ilaveli kitosan filmde kalınlık değerleri kontrol örneğinde 0,088 mm iken ve son örnekte 0,133 mm olduğu ifade edilmiştir. Elma polifenollerinin hidrofobik kuvveti arttırarak moleküllerin kısılmasına sebep olduğu ve film yapısını daha kompakt hale getirerek kalınlık oranını arttırdığı bildirilmiştir (Riaz ve ark., 2020). Şahin (2019)'un yaptığı kumkuat ilaveli kitosan filmlerde kalınlık oranının 0,0554 mm-0,0670 mm arasında değiştirdiği, kumkuat ilavesinin kitosan filmlerde kalınlığı arttırdığı belirlenmiştir (Şahin, 2019). Rambabu ve ark. (2019)'un yaptığı %1, %3 ve %5 oranlarında mango yaprağı ekstresi ilaveli kitosan filmlerde kalınlık değeri 0,143 mm-0,209 mm arasında bulunurken, mango yaprağı ekstresi oranı arttıkça kalınlığın belirgin olarak arttırdığı ifade edilmiştir. Aynı çalışmada mango yaprağı içindeki polifenoller hidrofobik yapıyı arttırdığından zincir yapısında değişime neden olduğu ve kalınlığı arttırdığı belirlenmiştir (Rambabu ve ark., 2019). Tez çalışmasında Yöntem B'ye bakıldığında ışıkn ilavesinin kalınlığı arttırdığı belirlendi. Filmdeki ışıkn oranı arttıkça film kalınlığının yukarıdaki literatürlere benzer olarak artmaya devam ettiği görüldü. Yöntem B'de ısı işlem olmadığı için ışıkn bütünlüğünün bozulmamasına bağlı olarak ışıkn ilavesinin hidrofobik yapıyı arttırdığı ve böylece partikül yapısının değişmesine sebep olduğu düşünülmektedir.

4.2.2. Suda çözünürlük

Yüzde suda çözünürlük bir maddenin su içinde çözünme yüzdesi olarak açıklanabilir. Suya direncin yüksek olması veya suda çözünürlüğün düşük olması gıdanın bozulmasını yavaşlattığı belirlenmiştir. Bu açıdan bakıldığında suda çözünürlük film maddelerinde genel olarak istenen bir özellik değildir. Film maddelerinin en önemli özelliklerinden biri ise biyobozunur yapıda olmalarıdır. Yüzde suda çözünürlüğün artması biyobozunurluğu hızlandıran bir etmendir. Bu nedenle suda çözünürlüğün yüksek olması filmlerde hem istenen hem de istenmeyen bir özellik olarak açıklanabilir (Bourtoom ve Chinnan, 2008).

Yöntem A ve Yöntem B ile elde edilen filmlerin suda çözünürlük analizleri 3.2.2.2'de belirtildiği şekilde yapıldı. Yöntem A ile üretilen örneklerin (PK-JN, PK-%1JN, PK-%2JN, PK-%3JN, PK-%1JNL, PK-%2JNL ve PK-%3JNL) yüzde suda çözünürlük değerleri sırasıyla %95,47, %93,50, %93,08, %93,38, %92,49, %93,54 ve

%91,78 olarak bulundu (Şekil 4.5). Genel olarak hepsinin çözünürlüğünün birbirine yakın olduğu tespit edildi. Jelatin konsantrasyonundaki artışın ve ışkın ilavesinin çözünürlüğü nispeten azalttığı, benzer şekilde aynı şartlar altındaki film örneklerine lesitin ilavesinin film çözünürlüklerini bir miktar daha azalttığı tespit edildi.



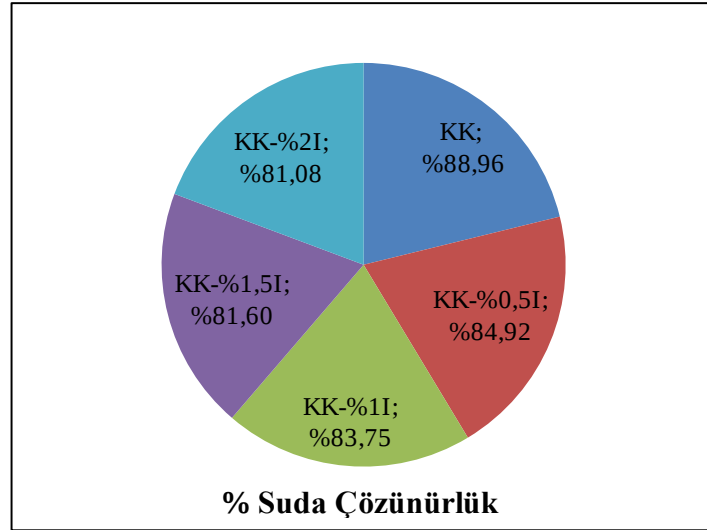
Şekil 4. 5. Yöntem A ile üretilen filmlerin % suda çözünürlük değerleri

Tulamandi ve ark. (2016)'nın papaya püresi ve soya proteini ilaveli çeşitli jelatin-nişasta filmlerde suda çözünürlük %81,93-%88,70 arasında bulunduğu papaya püresi ilavesinin çapraz bağlanmaya yol açtığı, soya proteini ve jelatin ilavesinin ise hidrofobik yapıyı arttırması nedeniyle çözünürlüğü düşürdüğü belirtilmiştir (Tulamandi ve ark., 2016).

Liu ve ark. (2020)'nin %0, %20, %40, %60, %80 ve %100 oranlarında jelatin ilaveli soya fasulyesi nişastası filmlerde tek başına nişasta kullanılarak yapılan filmlerin suda çözünürlük oranı %100 iken, sadece jelatin kullanılarak hazırlanan filmin çözünürlüğünün %31,5 olduğu ifade edilmiştir. Çeşitli oranlarda jelatin-nişasta kombinasyonundan oluşan filmlerde ise çözünürlük %33,8 ve %100 arasında değiştiği, jelatin miktarının arttırılmasıyla çözünürlüğün azaldığı ifade edilmiştir. Jelatin ilavesi kompakt polimerik matrisleri arttırarak serbest hacmi azaltır böylece suda çözünürlüğü daha zor hale getirir (Liu ve ark., 2020). Yöntem A ile oluşturulan filmlerde de yukardaki literatürlere benzer olarak ışkın ve jelatin ilavesiyle çözünürlük azalmıştır. Işkın ilavesin çapraz bağlanma yaparak (Tulamandi ve ark., 2016) çözünürlüğü düşürdüğü jelatin ilavesinin ise polimer yapısını arttırdığı için çözünürlüğü azalttığı düşünülmektedir (Liu ve ark., 2020). Yukarıda verilen literatürlere göre Yöntem A ile üretilen örneklerde jelatin miktarının az, nişasta miktarının daha fazla olmasından dolayı yüzde suda çözünürlüğün yüksek olduğu düşünülmektedir.

Kang ve Min (2010)'un yaptığı patates nişastası bazlı %0,5, %1 ve %2 soya lesitini ilaveli filmlerde suda çözünme kontrol örneğinde %43,38 iken lesitin arttıkça oran %31,29 gerilemiştir. Soya lesitini ilavesinin çözünürlüğü düşürdüğü gösterilmiştir. Buna sebep olarak lipid moleküllerinin suda çözünürlüğünün düşük olması ve soya lesitinin fosfolipid yapısı olduğu raporlanmıştır. Lipid yapılı ürünler biyopolimer yapı etkileşimini azaltarak hidrofobik özelliği arttırmıştır. Bunun sonucunda da suda çözünürlüğün düştüğü bildirilmiştir (Kang ve Min, 2010). Yöntem A'da yukarıda verilen literatüre benzer olarak soya lesitinin hidrofobik özelliği arttırdığı için çözünürlüğü düşürdüğü belirlenmiştir. Yöntem A'da çözünürlüğün daha yüksek olması ise soya lesitini oranının daha az olması, yöntem farklılığı ve farklı nişasta hammaddesi kullanılmasına bağlı olarak değişkenlik göstermesiyle açıklanabilir.

Yöntem B ile yapılan filmlerde (KK, KK-%0,5I, KK-%1I, KK-%1,5I ve KK-%2I) ise suda çözünürlük değerleri sırasıyla %88,96, %84,92, %83,75, %81,60 ve %81,08 olarak belirlendi (Şekil 4.6). Yöntem B ile elde edilen film örneklerindeki %suda çözünürlük değerlerinin genel olarak birbirine yakın olmakla beraber ıskın ilavesinin filmlerde yüzde suda çözünürlüğü nispeten azalttığı tespit edildi.



Şekil 4. 6. Yöntem B ile üretilen filmlerin yüzde suda çözünürlük değerleri

Literatüre bakıldığında Wang ve ark. (2019)'un yaptığı %0, %0,1, %0,5, %1, %3 ve %5 oranlarında *Herba Lophatheri* (HLE) bitkisi ekstresi ilaveli kitosan filmlerde kontrol örneğinde suda çözünürlük yaklaşık %80 iken %5 HLE ilavesinde suda

çözünürlük yaklaşık %39'lara düştüğü raporlanmıştır. HLE ve kitosan arasında kurulan polimerik zincirler sebebiyle su molekülleri arası yakınlık azaldığı ve suda çözünürlüğün düştüğü bildirilmiştir (Wang ve ark., 2019). Riaz ve ark. (2020)'nin yaptığı Çin soğanı ekstresi ilaveli kitosan filmlerde kontrol örneğinde çözünürlük yaklaşık %58 iken %1, %3 ve %5 oranında ekstre ilavesiyle yaklaşık %42'lere düşmüştür. Bu durum Çin soğanında bulunan polifenolik grupların hidrofobik özelliği artırarak çözünürlüğü düşürmesiyle açıklanmıştır (Riaz ve ark., 2020).

Khoshgozaran-Abras ve ark. (2012)'nin yaptığı %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarında aloe vera jeli ilaveli kitosanlı filmlerde suda çözünürlük değerinin %59,9-100 aralığında olduğu tespit edildiği belirtilmiştir. Filmler örneklerinde aloe vera oranı arttıkça suda çözünürlük %59'a kadar düştüğü ifade edilerek, aloe vera ve kitosan arasında kurulan polimer bağları ile bu durum açıklanmıştır (Khoshgozaran-Abras ve ark., 2012).

Rambabu ve ark. (2019) yaptığı %1, %3 ve %5 mango yaprağı ilaveli kitosan filmlerde yüzde suda çözünürlük kontrol örneğinde %28 iken, %5 mango ekstraktı ilaveli örneklerde ise yaklaşık %18 civarında olduğu ifade edilmiştir. Mango ekstraktı ilavesinin çözünürlüğü düşürdüğü belirtilerek, buna sebep olarak mango yaprağı içindeki fenolik grupların kitosandaki polisakkarit gruplarıyla etkileşimi ile amino ve hidroksi gruplarını su ile interaksyonu azaldığını böylece suda çözünürlüğün düştüğü bildirilmiştir (Rambabu ve ark., 2019). Yöntem B ile yapılan örneklerde yukardaki verilen literatürlere benzer olarak ıskın ilavesi ile suda çözünürlüğün düştüğü görüldü. Buna sebep olarak yukardaki literatürlere benzer olarak ıskının içindeki polifenolik bileşiklerin hidroksil gruplarının kitosanın polimer yapısıyla interaksyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yöntem B'de kitosan, gliserol ve ıskın ekstresinin farklı oranlara kullanılması sonuçların literatürden farklı çıkmasına sebep olmuştur.

Jelatin ve nişastanın suda çözünürlüğünün kitosandan daha yüksek olması yöntem A ile üretilen filmlerin yüzde suda çözünürlüğünün nispeten yöntem B ile üretilen filmlerin yüzde suda çözünürlüğünden daha yüksek olmasına yol açmıştır (Sanuja ve ark., 2015; Coşkun Topuz ve Boran, 2018; Özdemir ve Gökmen, 2019).

4.2.3. Filmlerin renk ölçümleri

Elde edilen 12 adet film örneğinde renk ölçüm analizi yöntem 3.2.2.3'te anlatıldığı gibi yapıldı. Renk üç boyut ile ifade edilir: L^* : Rengin parlaklığı (0: Siyah,

100: Beyaz), a^* : Kırmızılık-yeşillik (-175: Yeşil, +175: Kırmızı), b^* : Sarılık-mavilik (-175: Mavi, +175: Sarı) (Keskin ve ark., 2017). Yöntem A ile elde edilen filmlerin L^* değerleri 69,66-86,31, a^* değerlerinin -4,21 ile -6,29, b^* değerleri ise 11,70-20,20 aralığında değerler bulundu. Filmler genel olarak parlak şeffaf beyaz yapıda olduğu ve sarı-yeşil tonlarında elde edildiği tespit edildi. Fakat kontrol örneğiyle arada çok büyük farklar saptanmadı. Bulunan sonuçlar Tablo 4.1'de verildi.

Tablo 4. 1. Yöntem A ile oluşturulan filmlerin renk değerleri

Film Adı	L^*	a^*	b^*
PK-JN	86,31±3,33	-4,21±1,69	11,70±5,00
PK-%1JN	80,68±2,06	-4,63±0,27	13,17±1,34
PK-%2JN	79,07±3,77	-4,31±1,44	12,66±4,14
PK-%3JN	74,91±4,79	-5,16±0,92	15,83±3,49
PK-%1JNL	81,63±2,34	-6,29±1,07	18,44±4,25
PK-%2JNL	79,07±3,77	-4,31±1,44	13,00±4,71
PK-%3JNL	69,66±10,84	-6,21±1,32	20,20±6,35

Yöntem B ile elde edilen filmlerde L^* değeri 19,94-93, a^* değeri -0,79 ile -6,23, b^* değeri ise 10,56-36,57 aralığında bulundu. Filmlerde ışkın ilavesinin genel matlık değerinin arttığı, ancak %1,5'luk ışkın ilaveli filmin matlık değerinde sapma olduğu tespit edildi. Kitosan tabanlı filmlerin daha çok sarı rengin baskın olduğu ve sarı-yeşil bir tona sahip olduğu belirlendi. Sonuçlar Tablo 4.2'de verildi.

Tablo 4. 2. Yöntem B ile oluşturulan filmlerin renk değerleri

Film Adı	L^*	a^*	b^*
KK	93,40±5,53	-3,70±0,29	10,56±1,55
KK-%0,5	57,73±7,00	-6,23±0,88	33,93±2,05
KK-%1I	57,53±5,90	-4,44±0,92	36,57±0,04
KK-%1,5I	19,94±5,59	-0,79±0,98	24,03±5,28
KK-%2I	31,00±8,01	-2,86±0,06	16,76±8,54

Tulamandi ve ark. (2016)'nın papaya püresi ve soya proteini ilaveli, jelatin-niştasta filmde L^* değeri kontrol örneğinde 84,62 iken jelatin ve papaya ilavesi ile 76,30 kadar düştüğü, a^* değerlerinin 0,81 ve 3,80 arasında, b^* değerlerinin ise 2,22 ve 4,69 arasında değerleri arasında olduğu ifade edilmiştir. Papaya püre ilavesi filmin genel itibarıyla parlaklığını azalttığı, kırmızı ve sarılığı ise arttırdığı belirtilmiştir (Tulamandi ve ark., 2016). Akşehir (2013)'ün yaptığı akdüt ve karadut pekmezi ilaveli pektin ve aljinat filmlerde L^* değerleri 73,34 ve 91,44, a^* değerleri -1,72 ve -0,29, b^* değerleri ise 8,7 ile 24,1 arasında olduğu ifade edilmiştir. Akdüt ve karadut pekmezi ilavesi genel olarak filmin opaklığını arttırdığı, akdüt ilavesinin yeşil renge karadut ilavesinin ise

kırmızı renge katkı sağladığı belirtilmiştir (Akşehir, 2013). Şahin (2019)'un kumkuat kabuğu ekstraktı ilaveli kitosan filmlerde L^* değerleri 93,7 ve 81,8 arasında a^* değerleri 0,31 ve 6,41, b^* değerleri 5,45 ve 53,88 arasında olduğu belirtilmiştir. Kumkuatın turuncu- kırmızı baskın rengiyle filmin matlığını arttırdığı ve daha kırmızı-sarı bir renge kavuştuğu raporlanmıştır (Şahin, 2019). Yukardaki literatürlerde verilen opaklık artışı çapraz bağ derecesinin yüksek olmasıyla açıklanmıştır. Çapraz bağ derecesi arttıkça polimerler arası boşluk azaldığından ışık geçişi azalacak böylelikle parlaklık düşecektir (Akşehir, 2013). Yöntem A ve B'de yapılan renk analizlerinde benzer olarak ışık ilavesi opaklığı arttırmıştır. Buna sebep olarak ışığın polimer yapıya katkı sağlayarak boşlukları azaltması olduğu düşünülmektedir.

Ravishankar ve ark. (2009)'nin yaptığı antimikrobiyal yağ ilaveli elma nişastası bazlı filmlerinde L^* değeri 85,01 ile 86,77, a^* değeri -2.05 ile -0.90, b^* değeri, 20,71 ile 33,34; havuç ilaveli filmlerde L^* değeri 75,5 ile 85,51, a^* değeri -6,11 ile -22,50, b^* değeri 43,37 ile 75,29 değerleri arasında bulunduğu ifade edilmiştir. Ayrıca lipidin yapısının parlaklığı artmasına bağlı olarak antimikrobiyal yağ ilavesi opaklığı azalttığı ifade edilmiştir. Yağın sarımsı renginin filmin rengini sarı yönde etkilediği bildirilmiştir. (Ravishankar ve ark., 2009). Yöntem A'da fosfolipid yapısından dolayı lesitinin parlaklığı arttırdığı tespit edildi.

Her iki yöntemde elde edilen filmler karşılaştırıldığında yöntem B ile elde edilen filmlerin yöntem A'dakine göre daha mat ve sarı-yeşil tonlarının sahip olduğu söylenebilir. Buna sebep olarak yöntem A ve yöntem B' deki hammaddelerin farklı olmasının yanı sıra yöntem A'da ışıkların püre olarak direkt katılması söylenebilir. Ayrıca yöntem B' de ise ışıkların kurutularak toz haline getirilmesi ve jellerle birlikte homojenizatörden geçirilmesi renk tonunda değişikliklere sebep olmuştur.

4.2.4. Filmlerin çekme dayanımı ve kopma anındaki uzama katsayısının belirlenmesi (TS, % EB)

Çekme dayanımı ve kopma anındaki uzama katsayısı filmlerin mekanik özelliklerinin göstergesidir. Gıdanın korunması ve gıdanın zarar görmemesi için paketleme maddesinin mekanik özellikleri iyi olmalıdır. %EB kopma anındaki uzamayı gösterir ve filmin elastikiyetiyle alakalıdır. TS ise filmin direncini ifade eder (Liu ve ark., 2020).

Yöntem A ve yöntem B ile oluşturulan 12 tane film örneğinin çekme dayanımı (TS) ve kopma anındaki uzama katsayısı (%EB) analizi 3.2.2.4 verilen yöntem ile yapıldı.

Yöntem A ile oluşturulan örneklerde kopma anındaki uzama katsayısı %67,94±0,29 ve %59,94±1,90 aralığında bulundu. Kontrol örneğine ışkın eklendikten sonra kopma anındaki uzama katsayısında bir miktar düşüş gözlemlendi. Fakat örneklerdeki jelatin miktarı arttıkça kopma anındaki uzama katsayısı da artış olduğu görüldü (Tablo 4.3). Işkın ilaveli örnekler soya lesitini eklenmesi, kopma anındaki uzama katsayısını yeniden kontrol'e yakın değerlere taşıdığı belirlendi. Sonuç olarak kontrol ve diğer örnekler arasında küçük değişimler olsa da aralarında çok büyük farklar olmadığı görüldü.

Yöntem A ile oluşturulan örneklerde çekme dayanımı 0,64±0,009 ile 0,34±0,009 MPa aralığında bulundu. Çekme dayanımının PK-%1JN dışında kontrole yakın olduğu tespit edildi (Tablo 4.3). Soya lesitini ilaveli örneklerde kopma anındaki uzama katsayısının artıp, çekme dayanımını azalması soya lesitinin yağlı yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yağ bazlı ürünler moleküler kuvvetleri düşürür, film yapısının kırılabilirliğini azaltır ve polimer hareketliliğini yükseltir, böylece TS'yi düşürürken aynı zamanda %EB değerini yükseltir (Li, 2008).

Tablo 4. 3. Yöntem A ile oluşturulan % kopma anındaki uzama katsayısı (%EB) ve çekme dayanımı (TS)

Film Adı	EB (%)	TS (MPa)
PK-JN	%66,78±2,77	0,53±0,002
PK-%1JN	%59,94±1,90	0,34±0,009
PK-%2JN	%59,14±2,35	0,60±0,024
PK-%3JN	%65,17±2,31	0,64±0,009
PK-%1JNL	%66,39±14,29	0,41±0,025
PK-%2JNL	%66,58±1,46	0,51±0,014
PK-%3JNL	%67,94±0,29	0,51±0,041

Yöntem B ile oluşturulan örneklerde kopma anındaki uzama katsayısı (%EB) kontrol örneğine kıyasla ışkın konsantrasyonundaki artışa paralel olarak düzenli bir azalma gösterdiği tespit edildi (Tablo 4.4). Yöntem B ile oluşturulan örneklerde çekme dayanımı analizinde kontrol örneğine göre ışkın ilave edilmiş örneklerin çekme dayanımı daha düşük olduğu belirlendi (Tablo 4.4).

Tablo 4. 4. Yöntem B ile oluşturulan % kopma anındaki uzama katsayısı (%EB) ve çekme dayanımı (TS)

Film Adı	%EB	TS (MPa)
KK	%88,33±11,82	2,17±0,189
KK%0,5	%63,85±2,71	1,20±0,013
KK-%1I	%57,60±3,09	1,17±0,096
KK-%1,5I	%54,93±1,27	1,21±0,005
KK-%2I	%52,07±0,84	1,16±0,011

Literatürde konuyla ilgili çalışmalarda Rojas-Graü ve ark. (2007)'nin yaptığı antimikrobiyal etkili yağ ilaveli pektin filmlerde çekme dayanımı 0,54 ve 0,79 MPa değerleri arasında saptandığı, kopma anındaki uzama miktarının ise %22,6 ve %27,4 aralığında bulunduğu, ilave edilen antimikrobiyal yağlar %EB'yi yükseltirken TS değerini düşürdüğü belirtilmiştir. Eklenen yağların polariteyi arttırmasından dolayı moleküler ağırlığın arttığı iyonun daha kalın daha esnek ancak daha kırıldığan olduğu ifade edilmiştir (Rojas-Graü ve ark., 2007). Yöntem A ile üretilen filmlerde benzer olarak lesitin ilavesi %EB'yi arttırırken TS değerini düşürdüğü görüldü.

Liu ve ark. (2020)'nin yaptığı çalışmada soya fasulyesi polisakkariti filme jelatin ilave edilerek oluşturulan örneklerde jelatin miktarı arttıkça TS ve %EB değerleri arttığı belirtilerek, jelatin artışıyla değerlerin artmasının iki biyopolimerin etkileşiminin artmasıyla kompakt yapı oluşmasıyla ilgili olabileceği şeklinde açıklanmıştır (Liu ve ark., 2020). Yöntem A ile oluşturulan filmlerde benzer olarak jelatin artışı TS ve %EB'yi arttırmıştır.

Panrong ve ark. (2019)'un yaptığı çalışmada nişasta ve düşük yoğunluklu polietilen bazlı yeşil çay ekstresi ilaveli filmlerde yeşil çay ekstresi ilavesinin TS ve %EB değerlerini önemli ölçüde düşürdüğü ifade edilmiştir. Bu durum ise yeşil çay ekstresinin polimer maddelerle zincir etkileşimini düşürmesi ve yapışkanlığı azaltması olarak açıklanmıştır (Panrong ve ark., 2019). Riaz ve ark. (2020)'nin yaptığı kitosan bazlı Çin soğanı ekstresi ilaveli filmlerde çin soğanı ekstresi ilavesi TS, %EB değerlerinin azalttığı, dahası filmdeki Çin soğanı ekstresinin miktarı arttırıldığında, TS ve %EB değerleri azalmaya devam ettiği belirtilmiştir. Ekstre ilavesi polimer zincirler arası etkileşimi azalttığı için TS ve %EB değerini azalttığı raporlanmıştır (Riaz ve ark., 2020). Riaz ve ark. (2018)'in yaptığı elma püresi ilaveli kitosan filmlerde elma püresi miktarı arttıkça TS ve %EB değerinin düzenli olarak düştüğü belirtilmiştir. Polifenollerin kristal yapıyı azaltması sebebiyle TS ve %EB değerlerinin düştüğü belirtilmiştir (Riaz ve ark., 2018). Yöntem A ile üretilen filmlerde hem de yöntem B ile

Üretilen filmlerde ışkın ilavesi yukardaki literatüre benzer olarak TS ve %EB değerini düşürmüştür.

Yöntem A ile B kıyaslandığında, yöntem B ile hazırlanan örneklerin çekme dayanımı (TS) değerleri Yöntem A ile oluşturulan örneklere göre daha yüksek olduğu açıktır. Yöntem A'da kopma anındaki uzama katsayısının (%EB) ışkın ilavesi ile çok değişmediği Yöntem B'de ise bariz olarak azalttığı görüldü. Yöntem A'da TS ve %EB değerlerinin çok fazla değişmeme sebebi olarak ışkın miktarının sabit kalıp film yapıcı ve yağ maddesinin değişmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Rojas-Graü ve ark., 2007). Yöntem B'de artan konsantrasyonlarla ışkın ilavesinin belirgin olarak TS ve %EB değerini düşürdüğü tespit edildi. Bu durumun artan ışkın konsantrasyonuna bağlı olarak polimer zincirleri arasındaki etkileşimin azalması nedeniyle olduğu düşünülmektedir (Panrong ve ark., 2019; Riaz ve ark., 2020). Toz ışkın kullanımında su miktarının çok az olması, filmlerde kırılğanlığın artışına sebep iken, püre halindeki ışgın ilavesi filmlerde nem seviyesini yükseltmekte buna bağlı olarak elastikiyet ve dayanım artışı gözlenebilmektedir.

4.2.5. Absorbans ve transmittans değerleri

Üretilen 12 adet filmin absorbans ve transmittans değerleri 3.2.2.5'de verilen yöntem ile saptandı. Örnekler seyreltilmeden kullanıldığında değerler 0-1 aralığında bulunmadığından örnekler saf su ile 10 kat seyreltilerek analizi yapıldı. Yöntem A ile oluşturulan örneklerde ışkın ilave edilmiş örnekler arasında PK-%3JNL rneği hariç absorbans değerlerinin azaldığı görüldü. Kontrol rneği ve ışkın ilave edilmiş örnekler arasında ise PK-%1JN ve PK-%3JNL rneği hariç kontrol örneğinden daha düşük absorbans gözlendi.

Yöntem A ile oluşturulan örneklerin transmittans değerlerine bakıldığında ise ışkın ilaveli örnekler arasında PK-%3JNL rneği hariç bir artış görüldü. Kontrol rneği ve ışkın ilaveli örnekler karşılaştırıldığında ise PK-%1JN ve PK-%3JNL rneği hariç transmittans değerleri kontrol örneğinden yüksek olduğu saptandı. Yöntem A ile oluşturulan örneklerin absorbans ve transmittans değerleri Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da verildi.

Tablo 4. 5. "Yöntem A" ile üretilen filmlerin absorbans değerleri

Film Adı	520 nm	600 nm	680 nm	700 nm	720 nm	760 nm
PK-JN	0,53±0,13	0,48±0,11	0,45±0,11	0,43±0,11	0,42±0,11	0,39±0,11
PK-%1JN	0,61±0,02	0,55±0,02	0,51±0,03	0,51±0,03	0,49±0,03	0,48±0,02
PK-%2JN	0,46±0,03	0,40±0,02	0,36±0,004	0,35±0,01	0,34±0,01	0,33±0,01
PK-%3JN	0,42±0,02	0,38±0,03	0,35±0,01	0,34±0,01	0,35±0,02	0,32±0,01
PK-%1JNL	0,23±0,01	0,18±0,001	0,15±0,001	0,14±0,001	0,13±0,001	0,12±0,001
PK-%2JNL	0,14±0,08	0,12±0,01	0,10±0,01	0,09±0,006	0,082±0,03	0,08±0,003
PK-%3JNL	0,81±0,02	0,75±0,02	0,70±0,02	0,70±0,03	0,67±0,038	0,650±0,03

Tablo 4. 6. "Yöntem A" ile üretilen filmlerin transmittans değerleri

Film Adı	520 nm	600 nm	680 nm	700 nm	720 nm	760 nm
PK-JN	29,86±9,55	33,81±9,31	36,14±10,15	37,65±10,68	38,86±10,62	41,07±10,64
PK-%1JN	24,08±1,60	27,97±1,55	30,33±2,57	31,41±1,74	32,13±2,21	33,09±1,76
PK-%2JN	34,21±2,91	39,10±2,28	43,28±1,05	44,03±1,29	44,83±1,71	46,69±1,80
PK-%3JN	37,92±1,91	41,15±2,93	43,78±1,97	45,43±1,53	44,62±3,10	47,67±1,66
PK-%1JNL	57,93±0,71	64,94±0,24	70,20±0,20	71,51±0,21	72,73±0,22	74,81±0,25
PK-%2JNL	72,35±1,36	74,72±2,05	78,99±2,11	80,27±1,16	81,15±0,52	82,79±0,79
PK-%3JNL	15,20±1,04	17,66±0,90	19,79±1,01	19,92±1,75	21,21±1,93	22,35±1,91

Absorbans değerlerinin ölçüldüğü dalga boylarından 520 nm’de yeşil renk, 600 nm turuncu, 680 nm turuncu–kırmızı renk, 700 nm, 720 nm ve 760 nm dalga boyunda ise kırmızı renk hakimdir (Akşehir, 2013). Genel olarak yöntem A ile elde edilen filmlerin absorbans değerleri 520 nm’den 760 nm’ye doğru azalmaktadır. Bu durumda filmlerde yeşil rengin baskın olduğu söylenebilir.

Yöntem B ile oluşturulan örneklerin absorbans değerleri kontrol örneği ve %0,5, %1, %1,5 ve %2 ışkın ilaveli örneğe doğru düzenli bir artış sağladığı görüldü. Yöntem B ile yapılan filmlerde transmittans değerleri ise kontrol örneği ve %0,5, %1, %1,5 ve %2 ışkın ilaveli örneğe doğru düzgün bir azalış gösterdiği belirlenmiştir. Yöntem B ile oluşturulan filmlerin absorbans ve transmittans değerleri Tablo 4.9 ve Tablo 4.10’da verilmiştir. Genel olarak yöntem B ile elde edilen filmlerin absorbans değerleri 520 nm’den 760 nm’ye doğru azalmaktadır. Bu durumda filmlerde yöntem A’da olduğu gibi yeşil rengin baskın olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 4. 7. "Yöntem B" ile üretilen filmlerin absorbans değerleri

Film Adı	520 nm	600 nm	680 nm	700 nm	720 nm	760 nm
KK	0,013±0,0001	0,012±0,0002	0,07±0,0005	0,006±0,0004	0,003±0,0002	0,001±0,0002
KK-%0,5I	0,07±0,009	0,065±0,005	0,057±0,0005	0,057±0,0004	0,061±0,0002	0,052±0,009
KK-%1I	0,12±0,002	0,10±0,002	0,09±0,002	0,08±0,002	0,081±0,002	0,075±0,002
KK-%1,5I	0,27±0,01	0,23±0,007	0,20±0,002	0,19±0,05	0,19±0,01	0,18±0,02
KK-%2I	0,47±0,04	0,38±0,03	0,32±0,02	0,31±0,03	0,30±0,04	0,30±0,08

Tablo 4. 8. "Yöntem B" ile üretilen filmlerin Transmittans değerleri

Film Adı	520 nm	600 nm	680 nm	700 nm	720 nm	760 nm
KK	96,68±0,27	97,26±0,05	98,21±0,05	98,62±0,09	99,11±0,05	99,66±0,06
KK-%0,5I	84,68±0,62	86,06±1,00	87,69±2,01	87,63±1,79	86,71±2,80	88,32±2,13
KK-%1I	75,36±0,41	78,87±0,15	81,10±0,46	78,79±6,19	83,27±0,10	84,12±0,43
KK-%1,5I	53,63±1,77	58,85±0,997	62,89±0,33	63,88±0,83	64,08±2,35	65,46±3,62
KK-%2I	33,85±3,51	41,47±2,95	47,06±2,14	48,49±3,38	49,30±5,17	49,58±8,81

İki yöntem kıyaslandığında absorbans değerleri yönünden yöntem A, transmittans değerleri yönünden ise yöntem B'nin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebinin ise film hazırlanmasında kullanılan farklı yöntemlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Konuyla ilgili literatüre bakıldığında Akşehir (2013)'in yaptığı akdüt ve karadut pekmezi ilaveli aljinat ve pektin filmlerde absorbans değerleri akdüt pekmezi ilaveli örneklerde 0,27 ile 1,674, karadut pekmezi ilaveli örneklerde ise 0,124 ve 1,165 aralığında olduğu belirtilmiştir. Transmittans değerleri ise akdüt pekmezi ilaveli örneklerde 2,1 ve 53,6 karadut pekmezi ilaveli örneklerde 6,6 ve 65,2 aralığında olduğu ifade edilmiştir. Buna göre akdüt ve karadut pekmezi ilavesi filmde absorbans miktarını yükseltirken transmittans değerini düşürdüğü, akdüt ve karadut maddeleri içindeki fenolik yapıdan dolayı koyu bir film olduğu bildirilmiştir (Akşehir, 2013). Rambabu ve ark. (2019)'un yaptığı mango yaprağı ilaveli kitosan filmlerde 600 nm'de yapılan transmittans analizinde mango yaprağı ilavesinin kitosan filmlerde transmittansı düşürdüğü belirtilmiştir. Mango yaprağı ekstraktında bulunan fenolik bileşikler daha koyu bir film meydana getirdiği raporlanmıştır (Rambabu ve ark., 2019). Gahruie ve ark. (2019)'un yaptığı %1-%3 oranlarında fesleğen zıncı ilaveli gam bazlı filmlerde fesleğen zıncı ilavesi ile transmittans değerlerinin düştüğü, buna sebep olarak da fesleğenin polifenol yapısı gösterilmiştir (Gahruie ve ark., 2019). Hem yöntem A ve hem de yöntem B ile üretilen filmlerde yukardaki literatüre benzer olarak ışık ilavesinin absorbansı genel olarak yükselttiği transmittansı ise düşürdüğü gözlemlendi. Bu değişime literatüre benzer olarak ışığın polifenol yapısı sebebiyle olduğu düşünülmektedir.

Liu ve ark. (2020)'nin yaptığı soya fasulyesi çeşitli oranlarda kombine edilmiş polisakkarit ve jelatin filmlerde 400 nm, 500 nm ve 600 nm'de transmittans değerleri 69,22 ve 90,04 değerleri aralığında bulunduğu, soya fasulyesi ilavesinin jelatin filmlerde transmittansı yükselttiği belirtilmiştir. Bu durumun filmin içindeki çözünmez

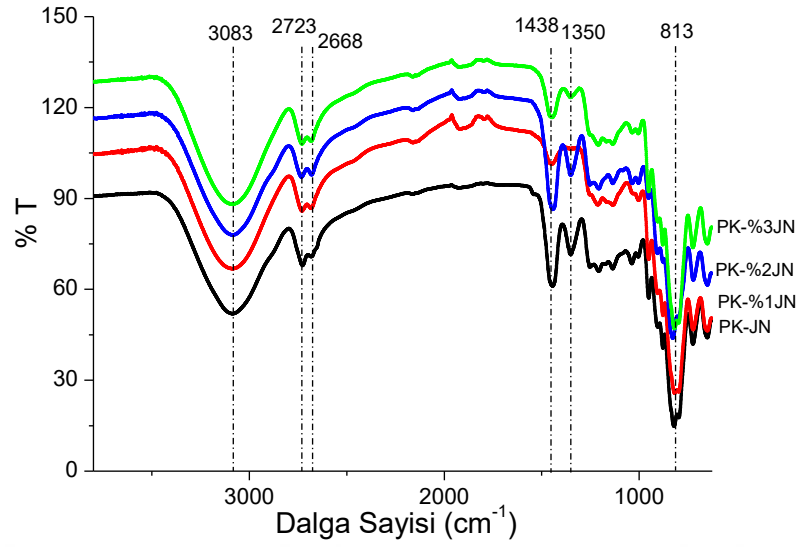
maddelerden veya mikro-faz ayrılmalarından kaynaklandığı bildirilmiştir (Liu ve ark., 2020). Yöntem A ile yapılan örneklerde benzer olarak jelatin ilavesi ve miktarının artması genel itibariyle transmittansı yükselttiği görüldü.

Yöntem A ve B ile üretilen filmlerin absorbands ve transmittans değerleri karşılaştırıldığında hem Yöntem A ile üretilen filmlerde hem de Yöntem B ile üretilen filmlerde ışıktan ilavesinin absorbandsı yükseltirken transmittansı düşürmüştür. Jelatinin artması ile Yöntem A ile üretilen filmlerde absorbands değeri düşüp transmittans değeri yükselirken; Yöntem B ile üretilen filmlerde ışıktan miktarı arttıkça düzenli olarak absorbands değerlerinin yükseldiği transmittans değerlerinin düştüğü belirlendi.

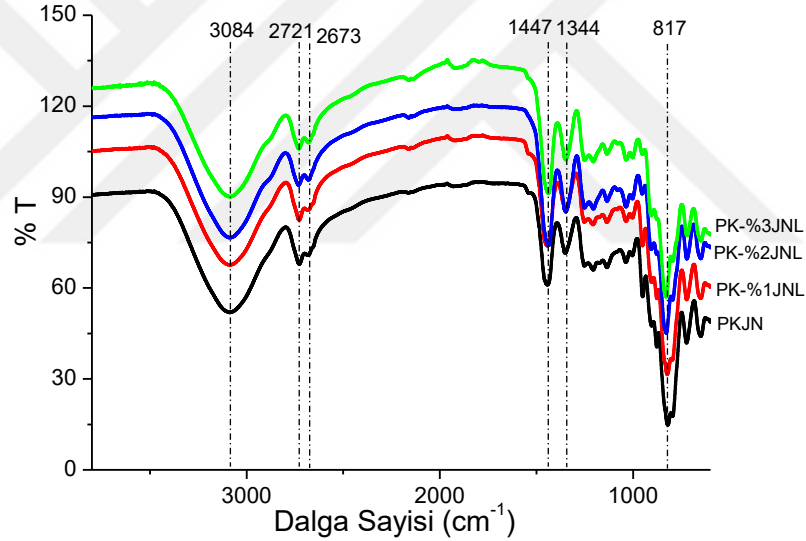
4.2.6. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR)

Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi analizi maddelerin molekül yapısını, tanecik yapısını ve varlığını aynı zamanda da organik katmanlarını belirlemede kullanılmaktadır (Baer ve Thevuthasan, 2010; Çokaylıgil, 2013). Bir başka deyişle FT-IR farklı maddeler arasında toplam karışabilirliği gösterir (Şahin, 2019). Yeterli düzeyde duyarlı olan FT-IR cihazında kalınlık dahi belirlenebilir. FT-IR ışın dağıtıcı, hareket eden aynalar, değişik dalga boylu IR kaynağı ve interferometreden oluşur. Cihazda toplanan absorbands değerleri fourier dönüşümü eğrisi olarak verilmektedir (Baer ve Thevuthasan, 2010; Çokaylıgil, 2013).

Yöntem A ile üretilen örneklerle ait FT-IR spektrumları Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'da gösterilmektedir. Spektrumlarda doğal nişasta numunesinin 3083 cm^{-1} 'deki pik değerinde gözlenen bant, -OH- yapısındaki -O-H- bağ gerilmesine karşılık gelmektedir. 1152 ve 1079 cm^{-1} dalga sayısı değerlerinde gözlenen bantlar, doğal nişastaya ait olup nişastanın -C-O-H yapısındaki -C-O- bağ gerilmesine karşılık gelmektedir. Ayrıca 1160 ve 1100 cm^{-1} 'deki pikler -C-O-C- bağ gerilmesine aittir. $1000-800\text{ cm}^{-1}$ 'deki pikler ise -C-H- bağ gerilmelerinden kaynaklanmaktadır (Kavas ve ark., 2020). Yöntem A ile hazırlanan filmlerde karışımlarının spektrumlarında nişasta ve jelatinin kendine ait pikleri bulunduğu görülmüştür. Piklenme ve pik yoğunluğunda değişim olmadığından yapının doğal nişasta- jelatin yapısında uzaklaşmadığını ve herhangi bir kimyasal deformasyonun söz konusu olmadığını göstermektedir.

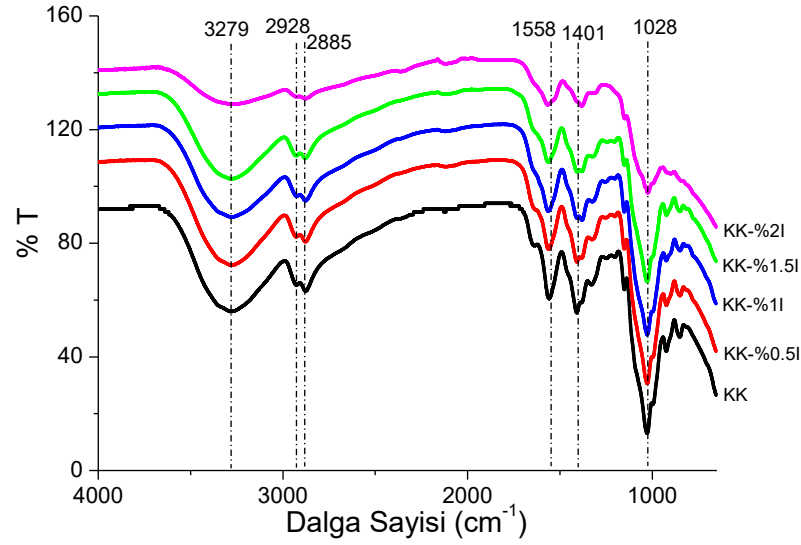


Şekil 4. 7. PK-JN, PK-%1JN, PK-%2JN, PK-%3JN örneklerine ait FT-IR spektrumları



Şekil 4. 8. PK-JN, PK-%1JNL, PK-%2JNL, PK-%3JNL örneklerine ait FT-IR spektrumlar

Yöntem B ile üretilen filmlere ait FT-IR spektrumları Şekil 4.7.'de verilmektedir. Kitosanın FT-IR spektrumunda; 3279 cm^{-1} 'de geniş bant yüzeydeki hidroksil (-OH) gruplarından kaynaklanmaktadır. 2928 ve 2885 cm^{-1} 'de gözlenen bantlar -C-H bağ gerilmelerine (asimetrik ve simetrik) karşılık gelmektedir. 1630 cm^{-1} 'de düşük şiddetteki omuz bandı -NH ve 1558 cm^{-1} 'de -NH₂ eğilme bantlarından kaynaklanmaktadır. Kitosan yapısındaki alkol gruplarının -COH titreşimlerini ise 1401 cm^{-1} 'deki bant göstermektedir. 1000-800 cm^{-1} 'de yer alan bantlar ise -C-H bağ gerilmelerinden kaynaklanmaktadır (Rocha ve ark., 2016; Yasmeen ve ark., 2016).



Şekil 4. 9. KK, KK-%0,5I, KK-%1I, KK-%1,5I, KK-%2I film örneklerine ait FT-IR spektrumları

Kitosan bazlı filmlerin FT-IR spektrumlarında ise kitosana ait karakteristik bantlar mevcut olup bant pozisyonlarında herhangi bir değişme söz konusu değildir. Bu durumda, filmlerin hazırlanması esnasında herhangi bir kimyasal etkileşimin ve deformasyonun olmadığı görülmektedir. Kitosanın fonksiyonel gruplarıyla ilave edilen maddenin aktif grupları arasında herhangi bir etkileşimin olmadığı filmlerin bağ yapısının değişmediği gözlenmiştir (Xiao ve ark., 2003).

Yöntem A ve B karşılaştırıldığında nişasta ile hazırlanan film karışımlarının spektrumlarında nişastanın ve jelatinin karakteristik pikleri mevcuttur. Bu durum yapının doğal karışımdan uzaklaşmadığını ve herhangi bir kimyasal deformasyonun söz konusu olmadığını göstermektedir. Benzer durum kitosan ile hazırlanan film karışımlarında da gözlenmektedir.

Kavas ark. (2020)'nin yaptığı biberiye ekstresi ve kaolin ilaveli polivinil alkol/nişasta bazlı filmlerde $3500-3100\text{ cm}^{-1}$ aralığında hidroksil grubunu 2935 ve 1732 cm^{-1} bölgelerinde $-\text{CH}_2$ ve $-\text{C}-\text{O}-$ piklerinin olduğu, 1024 cm^{-1} bölgesinde ise biberiye ekstresinin aromatik gruplarından dolayı piklenme olduğu söylenmiştir (Kavas ark., 2020). Liu ve ark. (2020)'nin yaptığı soya fasulyesi polisakkariti ve jelatin kombine edilen filmlerde 3295 cm^{-1} jelatinin karakteristik piklerinin görüldüğü, 1031 cm^{-1} glikozit yapının $-\text{C}-\text{O}-$ bağları görüldüğü belirtilerek soya fasulyesi polisakkariti ve jelatinin karakteristik pikleri grafikte belirgin olduğu ifade edilmiştir (Liu ve ark., 2020). Tongnuanchan ve ark. (2012)'nin çeşitli antimikrobiyal yağ ilaveli jelatin

filmlere yapılan FT-IR analizinde $1033-1039\text{ cm}^{-1}$ 'de -O-H- gruplarının, $1200-1630\text{ cm}^{-1}$ 'de amid gruplarının, 2900 cm^{-1} 'de -C-H- gruplarının olduğu belirtilmiştir. $1742-1743\text{ cm}^{-1}$ 'de pik yoğunluğunda yağdan dolayı çok küçük artma olduğu raporlanmıştır (Tongnuanchan ve ark., 2012). Yöntem A ile üretilen filmlerde yukardaki literatüre benzer olarak jelatin ve nişastanın karakteristik pikleri görülürken, ışkın ilavesi pik yapısını değiştirmemiştir.

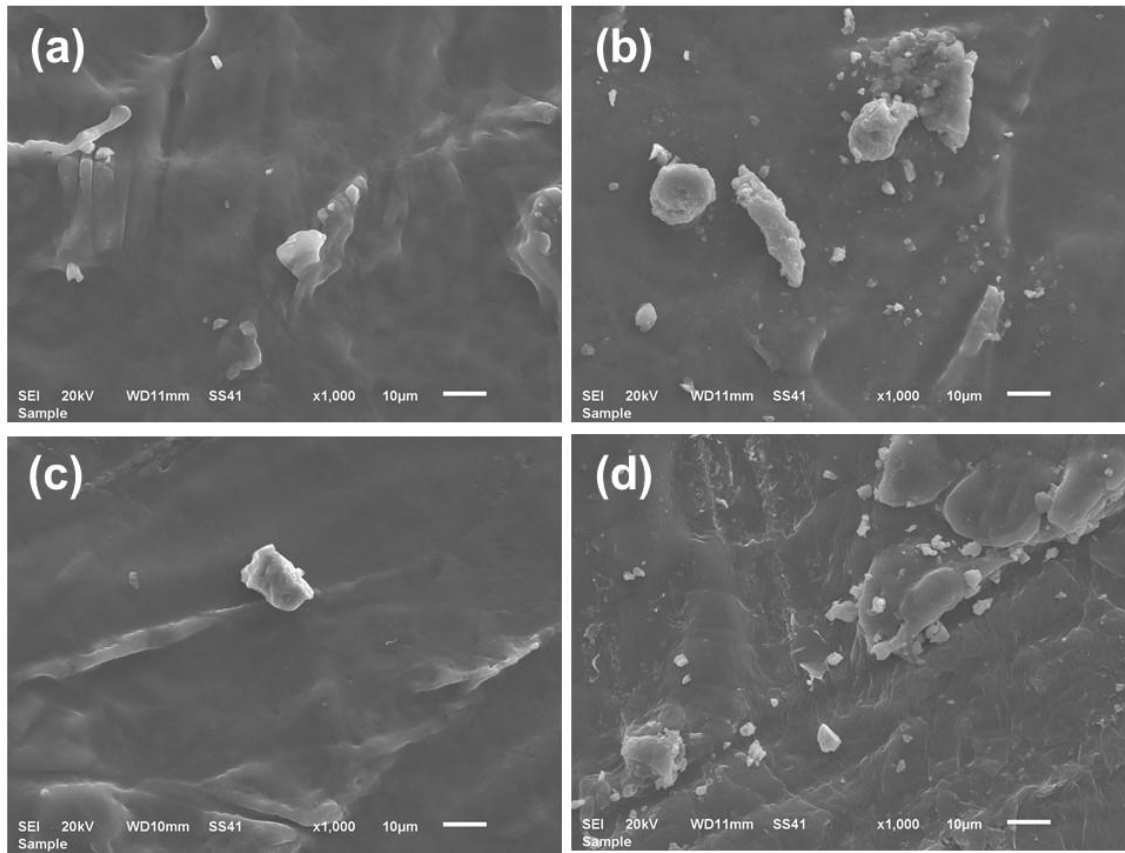
Ayva çekirdeği müsilajı ilaveli kitosan filmlere yapılan FT-IR analizlerinde kontrol örneğinde ve ayva müsilajı eklenmiş örneklerde $3200-3300\text{ cm}^{-1}$ değerlerinden kitosan kaynaklı pikler meydana geldiği, $2800-2900\text{ cm}^{-1}$ arası -C-H- etkileşim değerleri de ayva müsilajı eklenmiş kitosan filmlerde benzer olduğu kitosan filmlere ayva müsilajı eklenmesi dalga sayısında ve şiddetinde belirgin bir yapı değişimine sebep olmadığı ve filmlerin bağ kompozisyonunun değişmediği belirtilmiştir (Erdoğan, 2020). Wang ve ark. (2019)'un yaptığı Herba Lophatheri ekstraktı (HLE) ilaveli kitosan filmlerin FT-IR grafiklerine bakıldığında kontrol örneğiyle HLE ilave edilmiş örneklerin pikleri arasında genel olarak bir fark olmadığı HLE ilavesinin piklenme yapısını değiştirmediği raporlanmıştır. Grafikte olan ufak titreşimlerin kitosandan ve HLE' de bulunan -C-O-, -C-H- bağlarının etkileşiminden dolayı olabileceği belirtilmiştir (Wang ve ark., 2019). Riaz ve ark. (2020)'nin yaptığı çin soğanı ekstresi ilaveli kitosan filmlerde 3274 cm^{-1} piklenme -O-H- bağından $1491-2990\text{ cm}^{-1}$ piklenme alkil gruplarından gelen -C-H- bağlarından $346, 874, 1180\text{ cm}^{-1}$ piklenme ise -C-O- ve -N-H- bağlarından dolayı olduğu raporlanmıştır. Kontrol örneği ve çin soğanı ekstresi ilaveli örneklerin grafikleri arasında belirgin bir fark oluşturmadığı, kitosan ve çin soğanı ekstresi arasında sadece fiziksel bir etkileşim olduğu belirtilmiştir. Polimer grupları arasında yapıda normalde de bulunan -C-O-, -O-H-, -C-H- etkileşimi olabileceği raporlanmıştır (Riaz ve ark., 2020). Yöntem B ile oluşturulan filmlerde yukardaki literatürlere benzer olarak ışkın ilavesiyle pik yapısından belirgin bir değişim olmamıştır. Film yapısında bulunan -C-O-, -C-H-, -O-H- etkileşimi olabileceği düşünülmektedir.

4.2.7. Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

SEM analizi filmlerde yüzey morfolojisini belirlemek için yapılmaktadır. SEM analizi yardımıyla yüzey pürüzlülüğünü ve maddelerin yüzeyde yaptığı değişimler SEM analizi ile açık olarak görülmektedir. Filmin yüzey pürüzlülüğünün değişmesi geçirgenlik miktarını değiştirdiği için önemlidir (Memiş, 2017). Işkın katkılanmış,

yenilebilir 10 farklı film karışımının ve 2 kontrol örneğinin morfolojik analizleri taramalı elektron mikroskopu (SEM) ile incelendi. Ayrıca bu 12 yeni jel karışımının kalitatif analizi elektron dağılım spektroskopisi (EDS) sonuçları ile gösterildi.

Yöntem A ile üretilen filmlerin SEM görüntüleri, yöntem B ile üretilen film örneklerine benzer şekildedir. Bu durumda PK-JN örneğine ait SEM görüntüleri incelendiğinde farklı boyutlarda taneciklerin olduğu görülmektedir (Şekil 4.10.a). Jelatin katkılanmış nişasta-ışkın karışımlarda ise jelatin katkılama oranı arttıkça yüzeyde partiküllerin daha fazla yer kapladığı görülmektedir (Şekil 4.10. b-d).



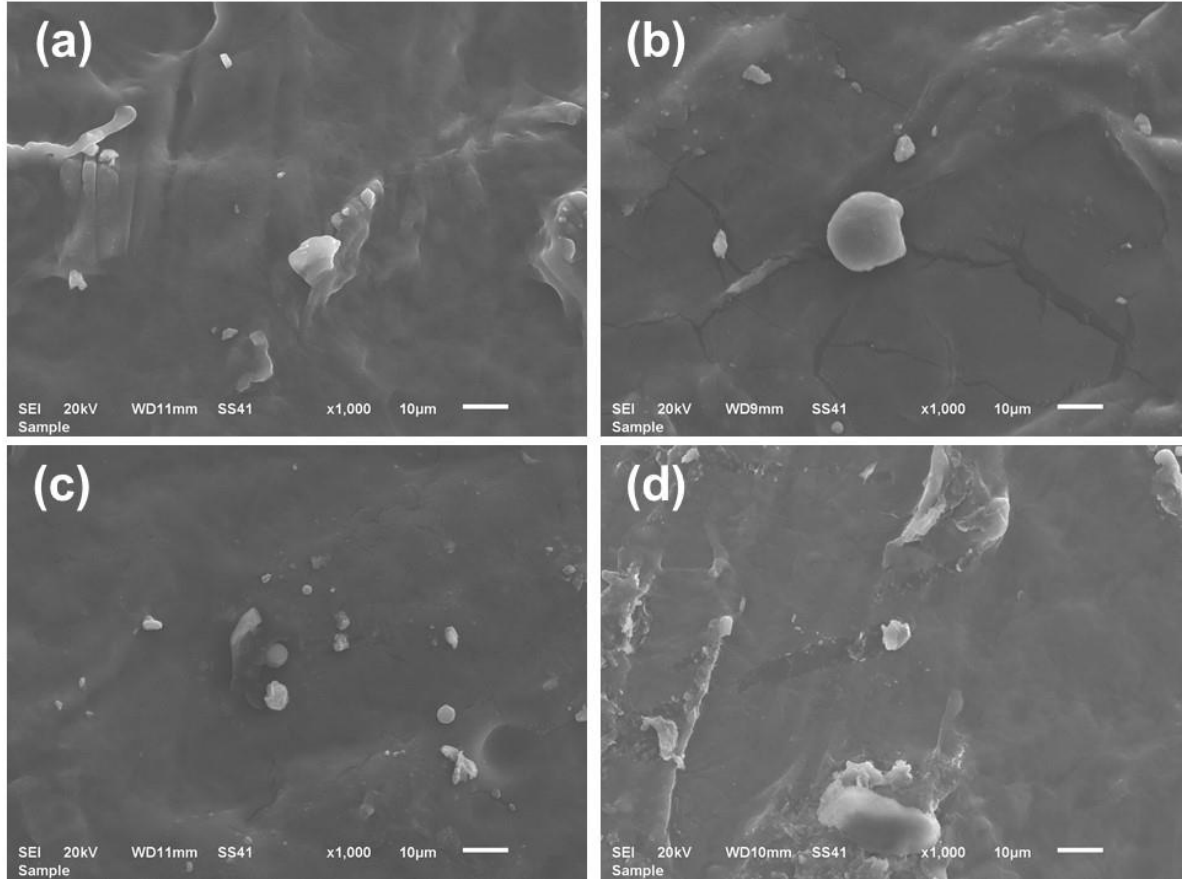
Şekil 4. 10. (a) PK-JN (b) PK-%1JN, (c) PK-%2JN ve (d) PK-%3JN örneklerine ait SEM görüntüleri

PK-JN, PK-%1JN, PK-%2JN, PK-%3JN örneklerinin EDS sonuçları biyolojik numunelerde var olduğu üzere C, N ve O'den meydana gelmektedir (Tablo 4.9).

Tablo 4. 9. PK-JN, PK-%1JN, PK-%2JN, PK-%3JN film örneklerinin EDS sonuçları

Numune	Ağırlık (%)			Atomik (%)		
	C	N	O	C	N	O
PK-JN	28,107	5,073	66,819	11,89	0,57	20,23
PK-%1JN	28,487	7,940	63,573	14,82	1,07	20,83
PK-%2JN	37,991	3,429	58,579	33,87	0,54	29,02
PK-%3JN	40,760	4,486	54,754	50,06	0,88	32,97

Şekil 4.11’de PK-JN, PK-%1JNL, PK-%2JNL, PK-%3JNL filmlerine ait SEM görüntüleri gösterilmektedir. SEM görüntüleri incelendiğinde, nişasta içeren jelatin katkılı ışkın karışımlarına benzer bir davranış sergilemektedir. Lesitin ilavesi ile jelatin katkılama oranı arttıkça parçacıklar yüzeyde homojen bir dağılım sergilemektedir (Şekil 4.11. b-d).



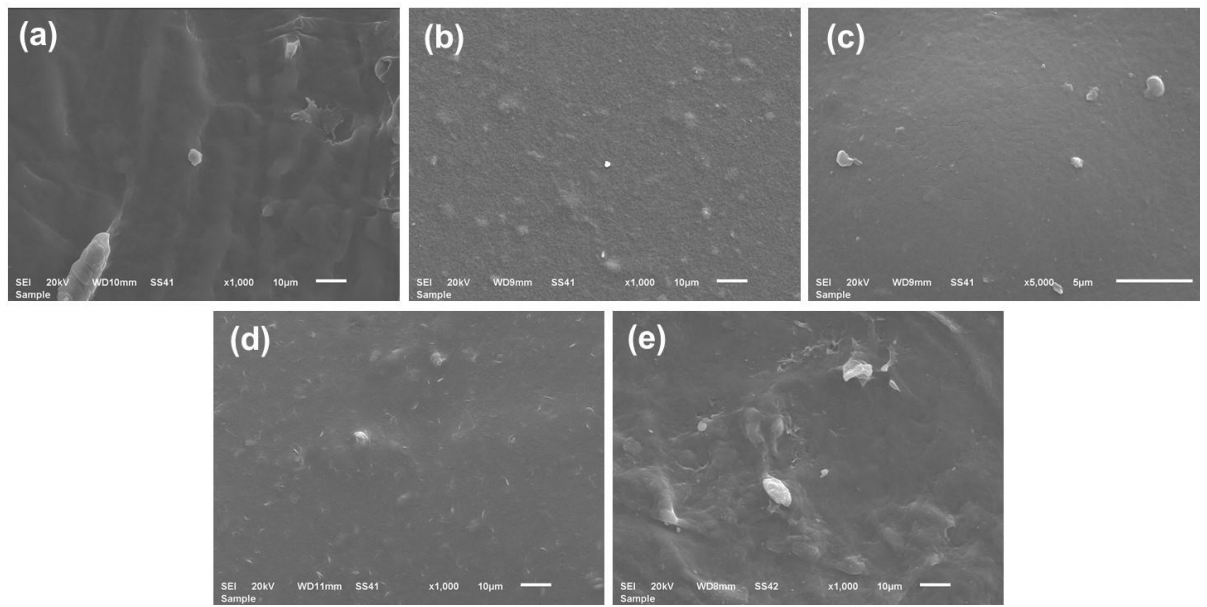
Şekil 4. 11. (a) PK-JN, (b) PK-%1JNL, (c) PK-%2JNL ve (d) PK-%3JNL film örneklerinin SEM görüntüleri

Nişasta ve jelatin katkılı nişasta-saf soya lesitini-ışkın karışımlarının EDS sonuçları C, N ve O’nun varlığını göstermektedir (Tablo 4.10).

Tablo 4. 10. PK-JN, PK-%1JNL, PK-%2JNL, PK-%3JNL film örneklerinin EDS sonuçları

Numune	Ağırlık (%)			Atomik (%)		
	C	N	O	C	N	O
PK-JN	28,107	5,073	66,819	11,89	0,57	20,23
PK-%1JNL	45,429	4,253	50,318	47,66	0,60	22,68
PK-%2JNL	24,795	2,964	72,241	9,09	0,34	23,19
PK-%3JNL	33,043	5,417	61,540	20,44	0,72	22,91

Yöntem B ile üretilen film örneklerinin SEM görüntüleri Şekil 4.12 a-e’de verildi. Kontrol kitosana ait SEM görüntüleri incelendiğinde (Şekil 4.12. a) homojen bir film üzerinde farklı boyutlarda ve şekillerde partiküllerin olduğu gözlenmektedir. Işkın katkılanmış filmlerde ise (Şekil 4.12. b-e), kitosan kaynaklı partiküllerin yüzeyi daha homojen bir şekilde kapladığı görülmektedir. Ayrıca katkılanan ışkın oranı arttıkça kitosan partiküllerinin boyutu artmaktadır. Bu durum kitosan-ışkın jel karışımlarında fiziksel bir etkileşimin olduğu şeklinde açıklanabilir. Kitosan ve kitosan-ışkın katkılı film karışımlarının EDS sonuçları beklendiği gibi C, N ve O içermektedir (Tablo 4.11).



Şekil 4. 12. (a) KK, (b)KK-%0.5I, (c) KK-% 1I, (d) KK-%1.5I ve (e) KK-% 2I karışımlarının SEM görüntüleri

Tablo 4. 11. KK, KK-%0.5I, KK-%1I, KK-%1,5I, KK-%2I ile üretilen film örneklerinin EDS sonuçları

Numune	Ağırlık (%)			Atomik (%)		
	C	N	O	C	N	O
KK	38,431	5,974	55,594	29,32	0,80	21,58
KK-%0.5I	39,489	4,709	55,801	21,16	0,42	15,11
KK-%1I	35,151	3,768	61,081	29,89	0,64	31,16
KK-%1,5I	40,118	0,941	58,941	23,18	0,09	19,53
KK-%2I	37,618	0,235	62,147	41,29	0,05	43,76

SEM analizi için yöntem A ve B karşılaştırıldığında her iki yöntemle yapılan filmlerde ışkın ilavesi yüzey pürüzlülüğünü arttırmış fakat yöntem A'da lesitin ilavesi daha homojen bir görüntü sağlamıştır. Jelatin miktarı arttıkça yüzeydeki partikül miktarı

arttığı saptandı. Genel olarak kontrol örneklerinden diğer örneklerle doğru yüzey pürüzlülüğü bir miktar artmıştır.

Memiş (2017)'nin yaptığı nanokil katkılı kitosan filmlerde nanokil miktarına bağlı olarak, yüzey pürüzlülüğünü arttırdığı ifade edilmiştir. Bu durumda nanokil maddesinin partikül yapısının neden olduğu bildirilmiştir (Memiş, 2017). Çin soğanı ekstresi ilaveli kitosan bazlı filmlerin SEM görüntüleri incelendiğinde kontrol filmlerinde genel görüntü homojen ve yüzey pürüzlülüğü azken, %1, %3 ve %5 oranlarında Çin soğanı ekstresi ilave edilince konsantrasyona bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün arttığı raporlanmıştır. Buna sebep olarak Çin soğanı ekstresinin tamamen parçalı yapısının olması gösterilmiştir (Riaz ve ark., 2020). Panrong ve ark. (2019)'un yaptığı çalışmada nişasta ve düşük yoğunluklu polietilen bazlı filmlere yeşil çay ekstresi ilave edilmesiyle SEM görüntülerinde partikül miktarı ve yüzey pürüzlülüğünde artışa neden olduğu belirtilmiştir (Panrong ve ark., 2019). Kinoa ilaveli kitosan bazlı filmlerde kinoa ilavesiyle görüntüde iki farklı fazda ürünün harmanlanmasından dolayı yüzeyde pürüzler ve gözenekli yapılar oluştuğu belirtilmiştir (Valenzuela ve ark., 2013). Tez çalışması kapsamında kullanılan her iki yöntemde üretilen filmlerde ışık ilavesi yukardaki literatüre benzer olarak yüzeydeki partikül miktarını arttırdığı tespit edildi.

Soya fasulyesi nişastası ile üretilen filmlere jelatin ilave edilerek oluşturulan örneklerde yapılan SEM analizinde, jelatin konsantrasyonunun artışına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün arttığı belirtilmiştir (Liu ve ark., 2020). Tez çalışmasında yöntem A'da yukarda verilen çalışmaya benzer olarak jelatin miktarının artması yüzeydeki partikülleri ve pürüzlülüğü arttırdığı belirlendi.

Kang ve Min (2010)'un yaptığı patates nişastası bazlı soya lesitini ilaveli filmlerde yapılan SEM analizinde, soya lesitini ilavesinin nişasta bazlı filmlerde yüzey pürüzlülüğünü azalttığı ve görünümü iyileştirdiği raporlanmıştır (Kang ve Min, 2010). Tez çalışması kapsamında üretilen yöntem A'da lesitin ilaveli fillerde, lesitin ilavesi yüzey görünümünde homojenlik sağladı (Şekil 4.11).

4.2.8. Filmlerin termal gravimetrik analiz (TGA)

Termal gravimetrik analiz, sıcaklık ile bir sistemin (polimerin, karışımın vs) kütlesi arasındaki dinamik ilişkinin incelenmesine dayanır (Feist, 2015). Bu bağlamda üretilen on iki adet film örneğinde TGA analizleri gerçekleştirilerek elde edilen

termograf eğrileri (Ek-1)'de verildi. Yöntem A ile elde edilen filmlerin üç aşamada bozunma gösterdiği görüldü. Kontrol numunesi ilk bozunmayı yaklaşık 74,8°C'de gerçekleştirirken ortama ilave edilen ışıqla, ilk bozunma yaklaşık olarak 80°C civarlarına çıkmıştır. Bu bozunmanın yapıdaki nemden kaynaklandığı düşünülmektedir. İkinci bozunma yaklaşık 200°C'de başlamaktadır. Jelatin miktarı artıkça sıcaklığın yaklaşık 230°C'lere çıktığı görülmektedir. Bu kısımda gerçekleşen bozunmanın film yapısındaki gliserol, jelatin ve nişastadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yaklaşık olarak 300,3°C'deki kütle kaybının ise filmlere ilave edilen soya lesitini ve ışıktan kaynaklandığı varsayılmaktadır. Ortama ilave edilen lesitin miktarının düşük olması lesitin, filmlerin termal stablitesi üzerinde önemli bir etki oluşturmamasını engellemiştir.

Tulamandi ve ark. (2016)'in yaptığı papaya püre ve soya proteini ilaveli nişasta jelatin kombine filmlerde DSC analizinde jelatin eklenmesinin bozunma sıcaklığını önemli derecede düşürdüğü raporlanmıştır. Çalışmanın kalan kısmında ortama yağsız soya proteini ilavesinin termal stabiliteyi iyileştirdiği bildirilmiştir (Tulamandi ve ark., 2016).

Yerba mate özütü ilaveli manyok nişastası filmlerde kontrol örneğine ekstrakt katılmasıyla ayrışma sıcaklığının yükseldiği belirtilmiştir (Jaramillo ve ark., 2016).

Tez kapsamında üretilen filmlerde Yöntem A' da jelatin artışı, Tulamandi ve ark., (2016)'nın ürettiği papaya püre ve soya proteini ilaveli nişasta jelatin filmlerin aksine ikinci aşamadaki bozunma sıcaklığını bir miktar yükseltmiş ve termal stabilite üzerine olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Katılan lesitin miktarı düşük olduğundan dolayı termal stabilite üzerine etkisi olmamıştır.

Yöntem B'de kontrol numunesi kitosan ve gliserol içermektedir. Buna bağlı olarak 39,6°C-561,3°C'lik sıcaklık aralığında bozunma gerçekleşiyor. 69,5°C'de gerçekleşen ilk kütle kaybı yapıdaki nemden kaynaklanırken, ortama ilave edilen ışıqla ekstresi ile ilk kütle kaybının yaşandığı sıcaklık giderek azalarak yaklaşık 60°C bandına hareket etmektedir. Kontrol örneğinde yaklaşık olarak 209°C'de başlayan ikinci bozunma örneklere ışıqla eklenmesiyle yaklaşık 200°C civarına düşmüştür. Bu basamaktaki bozunma, film yapısındaki gliserol ve kitosandan kaynaklanmaktadır. Üçüncü aşamadaki bozunma ise 280°C civarında başlamaktadır. Bu kısımda ışıqla ekstresinin bozunmasının gerçekleştiği düşünülmektedir. Genel olarak Yöntem B'de ışıqla ekstresinin termal stabilite üzerinde olumlu bir etkisi tespit edilememiştir.

Literatürdeki örneklerde Sanuja ve ark. (2015)'in yaptıkları neem yağı ve çinko oksit ilaveli kitosan filmlerde TGA analizinde kontrol örneğinde 100°C'de ilk ağırlık

kaybı nemden dolayı, 210-390°C arasındaki kayıp kitosan polimerinin bozulması kaynaklı olduğu belirtilmiştir. Çinko oksit ve neem yağı ilaveli örneklerde 150°C ilk kayıp nemden, 290°C ikinci kayıp çinko oksitten kaynaklandığı söylenmiştir. Sonuç olarak çinko oksit ve neem yağı ilavesinin üretilen filmleri termik olarak daha stabil hale getirildiği belirtilmiş, en stabil ise %0,5 çinko oksit ilaveli örnek olduğu raporlamıştır (Sanuja ve ark., 2015).

Tez çalışması kapsamında Jaramillo ve ark., (2016)'nın çalışmasının aksine yöntem B ile üretilen filmlerde ise artan ışık miktarının termal stabilite üzerine olumlu bir etkisi görülmemiştir. Buna sebep olarak yöntem ve hammadde farklılığı olduğu düşünülmektedir.

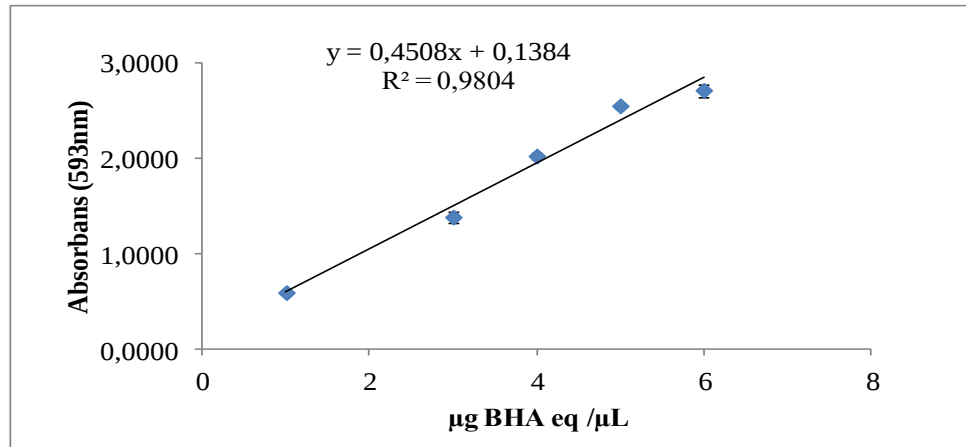
4.2.9. Antioksidan aktivite analizleri

Yöntem A ve yöntem B ile üretilen 12 adet filmin 3.2.2.12'de verilen yöntemlerle antioksidan aktivite analizi yapıldı.

4.2.9.1. Fe³⁺ iyonunu indirgeyici antioksidan kapasite (FRAP) analizi

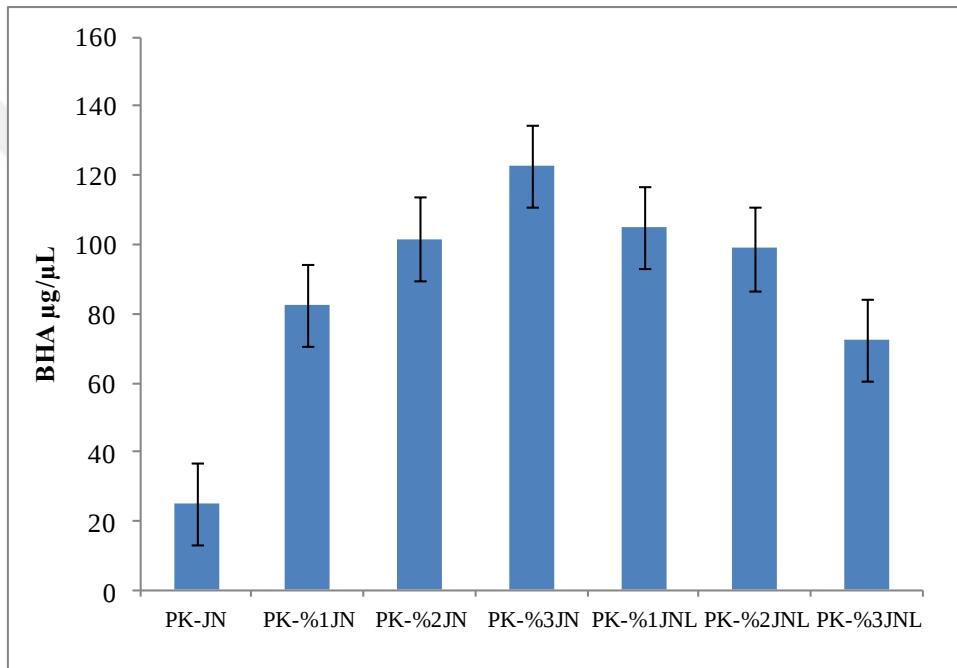
FRAP yönteminin esasında demir iyonlarının indirgenmesi bulunmaktadır. Fe³⁺ iyonları TPTZ (tripirildiltriazin) ile Fe³⁺-TPTZ kompleksi oluşturmaktadır. Analiz yapılan örneklerdeki antioksidanlar yardımıyla demir indirgenerek mavi renkli Fe²⁺-TPTZ yapısını oluşturmaktadır. Bu yapı 593 nm okunarak antioksidan değeri vermektedir (Benzie ve Strain, 1996).

Tez çalışmasında FRAP yöntemiyle antioksidan kapasite Şekil 4.13'de verilen standart kalibrasyon eğrisine göre BHA ekuvalenti olarak belirlendi.



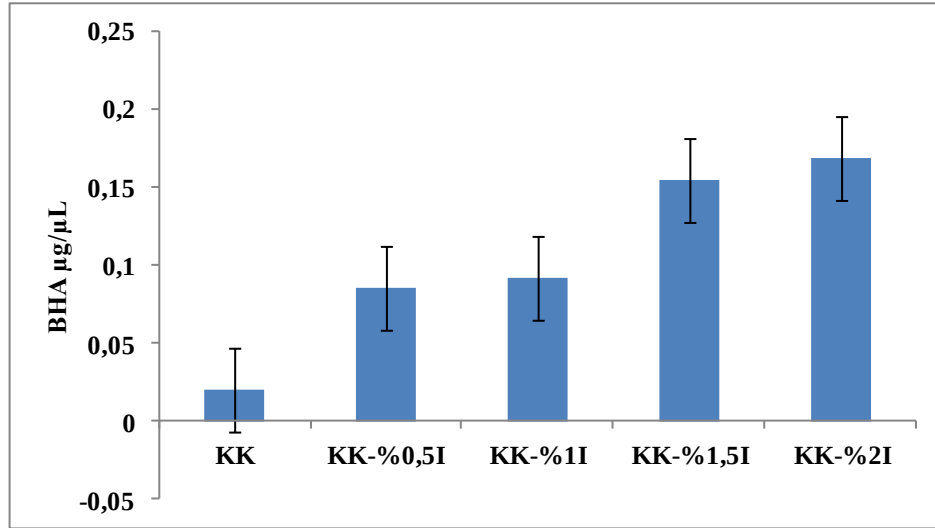
Şekil 4. 13. FRAP yöntemiyle antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde kullanılan kalibrasyon eğrisi

Yöntem A ile üretilen filmlerde FRAP metoduyla yapılan antioksidan kapasite analizinde sonuçlar PK-JN $25,10 \pm 1,78$ $\mu\text{g BHA eq /mL}$, PK-%1JN $72,79 \pm 9,16$ $\mu\text{g BHA eq /mL}$, PK-%2JN $101,66 \pm 1,73$ $\mu\text{g BHA eq /mL}$, PK-%3JN $135,84 \pm 13,09$ $\mu\text{g BHA eq /mL}$, PK-%1JNL $105,02 \pm 1,58$ $\mu\text{g BHA eq /mL}$, PK-%2JNL $98,86 \pm 9,80$ $\mu\text{g BHA eq /mL}$ ve PK-%3JNL $72,56 \pm 7,78$ $\mu\text{g BHA eq /mL}$ olarak bulundu. Sonuçlara göre filmlere ışık ve jelatin ilavesinin antioksidan aktiviteyi arttırdığı filmlere soya lesitini ilavesinin ise antioksidan aktiviteyi düşürdüğü saptandı. Yine de soya lesitini ilaveli örneklerin antioksidan aktivitesi kontrol örneğinin antioksidan aktivitesinden daha yüksek olduğu belirlendi (Şekil 4.14).



Şekil 4. 14. Yöntem A ile oluşturulan filmlerin FRAP metoduyla antioksidan kapasite analizi

Yöntem B ile üretilen filmlerin KK $19,52 \pm 0,98$ $\mu\text{g BHA eq/mL}$, KK-%0,5I $85,20 \pm 3,70$ $\mu\text{g BHA eq/mL}$, KK-%1I $91,40 \pm 31,25$ $\mu\text{g BHA eq/mL}$, KK-%1,5I $154,88 \pm 15,55$ $\mu\text{g BHA eq/mL}$ ve KK-%2I $187,26 \pm 16$ $\mu\text{g BHA eq/mL}$ olarak belirlendi. Kitosan filmlere %0,5, %1, %1,5 ve %2 oranlarında ışık eklenmesiyle antioksidan aktivitesinde belirgin bir artış olduğu görüldü (Şekil 4.15).



Şekil 4. 15. Yöntem B ile oluşturulan filmlerin FRAP metoduyla antioksidan kapasite analizi

FRAP analizi için yöntem A ve B karşılaştırıldığında yöntem A'da kontrol örneğinden sonra ışık ilave edilmiş %1 jelatin ilaveli PK-%1JN örneğinde antioksidan aktivite yaklaşık üç kat artarken, lesitin ilavesiyle antioksidan kapasite aktivitesinin azaldığı görüldü. Yöntem B'de ise %0,5 ışık ilaveli KK-%0,5I örneğinde kontrol örneğinden beş kat daha fazla antioksidan kapasite gösterdi. Yöntem B'de filmlerdeki ışık konsantrasyonu arttıkça antioksidan kapasitede artış sağlandığı tespit edildi.

Kitosan filmlere %1, %3 ve %5 oranlarında mango yaprağı ekstraktı ilavesi kontrol örneğine göre en çok yaklaşık üç kat oranında Fe^{3+} iyonunun indirgenmesini arttırdığı bildirilmiştir (Rambabu ve ark., 2019). Tez çalışmamızda yöntem B ile yapılan örneklerde %0,5, %1, %1,5 ve %2, oranlarında ışık ilavesinin antioksidan kapasiteyi 5-10 kat aralığında arttırdığı görüldü. Yöntem B ile üretilen filmlerin antioksidan aktivitesinin mango yaprağın ilave edilen filmlerin antioksidan aktivitesinden daha yüksek olduğu saptandı.

Çipuradan elde edilen jelatinlerle yapılan filmlerde FRAP metodu kullanılarak yapılan antioksidan aktivite tayininde jelatin miktarının artırılması antioksidan kapasiteyi arttırdığı belirtilmiştir (Akagündüz, 2010). Yöntem A ile oluşturulan örneklerde de benzer olarak jelatin artışı antioksidan kapasiteyi arttırdığı saptandı.

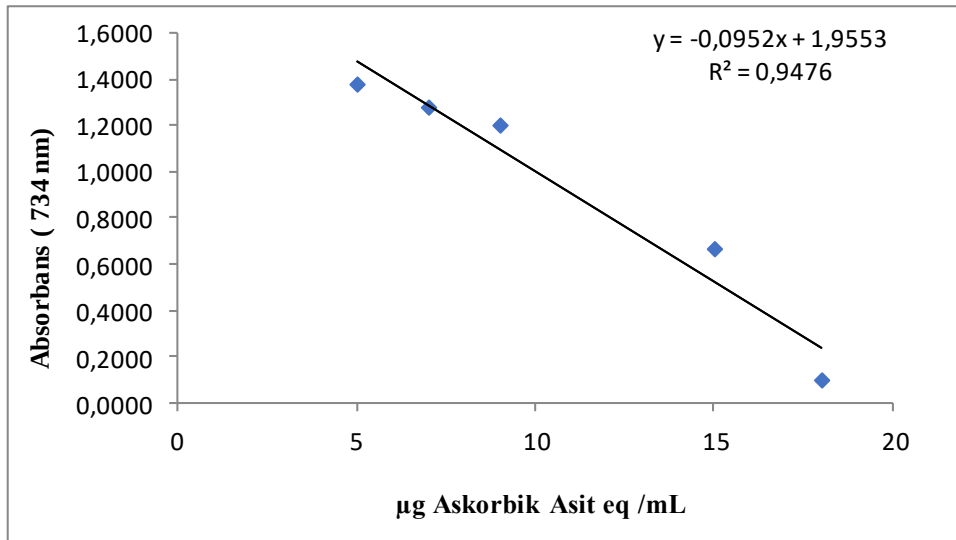
Nişasta ve polietilen bazlı yeşil çay ekstraktı ilaveli filmlerde yeşil çay eklenmiş örneklerin diğer örneklerle göre iki kat daha fazla antioksidan kapasite etkisi olduğu belirtilmiştir. Bu sonuç yeşil çayın polifenol içeriğiyle açıklanmıştır (Panrong ve ark., 2019). Tez kapsamında yöntem A ile yapılan örneklerde ışık ilavesi kontrol örneğine göre antioksidan kapasiteyi yaklaşık üç kat arttırdığı görüldü. Nişasta-jelatin bazlı

filmlere ışık ilavesinin yeşil çay ekstresi ilavesi ile karşılaştırıldığında antioksidan kapasitesinin daha yüksek olduğu tespit edildi.

Jancikova ve ark., (2019)'un biberiye yaprağı özütünün kuru ve taze olarak jelatin filmlere ilave ederek yaptığı çalışmada 0,000003 ile 0,0002 $\mu\text{mol Trolox}/\mu\text{g}$ değerleri arasında antioksidan aktivitesi olduğu raporlanmıştır. Taze biberiye yaprağı özütü ilavesi FRAP metoduyla belirlenen antioksidan kapasiteyi etkilemediği ama kuru olarak ilave edilen biberiye yaprağı özütünün ise antioksidan kapasiteyi küçük bir miktar arttırdığı ifade edilmiştir (Jancikova ve ark., 2019). Tez çalışması kapsamında yöntem A'da ışını püre halinde taze olarak, yöntem B'de ise kurutulmuş olarak kullanılmasına rağmen her iki yöntemde de antioksidan kapasiteyi belirgin bir seviyede arttırmıştır. Yukardaki verilen literatüre bakıldığında ışığın film örneklerine ilavesinin antioksidan kapasitesini filmler örneklerine biberiye yaprağı eklenmesinden daha fazla yükselttiği belirlendi.

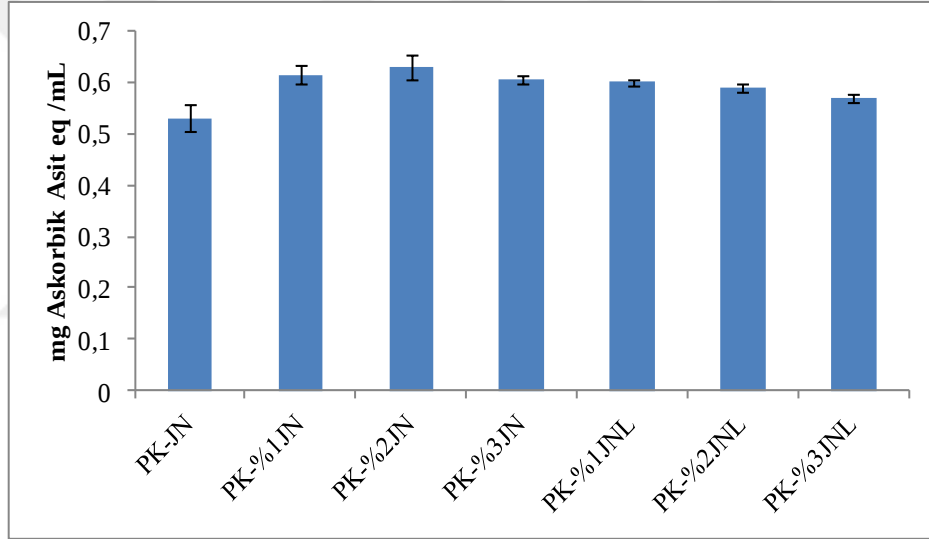
4.2.9.2. 2,2-azinobis (3-etil-benzotiazolin 6 sülfonat) (ABTS) Radikal katyon yakalama aktivitesi

Radikal katyonları yakalama kabiliyeti olarak açıklanan ABTS, örneklerde bulunan oksidan maddelerin miktarı kadar okside $\text{ABTS}^{+\cdot}$ ı oluşturup, 734 nm'de absorbans vermektedir (Re ve ark., 1999). ABTS yöntemi için standart kalibrasyon eğrisi Şekil 4.16.'da verildi. Standart kalibrasyon eğrisinin denkleminde göre askorbik asit ekuvalenti cinsinden ABTS yöntemiyle antioksidan aktivite bulundu.



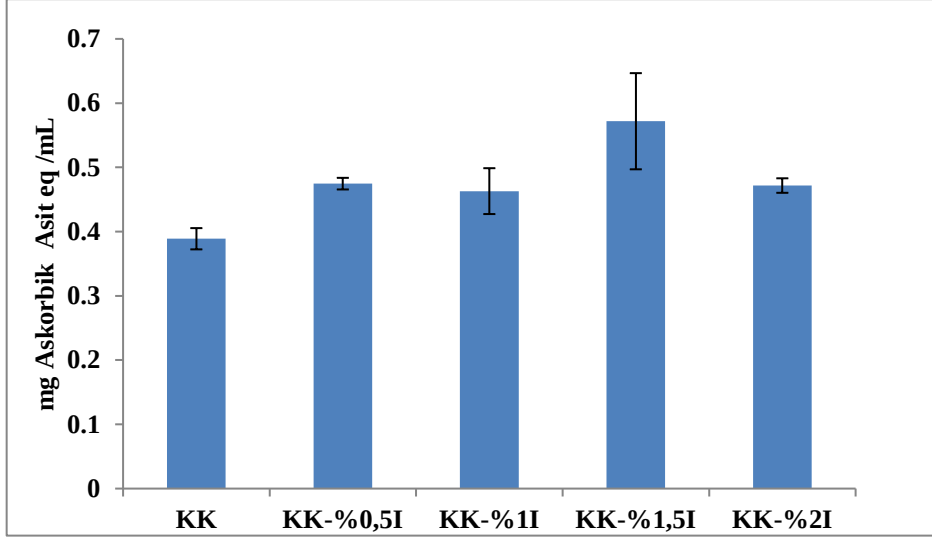
Şekil 4. 16. ABTS yöntemiyle antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde kullanılan kalibrasyon eğrisi

Üretilen on iki adet filmin ABTS yöntemiyle ile antioksidan kapasitesi belirlenmesi yapıldı. Yöntem A ile oluşturulan filmlerde askorbik asit türünden antioksidan kapasiteleri PK-JN $497,21 \pm 41,31$ μg askorbik asit eq/mL, PK-%1JN $621,59 \pm 27,93$ μg askorbik asit eq/mL, PK-%2JN $645,12 \pm 34,61$ μg askorbik asit eq/mL, PK-%3JN $608,12 \pm 12,66$ μg askorbik asit eq/mL, PK-%1JNL $600,76 \pm 9,60$ μg askorbik asit eq/mL, PK-%2JNL $582,97 \pm 11,49$ μg askorbik asit eq/mL ve PK-%3JNL $554,14 \pm 10,31$ μg askorbik asit eq/mL olarak bulundu. Bu değerlere göre ışkın ilave edilen örneklerin antioksidan kapasitesi kontrol örneğine göre daha yüksek olduğu görüldü. Fakat soya lesitini ilavesinin antioksidan kapasiteyi düşürdüğü saptandı (Şekil 4.17). Soya lesitini ilavesi ile antioksidan aktivitenin düşmesine, eş zamanlı katılan maddelerin oluşturduğu sinerjetik etkinin neden olduğu düşünülmektedir (Kavas ve ark., 2020).



Şekil 4. 17. Yöntem A ile oluşturulan örneklerin ABTS metoduyla antioksidan kapasitesi

Yöntem B ile yapılan ABTS yöntemiyle belirlenen antioksidan kapasitesi KK $285,87 \pm 24,53$ μg askorbik asit eq/mL, KK-%0,5I $503,47 \pm 157,17$ μg askorbik asit eq/mL, KK-%1I $395,65 \pm 52,85$ μg askorbik asit eq/mL, KK-%1,5I $556,77 \pm 110,86$ μg askorbik asit eq/mL ve KK-%2I $408,45 \pm 16,74$ μg askorbik asit eq/mL, olarak bulundu. Kitosan filme ışkın ilavesinin antioksidan kapasiteyi 1,5-2 kat aralığında arttırdığı saptandı (Şekil 4.18)



Şekil 4. 18. Yöntem B ile oluşturulan örneklerin ABTS metoduyla antioksidan kapasitesi

ABTS yöntemiyle antioksidan kapasite belirlenmesinde yöntem A ve B karşılaştırıldığında yöntem A ile oluşturulan örneklerin antioksidan kapasitesi yöntem B ile oluşturulan örneklerden genel olarak daha yüksektir. Literatürde yenilebilir filmlerde yapılan ABTS çalışmalarında Rambabu ve ark. (2019)'un yaptığı çeşitli oranlarda mango yaprağı ekstraktı ilaveli kitosan filmlerde en yüksek antioksidan aktivite 8,29 µg GA/g olarak bulunduğu belirtilmiştir. Kontrol örneğine göre mango yaprağı ekstraktı ilavesi antioksidan aktiviteyi dört kata kadar arttırdığı raporlanmıştır (Rambabu ve ark., 2019). Riaz ve ark., (2020)'nin yaptığı Çin soğanı kökü ekstresi ilaveli kitosan filmlerde antioksidan kapasite kontrol örneğinde %11,98 iken, Çin soğanı ekstraktı eklenmiş örnekte ise %57,38 olduğu ifade edilmiştir (Riaz ve ark., 2020). Yöntem B ile oluşturulan kitosan bazlı filmlerde ışık ilavesi benzer olarak antioksidan aktiviteyi arttırmıştır.

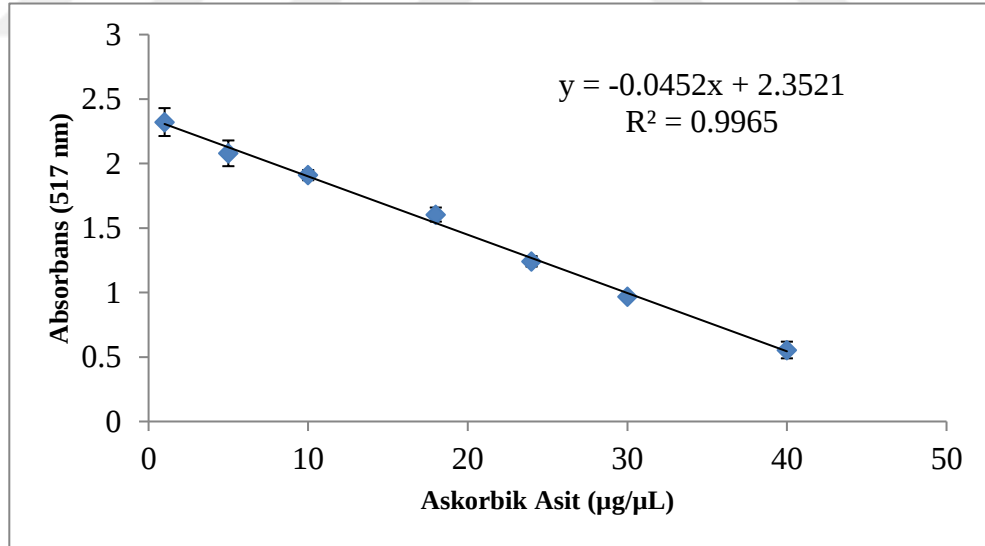
Kavas ve ark. (2020)'nin yaptığı biberiye ekstresi ilaveli polivinilalkol/nişasta bazlı filmlerde, yapılan ABTS analizinde kontrol örneğinin yaklaşık %5 antioksidan aktiviteye sahip olduğu biberiye ekstresi ilavesi ile bu oranın yaklaşık %35'lere çıktığı belirtilerek çözeltiye ilave edilen kaolin ile antioksidan aktivitenin düştüğü raporlanmıştır. Bu düşüş katkı maddelerinin eş zamanlı varlığının sinerjetik etkiye yol açması ile birlikte antioksidan aktiviteyi olumsuz etkilediği şeklinde ifade edilmiştir (Kavas ve ark., 2020). Yöntem A ile elde edilen filmlerde yukarıda anlatılan literatüre benzer olarak ışık konsantrasyonuyla doğru orantılı olarak antioksidan aktivitesinde

artış görülürken, soya lesitini seviyesindeki artışın ise antioksidan etkiyi azalttığı belirlendi.

Akagündüz (2010)'un çipura kaynaklı jelatinlerle elde ettiği filmlerde ABTS metoduyla antioksidan analizinde, jelatin miktarı arttıkça ABTS antioksidan kapasitesinin arttığı bildirilmiştir (Akagündüz, 2010). Tez çalışmasında benzer olarak jelatin miktarı arttıkça ABTS antioksidan kapasiteyi arttırdığı görüldü.

4.2.9.2. Difenil pikril hidrazil, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) antioksidan kapasite belirleme

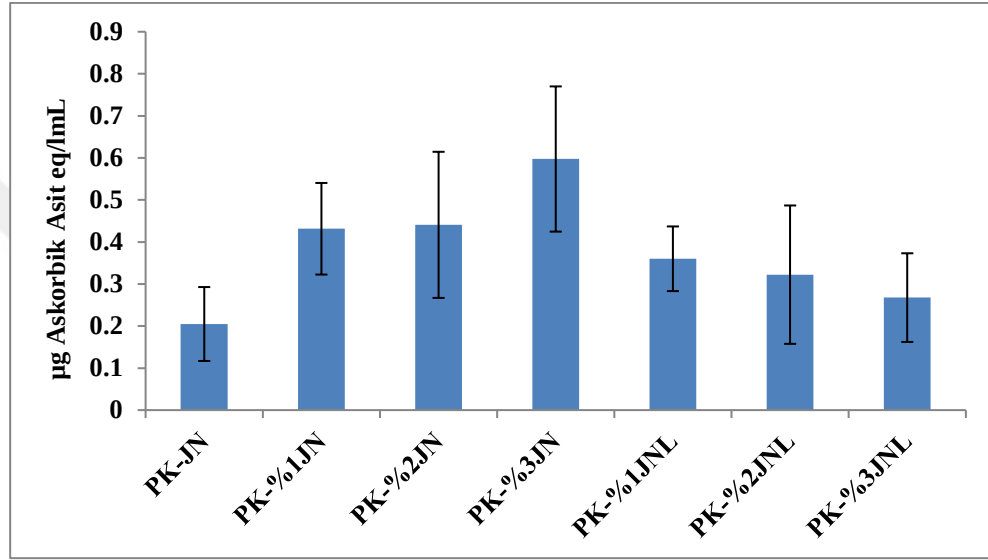
DPPH (Difenil pikril hidrazil, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) serbest radikali kuvvetli mor renge sahip bir madde olup 517 nm'de maksimum absorbans göstermektedir. Antioksidan maddeler ile muamelede koyu mor renk açılarak absorbansın düşmesine sebep olmaktadır. Bu düşüş antioksidan aktiviteyi göstermektedir (İskefiyeli, 2014). DPPH yöntemi için standart kalibrasyon grafiği askorbik asit kullanılarak elde edildi (Şekil 4.19). Çıkan denklem ile askorbik asit ekuvalenti cinsinden DPPH antioksidan kapasitesi belirlendi.



Şekil 4. 19. DPPH yöntemiyle antioksidan kapasite belirleme analizinin standart grafiği

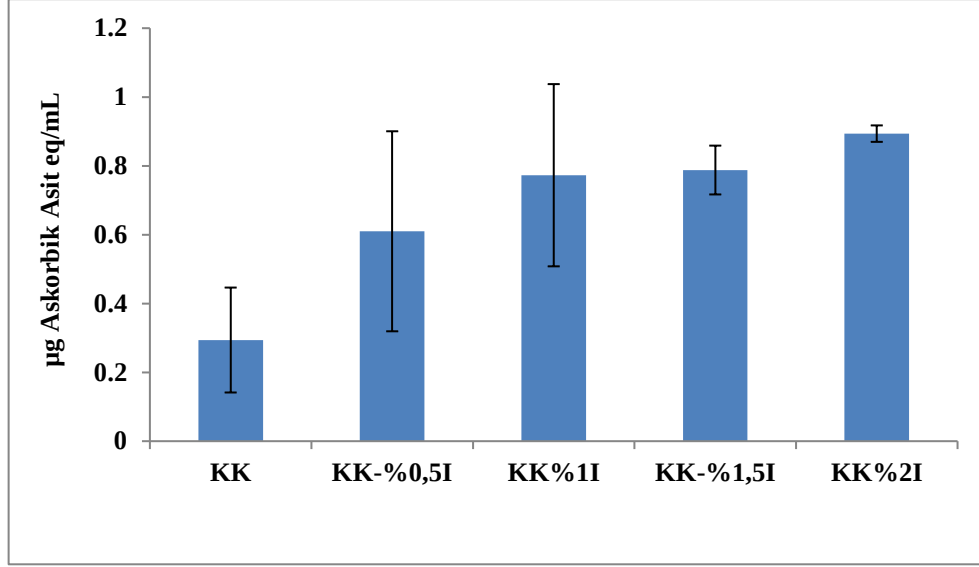
Yöntem A ile üretilen filmlere yapılan DPPH analizinde PK-JN 229,48±51,06 µg askorbik asit eq/mL, PK-%1JN 431,37±108,94 µg askorbik asit eq/mL, PK-%2JN 489,96±83,64 µg askorbik asit eq/mL, PK-%3JN 637,50±99,51 µg askorbik asit eq/mL, PK-%1JNL 359,97±76,89 µg askorbik asit eq/mL, PK-%2JNL 368,42±71,77 µg

askorbik asit eq/mL ve PK-%3JNL 360,86±41,29 µg askorbik asit eq/mL olarak saptandı. Işkın ilavesinin antioksidan aktivitede yaklaşık 2-3 kat kadar belirgin bir artışa yol açtığı görüldü. %1, %2 ve %3 oranlarında katılan jelatinin miktarı arttıkça antioksidan aktivitenin arttığı saptandı. %0,5 oranında sabit soya lesitini ilavesi antioksidan aktiviteyi düşürdüğü belirlendi (Şekil 4.20). Soya lesitini ilavesiyle birlikte antioksidan aktivitenin azalışı beraber katılan maddelerin sinerjetik etkisiyle açıklanmaktadır (Kavas ve ark., 2020).



Şekil 4. 20. Yöntem A ile üretilen film örneklerinin DPPH metoduyla antioksidan aktivitesi

Yöntem B ile üretilen filmlere uygulanan DPPH metoduyla antioksidan kapasite tayini analizinde KK 221,64±46,92 µg askorbik asit eq/mL, KK-%0,5I 466,27±53,70 µg askorbik asit eq/mL, KK-%1I 853,667±113,04 µg askorbik asit eq/mL, KK-%1,5I 787,85± 70,93 µg askorbik asit eq/mL, KK-%2I 893,63±23,92 µg askorbik asit eq/mL değerleri bulundu. Bu sonuçlara göre ışkın ilavesinin kitosan filmlerde antioksidan kapasiteyi yaklaşık 2-4 kat arasında arttırdığı görüldü. Işkın miktarı arttıkça genel olarak antioksidan kapasitenin arttığı saptandı (Şekil 4.21).



Şekil 4. 21. Yöntem B ile üretilen film örneklerinin DPPH metoduyla antioksidan kapasitesi

Yöntem A ve B karşılaştırıldığında kontrol örneklerinin antioksidan kapasiteleri arasında önemli bir fark olmadığı görüldü. Fakat ışık ilavesi yöntem B'de arttıkça antioksidan kapasite dört kata kadar arttığı saptandı. Yöntem A'da sabit ışık kullanıldığından ilk örnekte antioksidan kapasite artarken diğer örneklerde düştüğü görüldü. Her iki yöntemle elde edilen film örneklerinde antioksidan kapasite kontrol örneklerine göre daha yüksek olduğu görüldü.

Literatürdeki örnekler bakıldığında ise Panrong ve ark. (2019)'un yaptığı yeşil çay ekstresi ilaveli, lineer alçak yoğunluk polietilen (LLDPE) ve nişasta bazlı filmlerde yeşil çay ilavesinin antioksidan kapasiteyi yaklaşık iki kat oranında arttırdığı bildirilmiştir (Panrong ve ark., 2019). Benzer şekilde üretilen filmlerde ışık ilavesinin antioksidan aktiviteyi arttırdığı tespit edildi.

Kavas ve ark. (2020)'nin yaptığı biberiye ekstresi ilaveli polivinilalkol/nişasta filmlerde kontrol örneğinde antioksidan aktivite %17 iken, biberiye ekstresi eklenmiş örneklerde antioksidan aktivitenin %38'e kadar yükseldiği, kaolin ilavesinin ise antioksidan aktiviteyi %33'lere düşürdüğü raporlanmıştır. Buna sebep olarak beraber katılan ürünlerin sinerjetik etkisi olduğu söylenmiştir (Kavas ve ark., 2020). Yöntem A ile üretilen filmlerde yukarıdaki literatüre benzer olarak ışık ilavesi antioksidan aktiviteyi yükseltirken, soya lesitini ilavesi sinerjetik etkiden dolayı antioksidan aktiviteyi bir miktar düşürdüğü görüldü.

Elma tozu ekstresi ilaveli kitosan filmlerde yapılan DPPH antioksidan kapasite analizine göre, elma ekstresi ilavesinin antioksidan aktiviteyi yaklaşık üç kat attırdığı

ancak konsantrsyona bağı bir artış görölmediğı belirtilmiştir (Riaz ve ark., 2020). Wang ve ark. (2019)'un yaptığı %0,5, %1, %3 ve %5 oranlarında Herba Lophatheri ekstraktı (HLE) ilaveli kitosan filmlerde %5 HLE ilavesi antioksidan aktiviteyi kontrol örneğine göre 3,5 kat arttırdığı ve filmlere ilave edilen HLE konsantrasyonuna bağı olarak antioksidan aktivitenin arttığı raporlanmıştır (Wang ve ark., 2019). Rambabu ve ark. (2019)'un %0, %1, %3 ve %5 oranlarında mango yaprağı ilaveli kitosan filmlerde antioksidan aktivitenin sırasıyla yaklaşık %18, %19, %22 ve %24 bulunduğı belirtilerek mango yaprağı ilavesinin antioksidan aktiviteyi önemli oranda etkilemediğı ifade edilmiştir (Rambabu ve ark., 2019). Yöntem B ile yapılan örneklerde ışık konsantrasyonun artışına paralel olarak antioksidan aktivite oranının da arttığı belirlendi.

4.2.10. Biyobozunurluk

Gıda maddelerinin ambalajları genellikle polietilen ve polipropilenden yapılmaktadır. Polietilen ve propilen maddeleri sentetik ve petrol bazlı maddelerdir. Bu nedenle doğada zor çözünmekte ve tam bir bozunma göstermemektedir. Film maddelerinin geliştirilmesinde çevreye daha az zarar vermesi beklendiğı için biyobozunma önemli bir özelliktir (Çokaylıgil, 2013).

Yöntem A ve Yöntem B ile üretilen 12 adet filmin biyobozunurluk analizi 3.2.2.10 verilen yöntemle yapıldı. Yöntem A 5. günde tamamen bozunmuşken yöntem B'de kitosan filmler 5. günde %30-40 arası bozunmaya ulaşmıştır. Yöntem A ile üretilen filmler 24 saatte bir analiz edilerek toplamda 120 saat toprağın altında tutuldu ve sonuçlar Tablo 4.12 verildi. Süre sonunda tüm örneklerin tamamen toprakta çözündüğü görüldü. Çözünmeleri arasında kayda değer bir fark olmadığı saptandı. Çalışmada lesitin düşük konsantrasyonda kullanılmasına rağmen, biyobozunmayı bir miktar azalttığı görüldü. Lesitin fosfolipid yapılı bir üründür ve lipid yapılı ürünler toprakta zor çözünmektedir (Laleli, 2011). Bu sebeple bozunmanın bir miktar azaldığı düşünülmektedir.

Tablo 4. 12. Yöntem A ile oluşturulan filmlerin % biyobozunurluk değerleri

Film Adı	İnkübasyon süresine bağlı olarak biyobozunurluk-(%)			
	24 Saat	48 Saat	72 Saat	120 Saat
PK-JN	66,99±6,21	71,15±0,92	90,44±1,58	100
PK-%1JN	64,45±0,07	84,00±0,69	86,69±2,74	100
PK-%2JN	56,96±4,42	75,39±4,77	87,20±2,48	100
PK-%3JN	59,43±4,86	81,13±2,14	89,85±2,15	100
PK-%1JNL	61,37±12,01	83,64±3,05	89,74±3,25	100
PK-%2JNL	37,35±1,44	80,40±1,44	82,37±0,71	100
PK-%3JNL	32,09±4,45	75,40±1,68	84,26±0,94	100

Yöntem B ile oluşturulan örneklerde 30 günlük biyobozunurluk testi sonucunda bozunmanın %78,33-%91,08 aralığında olduğu saptandı (Tablo 4.13). Kontrol örneğine eklenen %0,5, %1, %1,5 ve %2 oranlarında ışığın 30. günde bozunmayı bir miktar azalttığı görüldü. Işğının odunsu yapısının kitosanla birleştğinde bozulmayı yavaşlattığı düşünülmektedir (Torres ve ark., 2011).

Tablo 4. 13. Yöntem B ile oluşturulan filmlerin % biyobozunurluk değerleri

Film Adı	İnkübasyon süresine bağlı olarak biyobozunurluk-(%)					
	5.gün	10.gün	15.gün	20.gün	25.gün	30.gün
KK	35,77±1,11	36,94±8,51	57,96±1,17	79,22±1,90	86,81±2,17	91,08±1,92
KK-%0,5I	29,00±0,30	46,99±0,51	62,17±0,21	78,96±2,45	91,14±2,72	97,79±3,13
KK-%1I	35,53±5,44	42,78±1,99	53,61±2,67	73,24±6,33	77,06±3,25	88,20±0,45
KK-%1,5I	40,88±8,28	40,66±1,70	59,89±1,83	74,69±2,02	77,28±4,36	83,40±0,04
KK-%2I	37,43±3,58	44,29±0,28	53,36±2,40	64,50±3,50	74,36±2,77	78,33±0,96

Torres ve ark. (2011)'in and bitkisi nişastası filmlerinde 1., 15. ve 30. günün sonunda tartımlar alınmıştır. Sırasıyla %28,01, %98,65 ve %99,35 oranında kütle kaybı raporlanmıştır. And bitkisinin lifli ve odunsu yapısından dolayı bozunmayı bir miktar azalttığı belirtilmiştir (Torres ve ark., 2011). Tez çalışmasında filmin yukarıda verilen çalışmaya göre daha hızlı bozunduğu saptandı. Bozunmanın daha hızlı olmasının sebebinin yöntem farklılığı veya bitkinin kimyasal kompozisyonundaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çokaylıgil (2013)'ün portakal pektini ve nişasta ile oluşturduğu film örneklerinde iki haftalık zaman diliminde her üç günde bir yapılan ölçümlerde biyobozunurluk seviyesinin %78-99,96 oranlarında olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada nişastanın tek başına kullanımında daha hızlı biyobozunurluk görüldüğü ancak pektin ile birlikte kullanımında ise sürenin uzadığı raporlanmıştır (Çokaylıgil, 2013). Tez çalışması kapsamında yöntem A'da ışığa ısı işlem uygulandığı için 120

saatin sonunda %100'lük bir bozunma tespit edildi. Ancak jelatin konsantrasyonunun artırılması biyobozunmayı düşürdüğü saptandı. Ikejima ve Inoue (2000)'nin kitosan filmlere hidroksibütirik asit ilave ederek oluşturduğu örneklerde 17 günlük biyobozunma analizi sonucunda %49-60 arası bozunma olduğu belirtilmiştir (Ikejima ve Inoue, 2000). Tez çalışmasında 15. günde kitosan filmlerin bozunması %53,36-62,17 arasında bulundu. Her iki yöntemle üretilen film örneklerinin biyobozunurlukları karşılaştırıldığında yöntem A ile üretilen filmlerin daha biyobozunur olduğu saptandı.

4.2.11. Su buharı geçirgenliği

Su buharı geçirgenliği ambalajlarda en önemli özelliklerden biridir. Çok fazla su buharı geçirgenliği sonucunda kaplanan maddede yumuşama, topaklanma, erime, kristallenme, çeşitli kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik bozulmalara sebep olabilir. Çok az su buharı geçirgenliğinde ise kaplanan madde de kuruma, sertleşme, parçalanma gıdada bulunan sıvılarda konsantrasyon değişikliği ve mikrobiyolojik bozulma olabilmektedir. Gıdalarda raf ömrünü saptamak için su buharı geçirgenliği en gerekli analizlerdendir (Akşehir, 2013).

Yöntem A ve yöntem B ile üretilen on iki adet filmin su buharı geçirgenliği analizi 3.2.2.11 verilen yöntemle yapıldı. Yöntem A ile yapılan örneklerde su buharı geçirgenliği değerleri 0,02 ve 2,41 $\text{gmmh}^{-1}\text{cm}^{-2}\text{Pa}^{-1}\times 10^{-6}$ aralığında bulundu (Tablo 4.14). İlk üç saatte ışık ilavesinin filmlerdeki su buharı geçirgenliği değerini bir miktar azalttığı ancak lesitin ilavesi ile su buharı geçirgenliğinde artış olduğu görüldü. PK-%2JNL ve PK-%3JNL örneklerinde bir miktar daha fazla geçirgenlik olduğu görüldü. 33. saatin sonunda ise su buharı geçirgenliği değerlerinin sabitlendiği belirlendi.

Tablo 4. 14. Yöntem A ile üretilen filmlerin su buharı geçirgenliği değerleri

Film Adı	Su buharı geçirgenliği ($\text{gmmh}^{-1}\text{cm}^{-2}\text{Pa}^{-1}\times 10^{-6}$)						
	3. saat	6. saat	9. saat	24. saat	27. saat	30. saat	33. saat
PK-JN	1,69±0,72	0,4±0,3	0,18±0,08	0,35±0,05	0,03±0,003	0,05±0,001	0,04±0,011
PK-%1JN	1,38±0,14	0,5±0,4	1,12±0,14	0,32±0,01	0,05±0,008	0,07±0,001	0,05±0,006
PK-%2JN	1,44±0,43	0,6±0,4	0,19±0,10	0,30±0,01	0,04±0,036	0,07±0,001	0,04±0,007
PK-%3JN	1,29±0,04	0,5±0,2	0,19±0,08	0,37±0,02	0,02±0,012	0,05±0,011	0,03±0,007
PK-%1JNL	1,66±0,49	0,3±0,2	0,42±0,09	0,26±0,05	0,08±0,004	0,06±0,002	0,06±0,009
PK-%2JNL	2,41±0,56	0,7±0,1	0,14±0,11	0,28±0,01	0,10±0,008	0,06±0,002	0,06±0,013
PK-%3JNL	2,30±1,05	0,8±0,3	0,31±0,20	0,30±0,06	0,04±0,020	0,06±0,010	0,07±0,009

Yöntem B ile yapılan örneklerde su buharı geçirgenliği analizinde kontrol örneği ile ışık eklenen örnekler arasında geçirgenlik farkı olduğu görüldü. Genel olarak ışık miktarı arttıkça su buharı geçirgenliği arttığı görülmüştür. 3., 6., 9., 24., 27., 30., ve 33. saatlerinde örneklerin su buharı geçirgenliği $0,02$ ile $3,2 \text{ gmmh}^{-1}\text{cm}^{-2}\text{Pa}^{-1}\times 10^{-6}$ aralığında değişkenlik göstermektedir (Tablo 4.15). Kitosan filmlerde ışık ilavesi ile 6. saatte ani bir artış gösterdikten sonra artan zamanla örneklerde su buharı geçirgenliğini genel olarak birbirine yakın olduğu tespit edildi.

Su buharı ilk ölçümlerde yüksek iken daha sonra düşmeye başladığı görüldü. Film yapıcı maddelerin hidrofilik yapısından dolayı su molekülleri kutupsal gruplarla etkileşmektedir. Hidrofil yapıları maddeler su buharını ilk olarak alarak şişerek zincir boşluğunu azaltmakta su buharı alımını sabitlemektedir (Gürler, 2019).

Tablo 4. 15. Yöntem B ile oluşturulan filmlerin su buharı geçirgenliği değerleri

Film Adı	Su buharı geçirgenliği ($\text{gmmh}^{-1}\text{cm}^{-2}\text{Pa}^{-1}\times 10^{-6}$)						
	3. saat	6. saat	9. saat	24. saat	27. saat	30. saat	33. saat
KK	$1,2\pm 1,1$	$0,34\pm 0,03$	$0,1\pm 0,06$	$0,2\pm 0,01$	$0,05\pm 0,01$	$0,02\pm 0,005$	$0,05\pm 0,01$
KK%0,5I	$1,3\pm 0,14$	$0,39\pm 0,03$	$0,2\pm 0,05$	$0,4\pm 0,09$	$0,7\pm 0,005$	$0,07\pm 0,004$	$0,06\pm 0,005$
KK-%1I	$1,5\pm 0,3$	$2,1\pm 0,3$	$0,3\pm 0,05$	$0,2\pm 0,03$	$0,06\pm 0,01$	$0,07\pm 0,01$	$0,05\pm 0,002$
KK%1,5I	$2,3\pm 0,4$	$3,2\pm 0,5$	$0,2\pm 0,09$	$0,3\pm 0,02$	$0,08\pm 0,005$	$0,3\pm 0,04$	$0,08\pm 0,01$
KK-%2I	$1,7\pm 0,6$	$0,7\pm 0,6$	$0,3\pm 0,02$	$0,3\pm 0,1$	$0,06\pm 0,006$	$0,08\pm 0,03$	$0,08\pm 0,007$

Yöntem A ve yöntem B su buharı geçirgenliği değerleri için karşılaştırıldığında genel olarak her iki yöntemin su buharı geçirgenliği değerlerinin yakın olduğu tespit edildi. Başka bir deyişle ışık ilavesi her iki yöntemde de su buharı geçirgenlik değerini artırmıştır.

Konuyla ilgili literatüre bakıldığında Panrong ve ark. (2019) düşük yoğunluklu polietilen film ve nişasta bazlı filmlere %30 ve %40 oranında yeşil çay ekstresi ilave ederek su buharı geçirgenliğini analiz etmiştir. Filmlerde yeşil çay ekstresi miktarı arttıkça su buharı geçirgenliği değerinin arttığı belirtilerek yeşil çay ekstresinin artmasıyla filmdeki partiküllü yapı ve yüzey pürüzlülüğünü arttırdığı belirtilmiştir. Aynı zamanda yeşil çay ekstresinin film yüzeyinde küçük delikler oluşturduğu raporlanmıştır. Ravishankar ve ark. (2009)'un yaptığı elma nişastasını filme çeşitli antimikrobiyal maddeler ilave ederek oluşturulan filmlerde su buharı geçirgenliği değerleri $3,51 \text{ gmmh}^{-1}\text{cm}^{-2}\text{Pa}^{-1}\times 10^{-6}$ ile $3,99 \text{ gmmh}^{-1}\text{cm}^{-2}\text{Pa}^{-1}\times 10^{-6}$ aralığında olduğu bildirilmiştir. Filme çeşitli miktarda eklenen antimikrobiyallerin su buharı geçirgenliğini küçük bir miktar arttırdığı raporlanmıştır (Ravishankar ve ark., 2009). Riaz ve ark. (2020)'nin yaptığı Çin

soğanı ekstresi ilaveli kitosan filmlerde su buharı geçirgenliği değerleri $7,81 \text{ gmmh}^{-1}\text{cm}^{-2}\text{Pa}^{-1}\times 10^{-6}$ ile $15,67 \text{ gmmh}^{-1}\text{cm}^{-2}\text{Pa}^{-1}\times 10^{-6}$ aralığında olduğu belirtilmiştir. Çin soğanı ilavesinin su buharı geçirgenliğini arttırdığı raporlanmıştır. Partikül boyutundaki artışın, yüzey pürüzlülüğünde artışa sebep olması nedeniyle su buharı geçirgenliğini yükseldiği ifade edilmiştir (Riaz ve ark., 2020). Hem yöntem A ile üretilen filmlerde hem de yöntem B ile üretilen filmlerde ıskın ilavesi genel olarak su buharı geçirgenliğini yükselttiği tespit edildi. Benzer şekilde partikül boyutunun ve yüzey pürüzlülüğünün su buharı geçirgenliği değerlerini arttırdığı düşünülmektedir.

Liu ve ark. (2020)'nin yaptığı jelatin ve soya fasulyesi nişastası bazlı filmlerde su buharı geçirgenliği değerleri $1,93 \text{ gmmh}^{-1}\text{cm}^{-2}\text{Pa}^{-1}\times 10^{-6}$ ile $2,51 \text{ gmmh}^{-1}\text{cm}^{-2}\text{Pa}^{-1}\times 10^{-6}$ aralığında olduğu belirlenmiştir. Jelatin ilavesinin soya fasulyesi bazlı filmlerde su buharı geçirgenliğini düşürdüğü, bunun nedeninin ise jelatin artışıyla birlikte kompakt polimerik matrislerinin artmasının ve serbest hacimin azalması gösterilmiştir. Dahası polimer maddesinin artışıyla su bağlama yerlerinin artması da su buharı geçirgenliğinin düşmesine neden olabileceği ifade edilmiştir (Liu ve ark., 2020). Yöntem A ile üretilen filmlerde jelatin ilavesi yukardaki literatüre benzer olarak su buharı geçirgenliğini düşürdüğü düşünülmektedir.

Patates nişastası bazlı lesitin ilaveli filmlerde su buharı geçirgenliği değerinin filme lesitin ilavesi ile birlikte arttığı belirtilmiştir. Lipit yapılı ürünlerin miktarının film örneğinde yüksek olmasının yapıda gözeneklere sebep olduğu, oluşan gözeneklerin de su buharı geçirgenlik değerlerini yükselttiği ifade edilmiştir (Kang ve Min, 2010). Tez çalışmasında yöntem A ile üretilen filmlerde yukarda verilen literatüre benzer olarak lesitin ilavesinin az da olsa su buharı geçirgenliğini arttırdığı görüldü.

4.2.12. Antimikrobiyal Analiz

Yöntem A ve yöntem B ile üretilen on iki adet filmin antimikrobiyal analizi 3.2.2.12'de verilen yöntemle yapıldı. Üretilen film çözeltilerinin *Salmonella paratyphi* ve *Staphylococcus aureus* mikroorganizmaları üzerine antimikrobiyal aktiviteleri test edildi.

On iki film çözeltilisinin de *Staphylococcus aureus* üzerine neredeyse hiç etkisi görülmedi. *Salmonella paratyphi* üzerine ise yöntem A ile üretilen filmlerin etkisi olmadı. Yöntem B ile üretilen filmlerden ise KK-%1I ve KK-%1,5I örneklerinin bir miktar etkisi görülsede zon çapı ölçülecek yeterlilikte etkisi görülmedi.

Antimikrobiyal analizde yöntem A ve B kıyaslandığında iki yöntemde de yeterli etki görülmediği saptandı. Antimikrobiyal analiz de her iki yöntemde de yeterli etki görülmemesi ışkının ve diğer film yapıcı maddelerin antimikrobiyal aktiviteleri olmadığı anlamına gelmemektedir. Buna sebep olarak film maddesinin yapısından dolayı petriye yeterli yayılamaması olduğu düşünülmektedir (Flores ve ark., 2010).

Konuyla ilgili literatüre bakıldığında Flores ve ark. (2010)'un yaptığı tapyoka nişastasından film üretimi çalışmasında filmlere antimikrobiyal aktivite analizi çalışması yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda filmlerde antimikrobiyal aktivite görülmediği bildirilmiştir. Filmin katıya yakın yapısının petriye yeterli olarak dağılmayı engellemesi sebep olarak gösterilmiştir (Flores ve ark., 2010). Tez çalışmasında da aynı yöntemi kullanarak yukardaki literatüre benzer olarak yeterli etki saptanamadı. Benzer olarak filmin yeterli dağılmadığı düşünülmektedir.

Sürengil (2014)'ün yaptığı çalışmada ksantan gam filmlere 100 µL/mL ve 250 µL/mL oranında defne, fesleğen ve limon yaprağı ekstraktları eklenmiş ve antimikrobiyal aktivitesinin test edildiği belirtilmiştir. Çeşitli oranlarda denemelerin sonucunda yeterli zon oluşumu görülmediği ifade edilmiştir. Antimikrobiyal aktivite görülmemesine sebep olarak film çözeltisinin yapısı gösterilmiştir (Sürengil, 2014). Tez çalışmasında iki yöntemde de yeterli antimikrobiyal etki görülmediği belirlendi. Yukarda verilen çalışmada benzer olarak antimikrobiyal etki görülmemesi film yapısına bağlanmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Tez çalışmamız kapsamında ikisi kontrol örneği olmak üzere toplamda on iki film üretildi. Çalışma sonuçları maddeler halinde özetlenmiştir.

1. Yöntem A ile yedi farklı film (PK-JN, PK-%1JN, PK-%2JN, PK-%3JN, PK-%1JNL, PK-%2JNL, PK-%3JNL) elde edildi (Şekil 4.1). Yöntem B ile beş farklı film (KK, KK-%0,5I, KK-%1I, KK-%1,5I, KK-%2I) elde edildi (Şekil 4.2).

2. Filmlerin karakterizasyon çalışmaları kapsamında film kalınlığı, suda çözünürlük, renk analizi, çekme dayanımı ve yüzde uzama katsayısı, absorbans ve transmittans değerleri, FT-IR, SEM, EDS, TGA, antioksidan analizler (FRAP, DPPH ve ABTS), biyobozunurluk, su buharı geçirgenliği ve antimikrobiyal analizler yapıldı.

3. Yöntem A ile elde edilen filmlerin, film kalınlığı yöntem A kullanılarak yapılan örneklerde PK-JN $0,164\pm0,0048$ mm, PK-%1JN $0,163\pm0,0050$ mm, PK-%2JN $0,165\pm0,0056$ mm, PK-%3JN $0,258\pm0,011$ mm, PK-%1JNL $0,172\pm0,007$ mm, PK-%2JNL $0,185\pm0,006$ mm ve PK-%3JNL $0,277\pm0,016$ mm bulundu (Şekil 4.3).

4. Yöntem B kullanılarak yapılan örneklerde ise KK $0,162\pm0,0019$ mm, KK-%0,5I $0,210\pm0,0044$ mm, KK-%1I $0,213\pm0,0088$ mm, KK-%1,5I $0,218\pm0,0011$ mm ve KK-%2I $0,225\pm0,0044$ mm olarak saptandı (Şekil 4.4).

5. Yöntem A ile üretilen örneklerin (PK-JN, PK-%1JN, PK-%2JN, PK-%3JN, PK-%1JNL, PK-%2JNL, PK-%3JNL) yüzde suda çözünürlük değerleri sırasıyla %95,47, %93,50, %93,08, %93,38, %92,49, %93,54, %91,78 olarak bulundu (Şekil 4.5).

6. Yöntem B ile yapılan filmlerde (KK, KK-%0,5I, KK-%1I, KK-%1,5I, KK-%2I) ise yüzde suda çözünürlük değerleri sırasıyla %88,96, %84,92, %83,75, %81,60 ve %81,08 olarak belirlendi (Şekil 4.6).

7. Yöntem A ile elde edilen jeller genel olarak parlak şeffaf beyaz yapıda olduğu ve sarı-yeşil tonlarında elde edildiği tespit edildi. Fakat kontrol örneğiyle arada çok büyük farklar saptanmadı (Tablo 4.1).

8. Yöntem B ile elde edilen jellerde ise ışkın ilavesinin genel olarak filmlere matlık kattığı, ancak %1,5'luk ışkın ilaveli filmin matlık değerinde sapma olduğu tespit edildi. Kitosan tabanlı filmlerin daha çok sarı rengin baskın olduğu ve sarı-yeşil bir tona sahip olduğu belirlendi (Tablo 4.2).

9. Yöntem A ile oluşturulan örneklerde kopma anındaki uzama katsayısı $67,94 \pm 0,29$ ve $59,14 \pm 2,35$ aralığında çekme dayanımı ise $0,64 \pm 0,009$ ile $0,34 \pm 0,009$ MPa aralığında bulundu (Tablo 4.3).

10. Yöntem B ile oluşturulan örneklerde kopma anındaki uzama katsayısı $88,33 \pm 11,82$ ve $52,07 \pm 0,84$ aralığında çekme dayanımı ise $2,17 \pm 0,189$ ile $1,16 \pm 0,011$ MPa aralığında bulundu (Tablo 4.4).

11. Genel olarak yöntem A ve yöntem B ile elde edilen filmlerin absorbans değerleri 520 nm'den 760 nm'ye doğru azaldığı saptandı. Bu durumda jellerde yeşil rengin baskın olduğu belirlendi (Tablo 4.5, Tablo 4.6).

12. Yöntem A ile hazırlanan film örneklerinin FT-IR spektrumlarında nişastanın karakteristik piklerinin mevcut olduğu saptandı. Bu durum yapının doğal karışımdan uzaklaşmadığını ve herhangi bir kimyasal deformasyonun söz konusu olmadığını göstermektedir. (Şekil 4.7- Şekil 4.8).

13. Kitosan içeren jel filmlerin FT-IR spektrumlarında ise kitosana ait karakteristik bantlar mevcut olup bant pozisyonlarında herhangi bir değişim söz konusu olmamıştır. Bu durumda, jel filmlerin hazırlanması esnasında herhangi bir kimyasal etkileşimin olmadığı görülmektedir (Şekil 4.9).

14. Yöntem A ile üretilen filmlerin SEM görüntüleri, yöntem B ile üretilen film örneklerine benzer şekilde olmuştur. Bu durumda PK-JN örneğine ait SEM görüntüleri incelendiğinde farklı boyutlarda taneciklerin olduğu görülmektedir (Şekil 4.10.a). Jelatin katkılanmış nişasta-ışkın karışımlarda ise jelatin katkılama oranı arttıkça yüzeyde partiküllerin daha fazla yer kapladığı görülmektedir (Şekil 4.10. b-d). PK-JN, PK-%1JN, PK-%2JN, PK-%3JN örneklerinin EDS sonuçları biyolojik numunelerde var olduğu üzere C, N ve O'den meydana gelmektedir (Tablo 4.9).

15. Şekil 4.11’de PK-JN, PK-%1JNL, PK-%2JNL ve PK-%3JNL filmlerine ait SEM görüntüleri gösterilmektedir. SEM görüntüleri incelendiğinde, saf nişasta içeren jelatin katkılı ışıkn karışımlarına benzer bir davranış sergilemektedir. Ancak lesitin ilavesi ile jelatin katkılama oranı arttıkça parçacıklar yüzeyde homojen bir dağılım sergilemektedir (Şekil 4.11. b-d). Nişasta ve jelatin katkılı nişasta-saf soya lesitini-ışıkn karışımlarının EDS sonuçları C, N ve O’nun varlığını göstermektedir (Tablo 4.10.).

16. Yöntem B ile üretilen film örneklerinin SEM görüntüleri Şekil 4.12 a-e’de verildi. Kontrol kitosana ait SEM görüntüleri incelendiğinde (Şekil 4.12. a) homojen bir film üzerinde farklı boyutlarda ve şekillerde düzensiz bir şekilde partiküllerin olduğu gözlenmektedir. Işıkn katkılanmış jel filmlerde ise (Şekil 4.12. b-e), kitosan kaynaklı partiküllerin yüzeyi daha homojen bir şekilde kapladığı görülmektedir. Ayrıca katkılanan ışıkn oranı arttıkça kitosan partiküllerinin boyutu artmaktadır. Bu durum kitosan-ışıkn jel karışımlarında fiziksel bir etkileşimin olduğu şeklinde açıklanabilir. Kitosan ve kitosan-ışıkn katkılı jel karışımlarının EDS sonuçları beklendiği gibi C, N ve O içermektedir (Tablo 4.11).

17. Hazırlanan on iki adet film örneğinin TGA analizleri gerçekleştirilerek ışıknın ve yöntem farklılığının termal kararlılıktaki etkisi incelendi (Ek-1)

18. Yöntem A ile üretilen FRAP metoduyla antioksidan analizinde sonuçlar PK-JN $25,10 \pm 1,78$ μg BHA eq/mL, PK-%1JN $72,79 \pm 9,16$ μg BHA eq/mL, PK-%2JN $101,66 \pm 1,73$ μg BHA eq/mL, PK-%3JN $135,84 \pm 13,09$ μg BHA eq/mL, PK-%1JNL $105,02 \pm 1,58$ μg BHA eq/mL, PK-%2JNL $98,86 \pm 9,80$ μg BHA eq/mL ve PK-%3JNL $72,56 \pm 7,78$ μg BHA eq/mL olarak bulundu (Şekil 4.14).

19. Yöntem B ile üretilen filmlerin FRAP metoduyla antioksidan analizinde sonuçlar KK $19,52 \pm 0,98$ BHA μg BHA eq/mL, KK-%0.5I $85,20 \pm 3,70$ μg BHA eq/mL, KK %1I $91,40 \pm 31,25$ μg BHA eq/mL, KK%1.5I $154,88 \pm 15,55$ μg BHA eq/mL ve KK-%2I $187,26 \pm 16$ μg BHA eq/mL olarak belirlendi (Şekil 4.15).

20. Yöntem A ile oluşturulan filmlerde askorbik asit türünden ABTS yöntemiyle belirlenen antioksidan kapasiteleri PK-JN $497,21 \pm 41,31$ μg askorbik asit eq/mL, PK-%1JN $621,59 \pm 27,93$ μg askorbik asit eq/mL, PK-%2JN $645,12 \pm 34,61$ μg askorbik asit

eq/mL, PK-%3JN 608,12±12,66 µg askorbik asit eq/mL, PK-%1JNL 600,76±9,60 µg askorbik asit eq/mL, PK-%2JNL 582,97±11,49 µg askorbik asit eq/mL ve PK-%3JNL 554,14±10,31 µg askorbik asit eq/mL olarak bulundu (Şekil 4.17).

21. Yöntem B ile yapılan ABTS yöntemiyle belirlenen antioksidan kapasitesi KK 285,87±24,53 µg askorbik asit eq/mL, KK-%0,5I 503,47±157,17 µg askorbik asit eq/mL, KK-%1I 395,65±52,85 µg askorbik asit eq/mL, KK-%1,5I 556,77±110,86 µg askorbik asit eq/mL ve KK-%2I 408,45±16,74 µg askorbik asit eq/mL, olarak bulundu (Şekil 4.18).

22. Yöntem A ile üretilen filmlere yapılan DPPH analizinde PK-JN 229,48±51,06 µg askorbik asit eq/mL, PK-%1JN 431,37±108,94 µg askorbik asit eq/mL, PK-%2JN 489,96±83,64 µg askorbik asit eq/mL, PK-%3JN 637,50±99,51 µg askorbik asit eq/mL, PK-%1JNL 359,97±76,89 µg askorbik asit eq/mL, PK-%2JNL 368,42±71,77 µg askorbik asit eq/mL ve PK-%3JNL 360,86±41,29 µg askorbik asit eq/mL olarak saptandı (Şekil 4.20).

23. Yöntem B ile üretilen filmlere uygulanan DPPH metoduyla antioksidan kapasite tayini analizinde KK 221,64±46,92 µg askorbik asit eq/mL, KK-%0,5I 466,27±53,70 µg askorbik asit eq/mL, KK-%1I 853,667±113,04 µg askorbik asit eq/mL, KK-%1,5I 787,85± 70,93 µg askorbik asit eq/mL ve KK-%2I 893,63±23,92 µg askorbik asit eq/mL değerleri bulundu (Şekil 4.21).

24. Yöntem A kapsamında 120 saat boyunca 24 saat aralıklarla yapılan biyobozunurluk analizleri neticesinde elde edilen filmlerin ilk 24 saat sonunda neredeyse %50'lik kısmını kaybettiği ve 120 saat sonunda %100 bir bozunma sağladığı tespit edildi (Tablo 4.12).

25. Yöntem B kapsamında 30 gün boyunca 5 günlük aralıklarla yapılan biyobozunurluk analizleri neticesinde elde edilen filmlerin ilk 5 gün sonunda neredeyse %40'lik kısmını kaybettiği ve 30 gün sonunda %78,33±0,96-97,79±3,13'lık aralığında bir bozunma sağladığı tespit edildi (Tablo 4.13).

26. Yöntem A ile yapılan örneklerde su buharı geçirgenliği 0,02 ve 2,41 gmmh⁻¹cm⁻²Pa⁻¹x10⁻⁶ aralığında bulundu (Tablo 4.14).

27. Yöntem B ile yapılan örneklerde su buharı geçirgenliği analizinde kontrol örneği ile ışıkmın eklenen örnekler arasında geçirgenlik farkı olduğu görüldü. Genel olarak ışıkmın miktarı arttıkça su buharı geçirgenliği artarken, 3, 6, 9, 24, 27, 30, ve 33 saatlerinde örneklerin su buharı geçirgenliği 0,02 ile 3,2 gmmh⁻¹cm⁻²Pa⁻¹x10⁻⁶ aralığında olduğu tespit edildi (Tablo 4.15).

28. On iki film çözeltisinin de *Staphylococcus aureus* üzerine neredeyse hiç etkisi görülmeydi. *Salmonella paratyphi* üzerine ise yöntem A ile üretilen filmlerin etkisi olmadı. Yöntem B ile üretilen filmlerden ise KK-%1I ve KK-%1,5I örneklerinin bir miktar etkisi görülsede zon çapı ölçülecek yeterlilikte etkisi görülmeydi.

5.2. Öneriler

Yenilebilir filmler, artan çevre kirliliği ve yeni ambalaj materyalleri ihtiyacından dolayı son zamanlarda önemli bir konu haline geldi. Hazırlanan filmler biyobozunur olarak en fazla 30 günde toprakta %90 kadar kaybolması en önemli avantajlarından. İlave edilen ışıkmın genel olarak antioksidan kapasiteyi arttığı için gıdadaki kimyasal bozulmayı yavaşlatabileceği düşünülmektedir. Fakat su buharı geçirgenliği özellikleri sınırlanmaması filmlerin en önemli dezavantajıdır. Tez çalışmasında yöntem A'da PK-%2JN örneği üretildikten sonra en ideal film örneği olarak değerlendirilebilir. Lesitin ilave edilen örneklerde antioksidan kapasite düştüğünden, PK-%3JN örneğinde ise kalınlık arttığı ve sert kırılğan bir yapıya ulaştığı tercih edilmeme sebebidir. Yöntem B'de ise KK- %0,5I örneği en ideal örnek olduğuna karar verildi. Yöntem B'de ışıkmın miktarı arttıkça su buharı geçirgenliği arttığı ve % biyobozunurluk azaldığı için KK-%0,5I diğer örneklerden daha idealdir. Oluşturulan filmlerin bir sonraki aşamada gıdalarda kullanımı üzerine araştırmalar yapılabilir. Üretilen filmlerin zayıf özelliklerini geliştirmeye dayalı çalışmalar yapılarak film özellikleri geliştirilebilir. Filmlerin gıdalar üzerine kimyasal, mikrobiyolojik etkisi araştırılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Akagündüz, Ö. Y., 2010. Çipura işleme atıklarının yan ürün olarak değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 20-27.
- Akşehir, K., 2013. Akdut (*Morus Alba*) ve Karadut (*Morus Nigra*) Meyvelerinden Elde Edilen Yenilebilir Filmlerin Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun, 40.
- Alaadin, M. A., Al-Khateeb, E. H., Jäger, A. K., 2007. Antibacterial activity of the Iraqi *Rheum ribes* L. Root., *Pharmaceutical Biology*, 45(9), 688-690.
- Alan, R., Padem, H., 1989. Erzurum yöresinde sebze olarak kullanılan yabani otlardan ışkın, uzun yemlik, madımak, tel pancarı ile ebegümeci üzerine araştırmalar. *Gıda / the Journal of Food*, 14(5), 281-287.
- Alan, Y., Erbil, N., Digrak, M., 2012. In vivo antimicrobial activity of *Rheum ribes* extracts obtained from various plant parts from Turkey, *Journal of Selçuk University Natural and Applied Science*, 1, 23-29.
- Ali A., Chen Y., Liu H., Yu L., Baloch Z., Khalid S., Zhu J., Chen L., 2019. Starch-based antimicrobial films functionalized by pomegranate peel, *International Journal of Biological Macromolecules* 129 (2019) 1120–1126.
- Alsaggaf M. S., Moussa H. S., Tayel A. C., 2017. Application of fungal chitosan incorporated with pomegranate peel extract as edible coating for microbiological, chemical and sensorial quality enhancement of Nile tilapia fillets, *International Journal of Biological Macromolecules*, 99 (2017) 499–505.
- Anonim, 2018. Ambalaj ve ambalaj atıkları istatistikleri (2015), *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ambalaj Bülteni*, 2, Ankara
- Apriyanti D., Rokhati N., Mawarni N., Khoiriyah Z., Istirokhatun T., 2018. Edible coating from green tea extract and chitosan to preserve strawberry (*Fragaria vesca* L.). *MATEC Web of Conferences* 156, 0-1022.
- ASTM, (2003). Annual book of ASTM standards, *American Society for Testing and Materials*, Pennsylvania.
- Atares, L., De Jesus, C., Talens, P., Chiralt, A., 2010. Characterization of SPI-Based edible films incorporated with cinnamon or ginger essential oils, *Journal of Food Engineering*, 99(3), 384-391.
- Ayana, B., Turhan, K. N., 2010. Gıda ambalajlanmasında antimikrobiyal maddeler içeren yenilebilir film/ kaplamalar ve uygulamaları, *Review*, 35(2), 151–158.
- Baer, D.R., Thevuthasan, S. 2010, “Characterization of thin films and coatings”, *Handbook of Deposition Technologies for Films and Coatings*, 749-864.

- Baldwin, E. A., Nisperos-Carnedo, 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.
- Ballesteros, L. F., Cerqueira, M. A., Teixeira, J. A., Mussatto, S. I. 2018. Production and physicochemical properties of carboxymethyl cellulose films enriched with spent coffee grounds polysaccharides, *International Journal of Biological Macromolecules*, 106, 647–655.
- Benzie, I. F. F. ve Strain, J. J., 1996. The ferric ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay, *Analytical Biochemistry*, 293, 70-76.
- Berizi E., Hosseinzadeh s., Shekarforoush S. S., Barbieri G., 2018. Microbial, chemical, textural and sensory properties of coatedrainbow trout by chitosan combined with pomegranate peel extractduring frozen storage, *International Journal of Biological Macromolecules* 106 (2018) 1004–1013.
- Blois, M. S., 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200. of antioxidant power: the FRAP assay, *Analytical Biochemistry*, 293, 70-76.
- Boran, G., 2011. Bir gıda katkısı olarak jelatin: yapısı, özellikleri, üretimi, kullanımı ve kalitesi. *Gıda / the Journal of Food*, 36 (2), 97-104.
- Bostan, K., Aldemir, T., Ayd, A. (2007). Kitosan ve antimikrobiyal aktivitesi *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 37(2), 118-127 37.
- Bourtoom, T., Chinnan, M. S. 2008. Preparation and properties of rice starch–chitosan blend biodegradable film, *LWT-Food science and Technology*, 41(9), 1633-1641.
- Candan, T., Bağdatlı, A., 2018. Gıda ürünlerinde yenilebilir film ve kaplama uygulamaları. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi* 5 (2), 645-655.
- Cemeroğlu, B. S., 2013. Meyve ve sebze işleme teknolojisi, 1. cilt, *Bizim Grup Basımevi*, Ankara, Türkiye, 312.
- Coşkun Topuz, F., Boran, G.,2018. Jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamalar, *Akademik Gıda*, 16(3), 332–339.
- Çakmakçı, S. ve Çelik, İ., 1994, Gıda katkı maddeleri.Yayın No: 164. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, s.102-103, Erzurum.
- Çokaylıgil, Z., 2013. Portakal Kabuklarından Biyobozunur Nanokompozit flm üretilmesi ve gıda ambalajı olarak değerlendirilmesi, *Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*, Eskişehir, 39-54.
- Debeaufort, F., Gallo, J.A.Q., Voilley, A., 1998. Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review, *Critical Reviewers in Food Science* 38(4), 299-313

- Delikanlı, B., Özcan, T. (2014). Probiyotik içeren yenilebilir filmler ve kaplamalar, Edible films and coatings containing probiotic Bacteria. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1), 59–70.
- Demireken, A., Gül, H., 2016. Enzime dirençli nişasta ve sağlık üzerindeki etkileri, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(2), 71-78
- Dhanapal, A., Rajamani, L., Banu, M., 2012. Edible films from Polysaccharides. *Food Science and Quality*, 3(1), 9–18.
- Doğan G., 2013. Uçucu yağlarla zenginleştirilmiş kitosan filmlerin dumanlanmış gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus Mykiss* W., 1792) filetolarının kalite özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 21-35.
- Eker, B., İçöz, A., 2014. Tekirdağ köftesinin ambalajlanmasında jelatinin biyolojik tabanlı kaplama malzemesi olarak kullanılması. *Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi-NKUBAP.00.24.AR.13.05 nolu raporu*, Tekirdağ.
- Elsabee, M. Z., Abdou, E. S., 2013. Chitosan based edible films and coatings: A review. *Materials Science and Engineering C*. 33, 1811-1841.
- Erdoğan, A., 2020. Ayva Çekirdeği Müsilajı ve kitosanla yenilebilir film eldesi ve özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sivas, 66-68.
- Erkoç, M., 2020. Bulgur Kepeği Hemiselülozu Temelli Nanoselüloz Katkılı biyobozunur filmlerin üretimi ve karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karaman, 58.
- Fazli-Bazaz, B. S., Khajehkaramadin, M., Shokouhizadeh, H. R., 2005. In vitro antibacterial activity of Rheum ribes extract obtained from various plant parts against clinical isolates of Gram-negative pathogens. *İran İlaç Araştırmaları Dergisi*, 4, 87-91.
- Feist, M., 2015. Thermal analysis: basics, applications, and benefits, *Chemical Texts*, 8, 1-12,
- Ferreira L. F., Abreu G. F., Lago A.M. T., Figueiredo L. P., Borém F. M., Martins M. A., Borges S. V., Dias M. V., 2018. Development and application of biopolymer coatings to specialty green coffee beans: Influence on water content, color and sensory quality. *LWT - Food Science and Technology dergisi* 96 (2018) 274–280.
- Flores, S.K., Costa, D., Yamashita, F., Gerschenson, L.N., Grossmann, M.V., 2010. Mixture design for evaluation of potassium sorbate and xanthan gum effect on properties of tapioca starch films obtained by extrusion, *Materials Science and Engineering*, 30, 200–205.

- Gahruie, H.H., Eskandari, M.H., Van der Meeren, P., Hosseini, S.M.H., 2019. Study on hydrophobic modification of basil seed gum-based (BSG) films by octenyl succinate anhydride (OSA). *Carbohydrate polymers*, 219, pp.155-161.
- Go´Mez-Guille´Na, M. C., Ihlb, M., Bifanib, V., Silvab, A., Monteroa, P., 2007. Edible films made from tuna-fish gelatin with antioxidant extracts of two different murta ecotypes leaves (*Ugni molinae* Turcz). *Food Hydrocolloids*, 21; 1133–1143.
- Gontard, N., Duchez, C., Cuq, J.L., Guilbert, S., 1994. Edible composite films of wheat gluten and lipids: Water vapour permeability and other physical properties. *International Journal. Food Science Technology*, 29(1), 39–50.
- Gönül, M., 1978. Nişastanın gıda endüstrisinde kullanımı, *Gıda / the Journal of Food*, 3(3), 114-119.
- Gürler, N., 2019. Çapraz bağlı nişasta ve iki tabakalı Polilaktik Asit(Pla) biyofilmlerinin hazırlanarak, yapısal, mekanik ve kontrollü kompost ortamında biyobozunumlarının incelenmesi, Doktora Tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2-98.
- Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A.L., Pastrana, M.L., Zia, K.M., Akhtar, N., 2018. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review, *International Journal of Biological Macromolecules* 109, 1095-1107.
- Ikejima, T., Inoue, Y., 2000. Crystallization behavior and environmental biodegradability of the blend films of Poly(3-Hydroxybutyric Acid) with chitin and chitosan”, *carbohydrate polymers*, 41: 351–356
- Illum L., 1998. Chitosan and It use as a pharmaceutical excipient, *Pharmaceutical Journal*, 9 (16), 1326-1330.
- Işık Çiçek Y., 2011. Properties and application of whey protein isolate based films containing clove and apricot essential oils, Yüksek Lisans Tezi, *Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gaziantep, 22-27
- İskefiyeli, Z. 2014. Damlatma ile Yeni DPPH ve FRAP Antioksidan tayin yöntemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Jancikova, S., Jamróz, E., Kulawik, P., Tkaczewska, J., Dordevic, D., 2019. Furcellaran / jelatin hidrolizat / biberiye özü kompozit filmler aktif ve akıllı ambalaj malzemeleri olarak kullanılması, *Uluslararası biyolojik makromolekül dergisi*, 131, 19-28.
- Janjarasskul, T., Krochta, J. M., 2010. Edible packaging materials, *Annual Review of Food Science and Technology*, 1(1), 415–448

- Jaramillo, C. M., Guti  rrez, T. J., Goyanes, S., Bernal, C., Fam  , L. 2016. Biodegradability and plasticizing effect of yerba mate extract on cassava starch edible films, *Carbohydrate Polymers*, 151, 150-159.
- Kahyaoğlu, T. ve Kurt, A., 2014. Characterization of a new biodegradable edible film made from salep Glucomannan, *Carbohydrate Polymers*, 104, 50-58.
- Kalkan S., Ota   M.R., Engin M. S., 2019. Physicochemical and bioactive properties of edible methylcellulose films containing *Rheum ribes* L. extract, *Food Chemistry* (2019) Dergisi, 3-28
- Kalkan, S. 2014. Farklı antimikrobiyel maddeler içeren yenilebilir film kaplamaların Macar salamında kullanım olanakları ve listeria innocua inaktivasyonu üzerine etkileri. Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 40-42.
- Kang, H. J. and Min, S. C., 2010. Potato peel-based biopolymer film development using high-pressure homogenization, irradiation, and ultrasound, *LWT-Food Science and Technology*, 43(6), 903-909.
- Kavas, E., Terzioğlu, P., Taş, M., Par  n, F.N., Kuş,   ., Küçükaydın, S., Duru, M.E. 2020, Biberiye ekstresi ve kaolin içeren polivinil alkol/nişasta aktif kompozit filmler: yapısal, mekanik ve antioksidan aktivite   zellikleri, *Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3 (2), 121-129.
- Keskin, M., Setlek, P., Demir, S., 2017. Renk   l   m sistemlerinin gıda bilimleri ve tarımda kullanım alanları, *International Advanced Researches & Engineering Congress*, 2350–2359.
- Khoshgozaran-Abras, S., Azizi, M. H., Hamidy, Z., Bagheripoor-Fallah, N., 2012. Mechanical, physicochemical and color properties of chitosan based-films as a function of Aloe vera gel incorporation, *Carbohydrate Polymers*, 87(3), 2058-2062
- Kocakulak, S., 2019. Production and characterization of chickpea flour based biofilms containing gallic acid, Yüksek Lisans Tezi, *Ortadoğu Teknik Üniversitesi Doğa ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü*, Ankara, 25
- Kodal, B., 2008. Antioksidan   zellikteki Yenilebilir Filmlerin Sığır Kıymasının Oksidatif Stabilit  sine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 30-34.
- Korkmaz F., 2016. Yenilebilir Biyofilm Olarak Kinoa (*Chenopodium Quinoa*)’Nın Gökkuşağı Alabalığı (*Onchorynchus Mykiss*) Filetolarının Raf   mr     zerine Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 19-25.
- Krochta, J.M. and Mulder-Johnston, C. 1997. Edible and biodegradable polymer films: challenges and oppor- tunities. *Food Technology*, 51(2), 61–73.

- Kurt Ş. ve Zorba Ö., 2005. Kitin, kitosan ve türevlerinin gıdalarda kullanım olanakları. *Gıda / the Journal of Food*, 30(6), 371-378.
- Kurt, A., 2013. Salep Glukomannanın Film Oluşturma Özellikleri ve Emülsiyon Stabilitesine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 51-60.
- Laleli, M., 2011. Soya Lesitininin Yağı Azaltılmış Yağı Azaltılmış Yoğurtlardaki Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 18-22.
- Li, J., 2008. Characterization and Performance Improvement of Chitosan Films as, *University of Tennessee*, Doctoral Dissertation, Knoxville, Tennessee, ABD.
- Licciardello, F., Kharchoufi, S., Muratore, G., Restuccia, C., 2018. Effect of edible coating combined with pomegranate peel extract on the quality maintenance of white shrimps (*Parapenaeus longirostris*) during refrigerated storage, *Food Packaging and Shelf Life*, 17 (2018) 114–119.
- Lin, D. and Zhao, Y. 2007. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6(3), 60–75.
- Liu, C., Huang, J., Zheng, X., Liu, S., Lu, K., Tang, K., Liu, J. 2020. Heat sealable soluble soybean polysaccharide/gelatin blend edible films for food packaging applications, *Food Packaging and Shelf Life*, 24, 100485.
- Mecitoğlu Güçbilmez, Ç., 2014. Bazı Esansiyel Yağlarla Antifungal Yenilebilir Zein Filmi Geliştirilmesi ve Kase Margarine Uygulanması, Doktora Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ, 11.
- Memiş, S., 2017. Çemen Tohumu Bazlı Nanokil Katkılı Biyobozunur Nanokompozit Film Üretimi Ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 29-42
- Meral, R., 2017. Farklı Sıcaklık Derecelerinin Uşkun Bitkisinin Antioksidan Aktivitesi ve Fenolik Profili Üzerine Etkisi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1), 88–94.
- Mokrejs P., Langmaier, F.M., Ladek, M., 2009. Extraction of collagen and gelatine from meat industry by-products for food and non food uses, *Waste Management & Research*, 2009 (27), 31–37.
- Murray, J. C. F, 2000. In Handbook of hydrocolloids; *Phillips G.; Willians P.; Ed.*; *Chemical Rubber Company Press*, Cambridge, England
- Naemi, F., Asghari, G., Yousofi, H., Yousefi, H. A., 2014. Chemical composition of essential oil and anti trichomonas activity of leaf, stem, and flower of *Rheum ribes* L. extracts, *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 4(3), 191–199.

- Özdemir K. S., Gökmen V., 2019. Effect of chitosan-ascorbic acid coatings on the refrigerated storage stability of fresh-cut apples, *Journal of Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 9, 503.
- Özdemir, F., Ramazanoğlu, D., 2019. Farklı Biyokütlelerden Elde Edilen Nişasta ile Akıllı Biyoplastik Malzeme ve Odun Biyoplastik Kompozit Üretimi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(2), 377–385.
- Özmert Ergin S., 2015. Kiraz ve Kayısı Ağacı Reçinelerinin Yenilebilir Film Özelliklerinin İncelenmesi ve Gıda Kaplamasında Kullanımları. Doktora Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, 35-46.
- Öztürk G., 2009. Likopen İçeren Yenilebilir Filmlerin Sığır Kıymasının Oksidatif Stabilitesine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 15-17
- Panrong, T., Karbowiak, T., Harnkarnsujarit, N., 2019. Thermoplastic starch and green tea blends with LLDPE films for active packaging of meat and oil-based products, *Food Packaging and Shelf Life*, 21, 100331.
- Park, S.I., Zhao, Y., 2004. Incorporation of a high concentration of mineral or vitamin into chitosan-based films, *Jurnal Agric Food Chemistry*, 52, 1933-1939.
- Polat, H., 2007. İşlenmiş Et Ürünlerinde Yenilebilir Filmlerin ve Kaplamaların Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 22-27.
- Ponce, A.G., Roura, S.I., del Valle, C. E. Moreira, M.R., 2008. Doğal bitki özleri ile zenginleştirilmiş yenilebilir kaplamaların antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteleri: In vitro ve in vivo çalışmalar, *Postharvest Biology and Technology*, 49, 290-300.
- Qin Y., Zhang Z., Yuan L. M., Fan J., Zhao T., 2013. Physio-mechanical properties of an active chitosan film incorporated with montmorillonite and natural antioxidants extracted from pomegranate rind. *Journal of Food Science Technology*, 52(3):1471–1479.
- Rambabu, K., Bharath, G., Banat, F., Show, P.L., Cocolletzi, H.H., 2019. Mango yaprağı ekstreşi, aktif gıda ambalajı için kitosan antioksidan film içerir, *Uluslararası biyolojik makromolekül dergisi*, 126, 1234-1243.
- Ravishankar, S., Zhu, L., Olsen, C. W., McHugh, T. H., Friedman, M., 2009. Edible apple film wraps containing plant antimicrobials inactivate foodborne pathogens on meat and poultry products, *Journal of Food Science*, 74(8).
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, *Free Radical Biology Medicine*, 26 (9), 1231-1237.
- Riaz, A., Lei, S., Akhtar, H. M. S., Wan, P., Chen, D., Jabbar, S., Abid, M., Hashim, M.

- M., Zeng, X., 2018. Preparation and characterization of chitosan-based antimicrobial active food packaging film incorporated with apple peel polyphenols, *International Journal of Biological Macromolecules*, 114, 547–555.
- Riaz, A., Lagnika, C., Luo, H., Dai, Z., Nie, M., Hashim, M. M., Liu, C., Song, J., Li, D. 2020. Chitosan-based biodegradable active food packaging film containing Chinese chive (*Allium tuberosum*) root extract for food application, *International Journal of Biological Macromolecules*, 150, 595–604.
- Rocha, L.S., Almeida, Â., Nunes, C., Henriques, B., Coimbra, M.A., Lopes, C.B., Silva, C.M., Duarte, A.C., Pereira, E., 2016. Simple and effective chitosan based films for the removal of Hg from waters: Equilibrium, kinetic and ionic competition. *Chemical Engineering Journal*, 300, 217–229.
- Rojas–Graü M., Avena–Bustillos R. J., Olsen C., Friedman M., Henika P. R., Martín–Belloso O., Pan Z., McHugh T. H., 2007. Effect of essential oil compounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate-apple puree edible films, *Journal of Food Engineering*, 81, 634–641.
- Rottensteiner U., Sarker B., Heusinger D., Dafinova D., Subha N., Beier, J. P., Kneser U., Horch R. E., Detsch R., Boccaccini A. R., Arkudas A., 2014. In vitro and in vivo biocompatibility of alginate dialdehyde/gelatin hydrogels with and without nanoscaled bioactive glass for bone tissue engineering applications. Department of Plastic and Hand Surgery, *University Hospital of Erlangen, Friedrich Alexander University Erlangen*, Germany, 1958–1971
- Sanuja, S., Agalya, A., Umapathy, M. J., 2015. Synthesis and characterization of zinc oxide–neem oil–chitosan bionanocomposite for food packaging application, *International Journal of Biological Macromolecules*, 74, 76–84.
- Sarıcaoğlu, F.T., 2018. Mekanik olarak ayrılmış tavuk eti proteinlerinden antioksidan ve antimikrobiyal katkılı yenilebilir film üretimi ve ısıtım işlem görmüş sucuklarda kullanımı, Doktora Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun, 143.
- Scartazzini L., Tosat J. V., Cortez D. H. C., Rossi M. J., Flores S. H., Hubinger M. D., Luccio M. D., Monteiro A. R., 2019. Gelatin edible coatings with mint essential oil (*Mentha arvensis*) film characterization and antifungal properties, *Journal Food Science Technology*, 56(9):4045–4056.
- Serrano, M., Martínez- Romero, D., Zapata, P.J., Guillén, F., Valverde, J.M., Díaz-Mula, H.M., Castillo, S., Valero, D., 2015. Advances in edible coatings. advances in postharvest fruit and vegetable technology. *CRC Press*, 147–166.
- Sharma, P., Shenin, V.P., Kaur, N., Vyas., P., 2019. Application of edible coatings on fresh and minimally processed vegetables: A review. *International Journal Vegetable Science*, 25(3): 295–314.
- Shokravi, A., Agha, Nasiri, K. 1997. Synthesis of 1,2,3,4,5,6,7,8-Octahydro-9-ethoxy-10-hydroxy-1-anthracenone, *Iran Journal Chemical Engineering*, 16, 10–15.

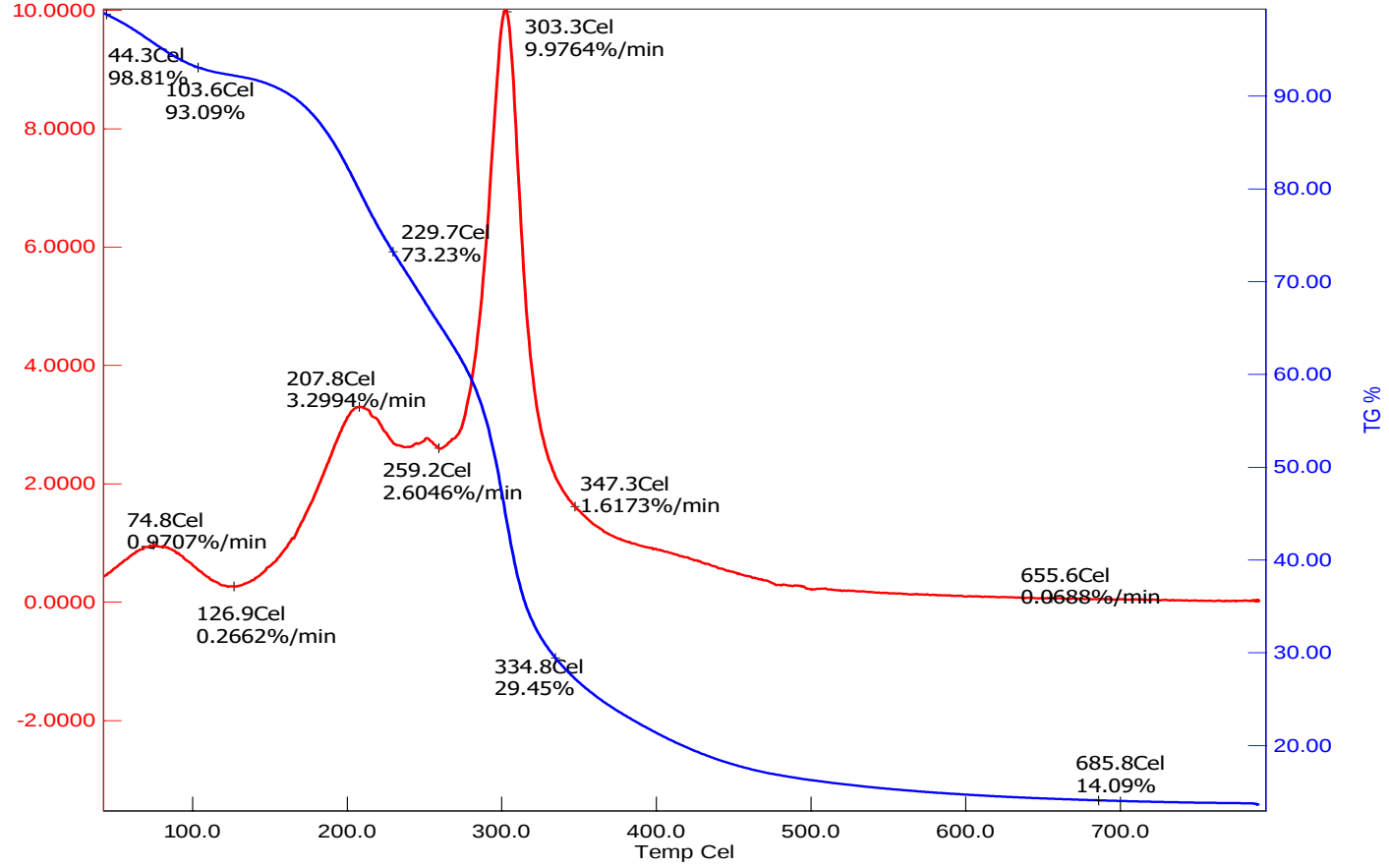
- Shukla, R., Cheryan, M. 2001. Zein: The industrial protein from corn. *Industrial Crops and Products*, 13: 171-192.
- Siracusaa, V., Rocculib, P., Romanib, S., Dalla Rosa, M., 2008. Biodegradable polymers for food packaging: a review, *Trends in Food Science & Technology* 19, 634-643.
- Silva, O. A., Pellá, M. G., Pellá, M. G., Caetano, J., Simões, M. R., Bittencourt, P. R., Dragunski, D. C. 2019. Synthesis and characterization of a low solubility edible film based on native cassava starch, *International journal of biological macromolecules*, 128, 290-296.
- Sürengil G., 2014. Defne (*Laurus Nobilis*) ve Fesleğen (*Ocimum Basilicum*) Ekstraktları Kullanılarak Üretilen Yenilebilir Filmlerin Alabalık (*Oncorhynchus Mykiss*) Filetolarına Etkilerinin Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 30-48.
- Şahin, F., 2019. Gıda Ambalajı Olarak Yenilebilir Biyokompozit Filmlerin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 30-34.
- Taşkın, T., Bulut, G., 2019. Qualitative and quantitative phytochemical analysis and in-vitro biological activity of *Rheum ribes* L. different parts, *Istanbul Journal Pharm* 49 (1), 7-13.
- Tavassoli-Kafrani, E., Shekarchizadeh, H., Masoudpour-Behabadi, M., 2016. Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans, *Carbohydr. Polym.* 137, 360–374.
- Tendencia, E. A., 2004. Disk diffusion method, Laboratory manual of standardized methods for antimicrobial sensitivity tests for bacteria isolated from aquatic animals and environment, *Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center*, 13–29.
- Tongnuanchan, P., Benjakul, S. Prodpran, T., 2012. Properties and antioxidant activity of fish skin gelatin film incorporated with citrus essential oils, *Food Chemistry*, 134(3), 1571–1579.
- Torres, F. G., Troncoso, O. P., Torres, C., Díaz, D. A., Amaya, E., 2011. Biodegradability and mechanical properties of starch films from Andean crops, *International Journal of Biological Macromolecules*, 48(4), 603–606.
- Tosun, F., Akyüz Kızılay, Ç., 2003. *Rheum ribes* L. Bitkisinin Antrakinonları ve Flavonoidleri, *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 32(1), 31-35.
- Tufan, M., 2017. Ayçiçeği Sapından Yenilebilir Cmc Film Üretimi ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, 36-38.

- Tulamandi S., Rangarajan V., Rizvi S. H. S., Singhal R. S., Chattopadhyay R. K., Saha N. C., 2016. A biodegradable and edible packaging film based on papaya puree, gelatin, and defatted soy protein. *Food Packaging and Shelf Life* 10, 60–71.
- Tunç, S., Angellier, H., Cahyana, Y., Chalier, P., Gontard, N., Gastaldi, E., 2007. Functional properties of wheat gluten/montmorillonite nanocomposite films processed by casting, *Journal of Membrane Science*, 289(1), 159-168.
- Tuncer, B., Günsan, B., 2017. Yabani Ravent (*Rheum ribes* L.) doku kültürü ile çoğaltım üzerine araştırma. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 296–301.
- Tural, S., Sarıcaoğlu, F.T., Turhan, S., 2017. Yenilebilir film ve kaplamalar: üretimleri, uygulama yöntemleri, fonksiyonları ve kaslı gıdalarda kullanımları, *Akademik Gıda* 15(1), 84-94.
- Uçan, F., Mercimek, H. A., 2013. Gıda endüstrisinde kitosan filmlerin önemi, *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(2), 79-85.
- Üçok, K., Mollaoğlu, H., Genç, A., Akkaya, M., Şener, Ü., 2010. Safra sistemi fizyolojisi, *Journal of Surgical Arts*, 3(1), 1-8.
- Xiao, C., Zhang, J., Zhang, Z., Zhang, L., 2003. Study of blend films from chitosan and hydroxypropyl guar gum, *Journal of Applied Polymer Science*, 90, 5.
- Valenzuela, C., Abugoch, L., Tapia, C., 2013. Quinoa Protein-Chitosan-Sunflower Oil Edible Film: Mechanical, Barrier and Structural Properties, *Lwt-Food Sci Technology*, 50; 531–7.
- Van Nieuwenhuyzen, W. 1976. Lecithin production and properties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 53(6), 425–427.
- Wang, L., Guo, H., Wang, J., Jiang, G., Du, F., Liu, X., 2019. Effects of Herba Lophatheri extract on the physicochemical properties and biological activities of the chitosan film, *International journal of biological macromolecules*, 133, 51-57.
- Yaman, T., 2013. Quality Evaluation Of Pomegranate Arils with Chickpea Starch Based Edible Film, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 29-40.
- Yasmeen, S., Kabiraz, M.K., Saha, B., Qadir, R., Gafur, A., Masum, S. 2016, Chromium (VI) Ions Removal from Tannery Effluent using Chitosan-Microcrystalline Cellulose Composite as Adsorbent, *International Research Journal of Pure & Applied Chemistry*, 10 (4), 1-14.
- Yerlikaya, H., 2002. Elazığ ve çevresinde hayvan hastalıklarında halk hekimliği üzerine araştırmalar, *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 8 (2): 131-138.
- Yerlikaya, P., Yatmaz, H.A., Topuz, O.K., 2019. Applications of edible films and coatings in aquatic foods innovative technologies in seafood processing., *Chemical Rubber Company Press*, 71-86.

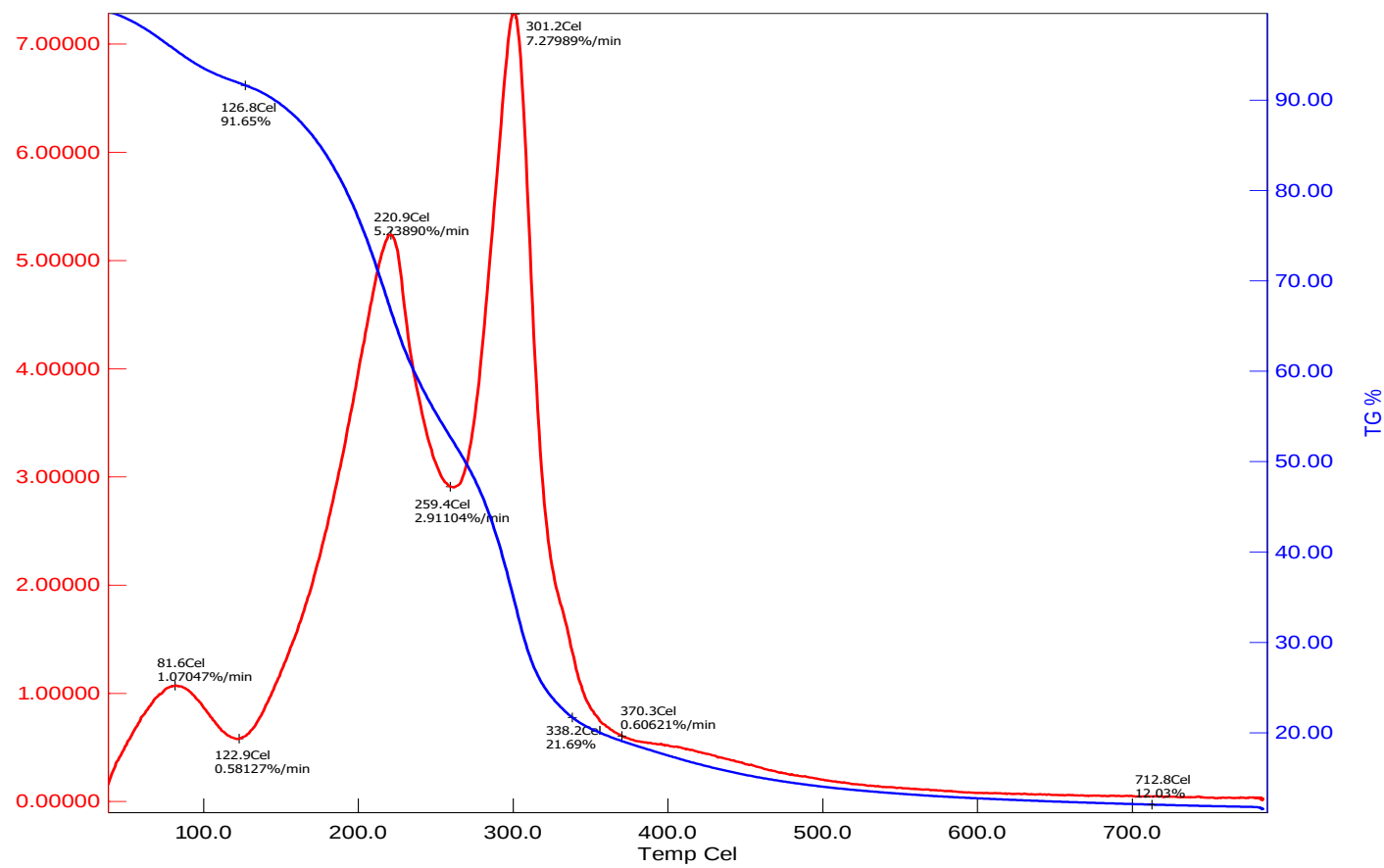
- Yıldız, S., 2014. Yukarı Fırat Havzasında Yetişen Kenger (*Gundelia Tournefortii* L.), Güllük (*Eremurus Spectabilis* M.Bieb.) ve Işkın (*Rheum Ribes* L.) Bitkilerindeki Polifenollerin ve Bazı Metallerin Tayini, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 3-4.
- Yıldız, O. P. ve Yangılar, F., 2016. Yenilebilir film ve kaplamaların gıda endüstrisinde kullanımı, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1), 27–35.
- Yuan G., Lv, H., Tang, W., Zhang, X., Sun, H., 2016. Effect of chitosan coating combined with pomegranate peel extract on the quality of Pacific white shrimp during iced storage. *Food Control*, 59 (2016).
- Yüksel, Ç., Atalay, D., Erge, H. S., 2020. Yenilebilir kaplamaların taze kesilmiş meyve ve sebzelerde kullanımı, *Gıda / the Journal of Food*, 45, 340–355.
- Zhu, F., Wang, S., Wang, Y., 2013. Physical properties and enzyme susceptibility of rice and high-amylose maize starch mixtures. *Journal Science Food Agriculture*, 93, 3100-3106.

EK-1-TGA analizleri

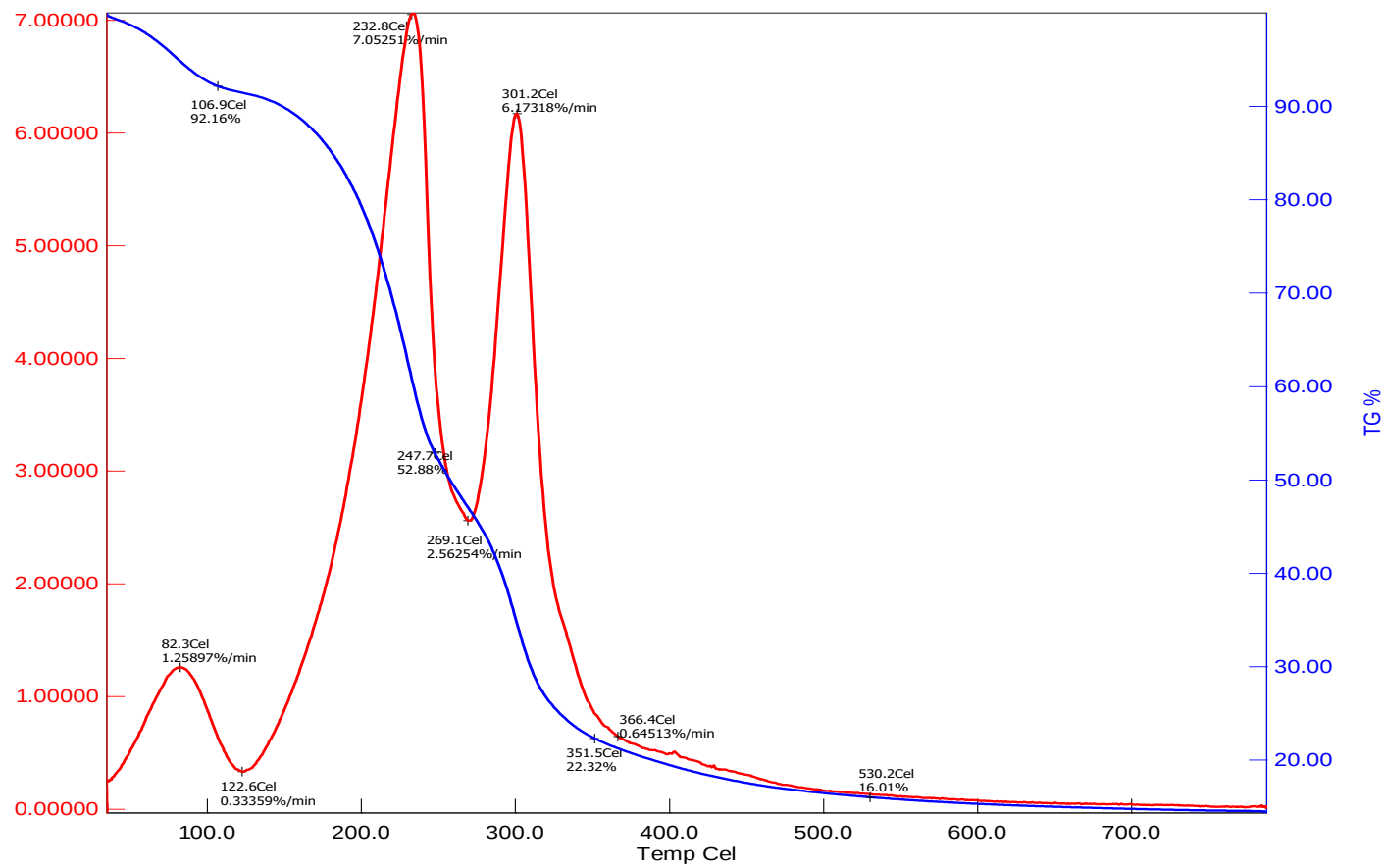
Yöntem A- PK-JN



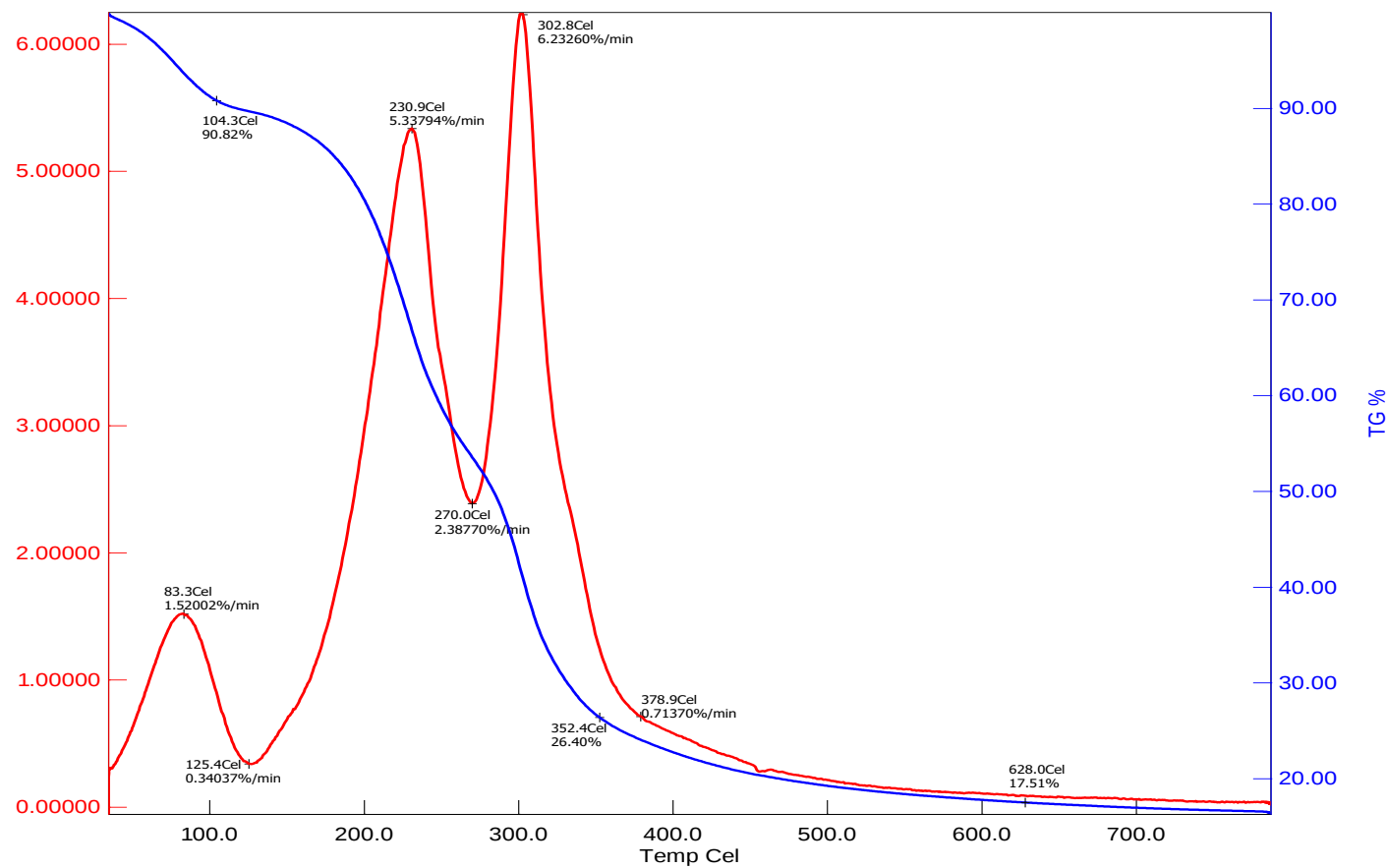
PK-%1JN



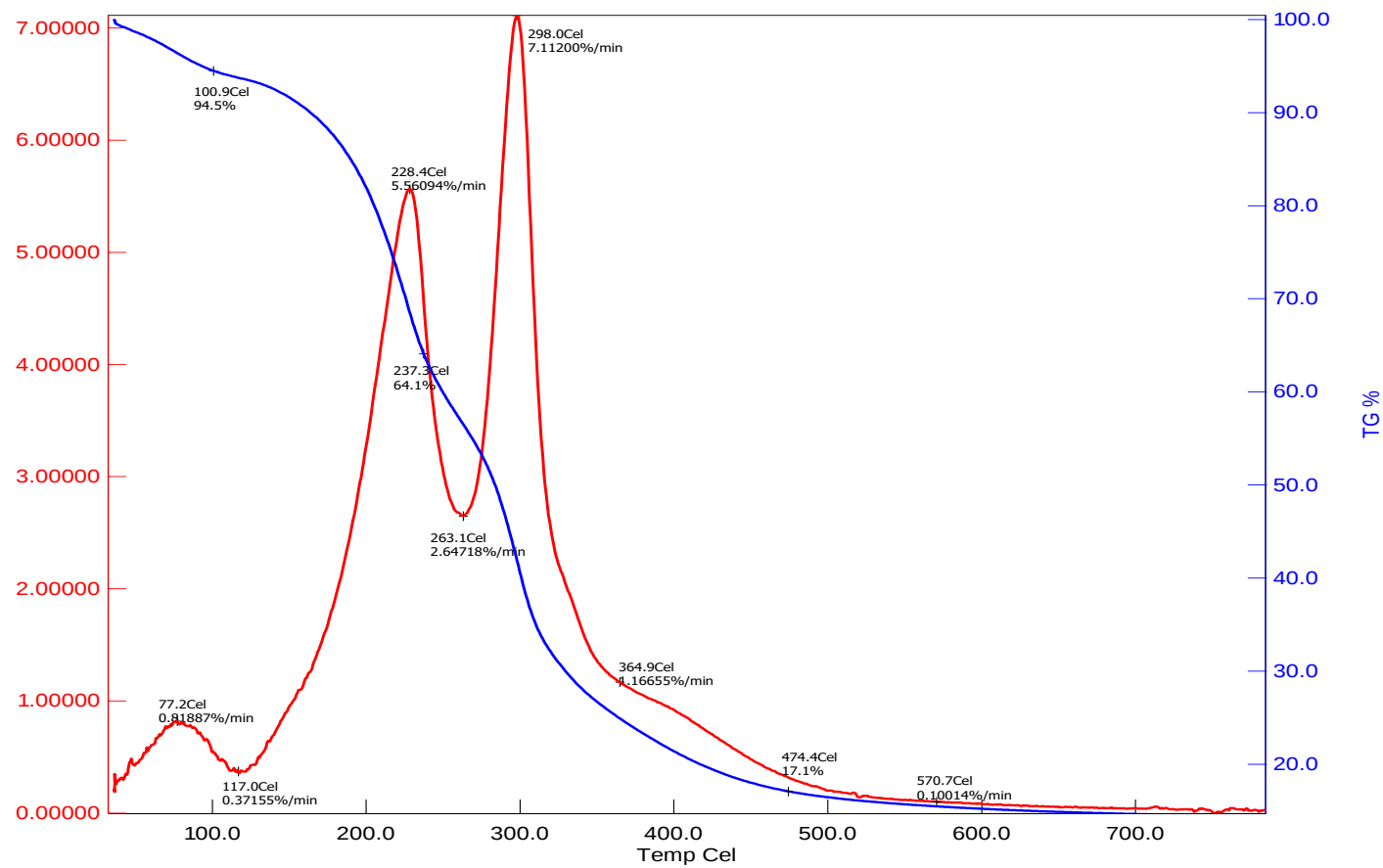
PK-%2JN



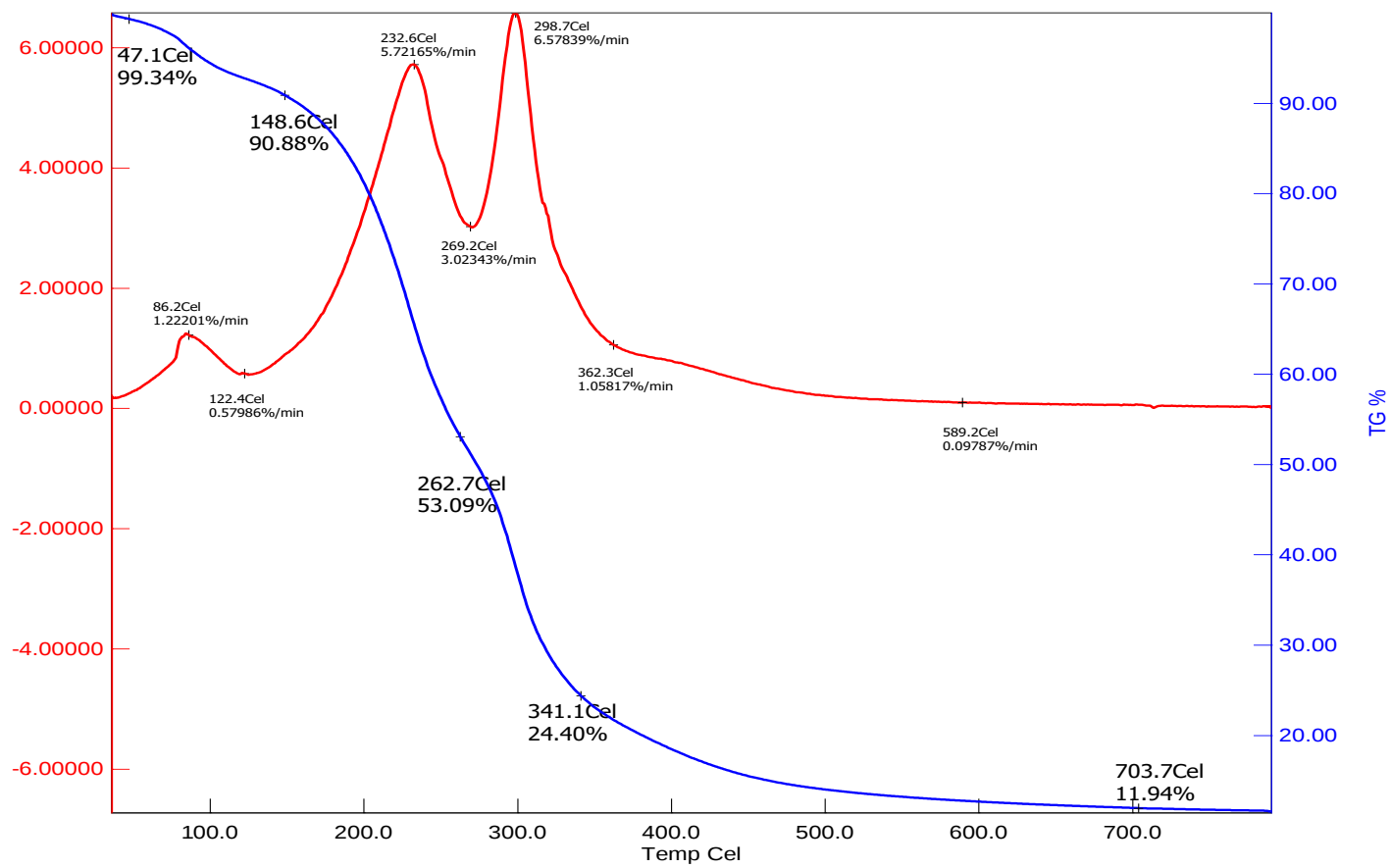
PK-%3JN



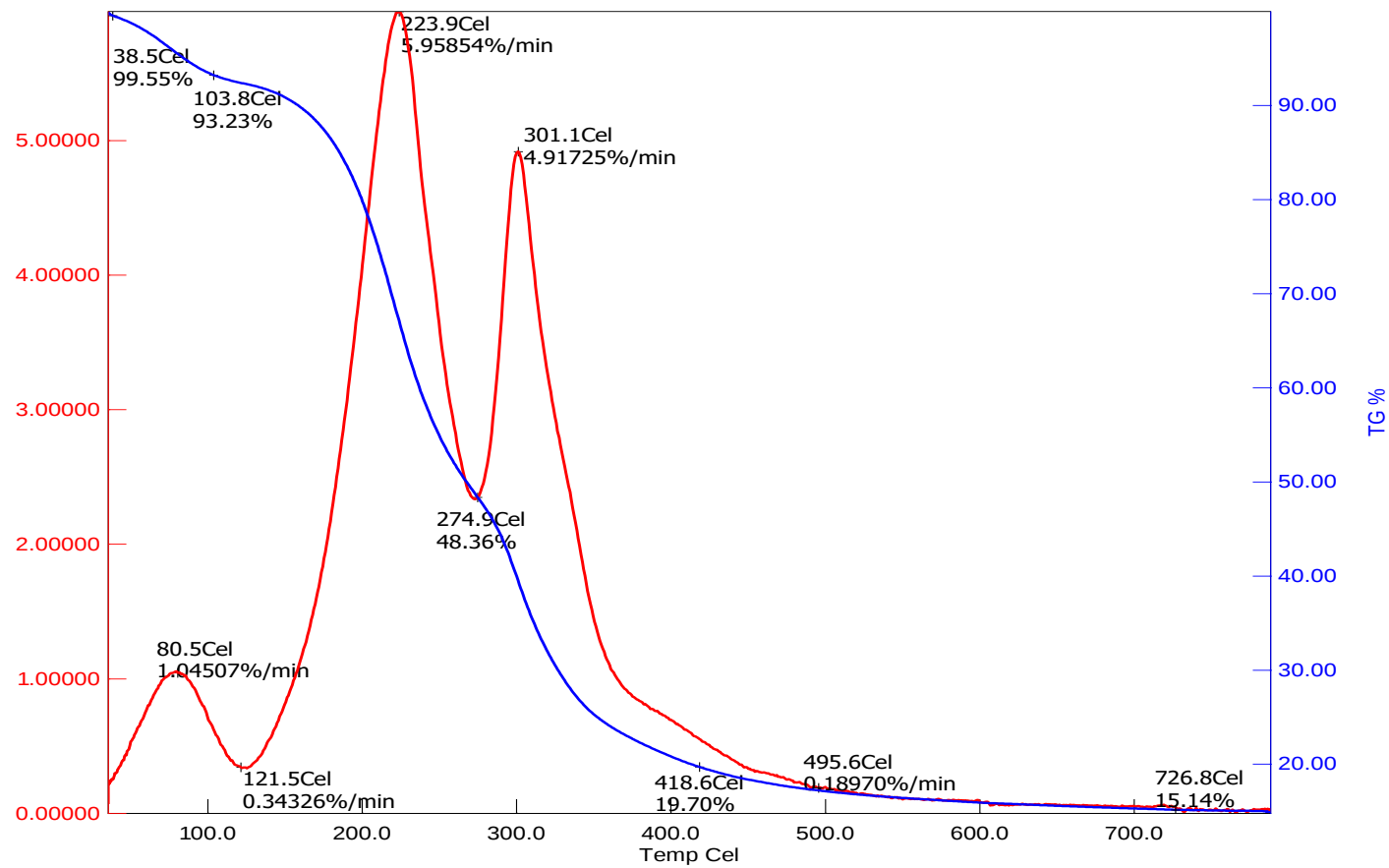
PK-%1JNL



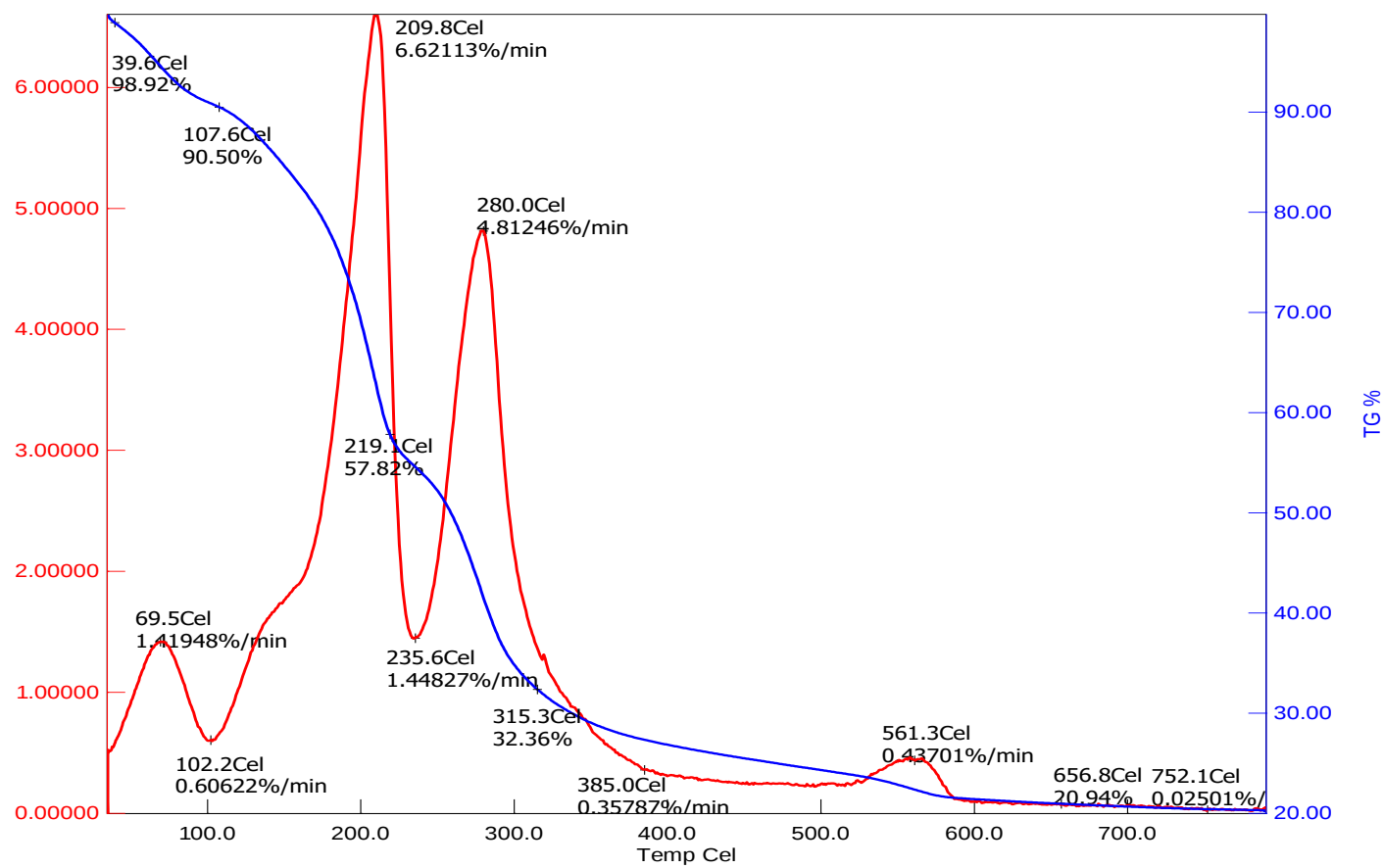
PK-%2JNL



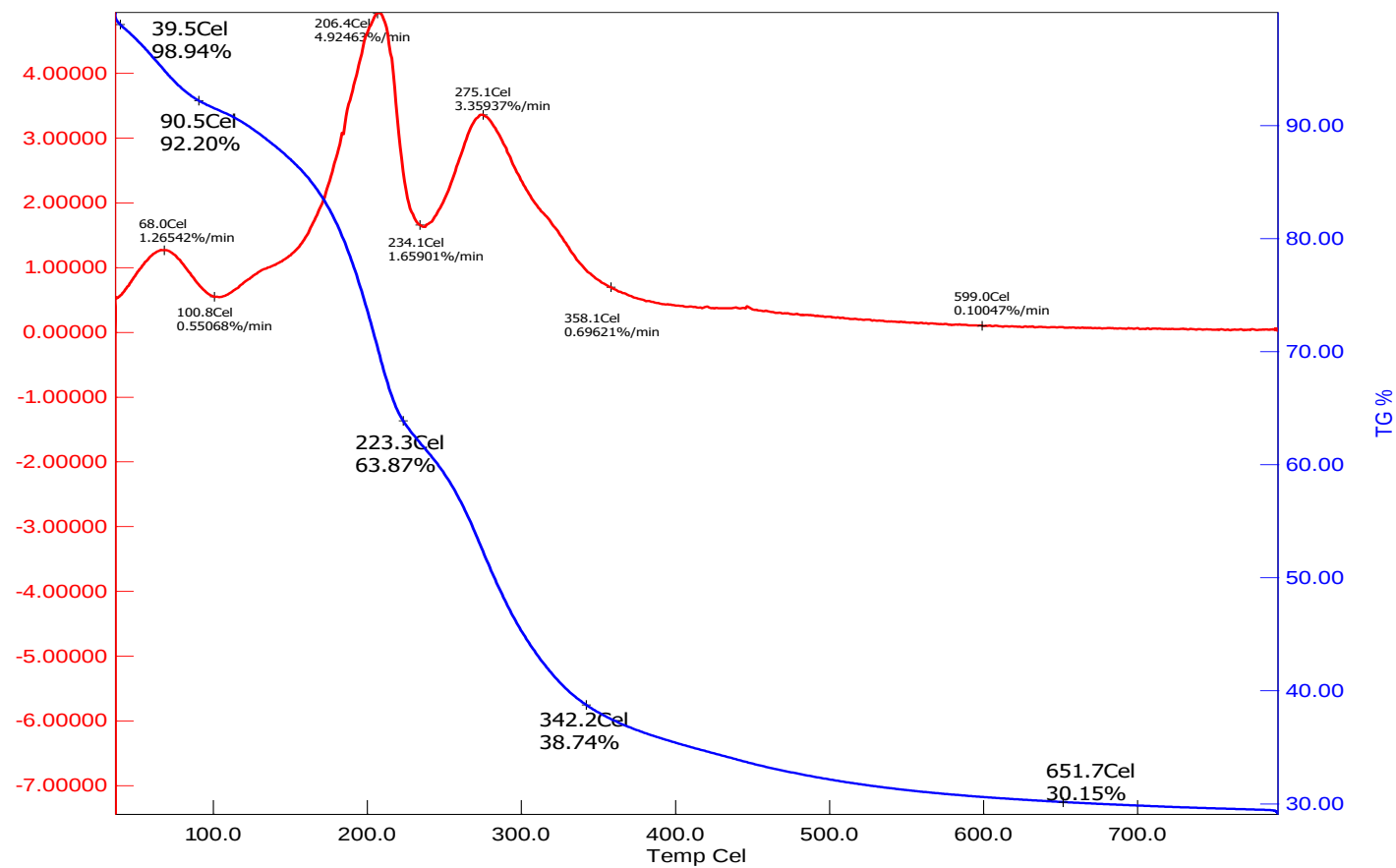
PK-%3JNL



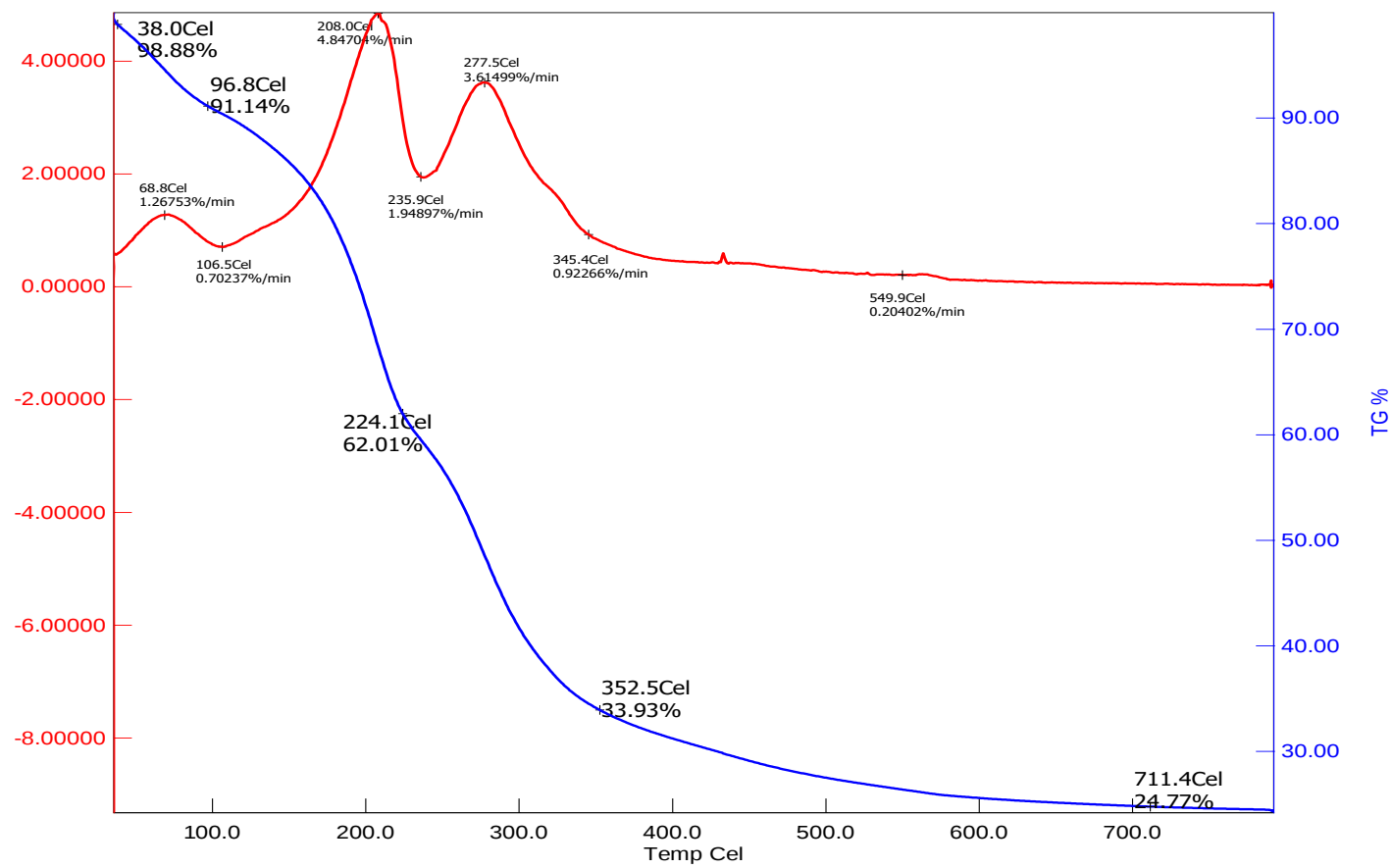
KK



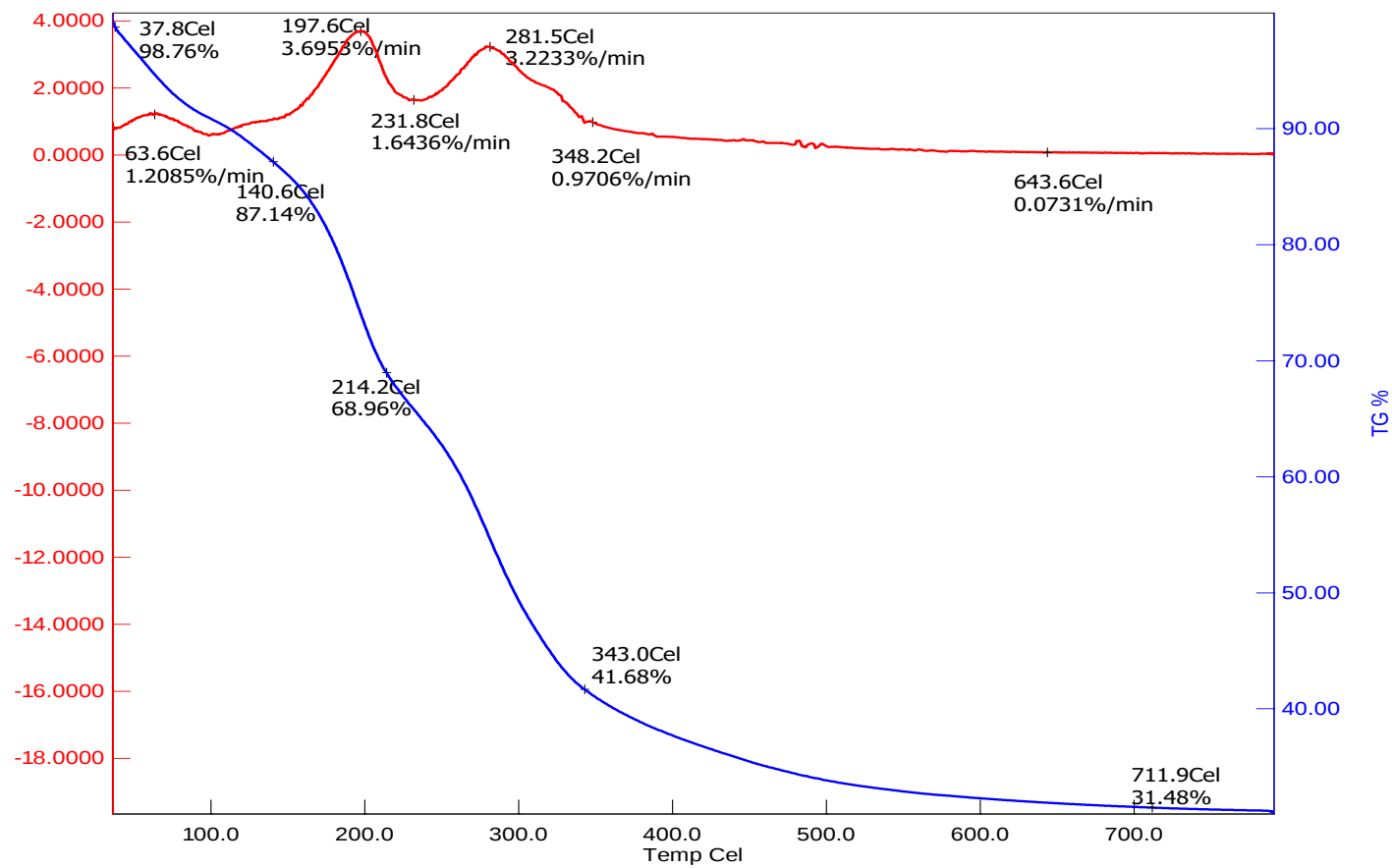
KK-%0,5I



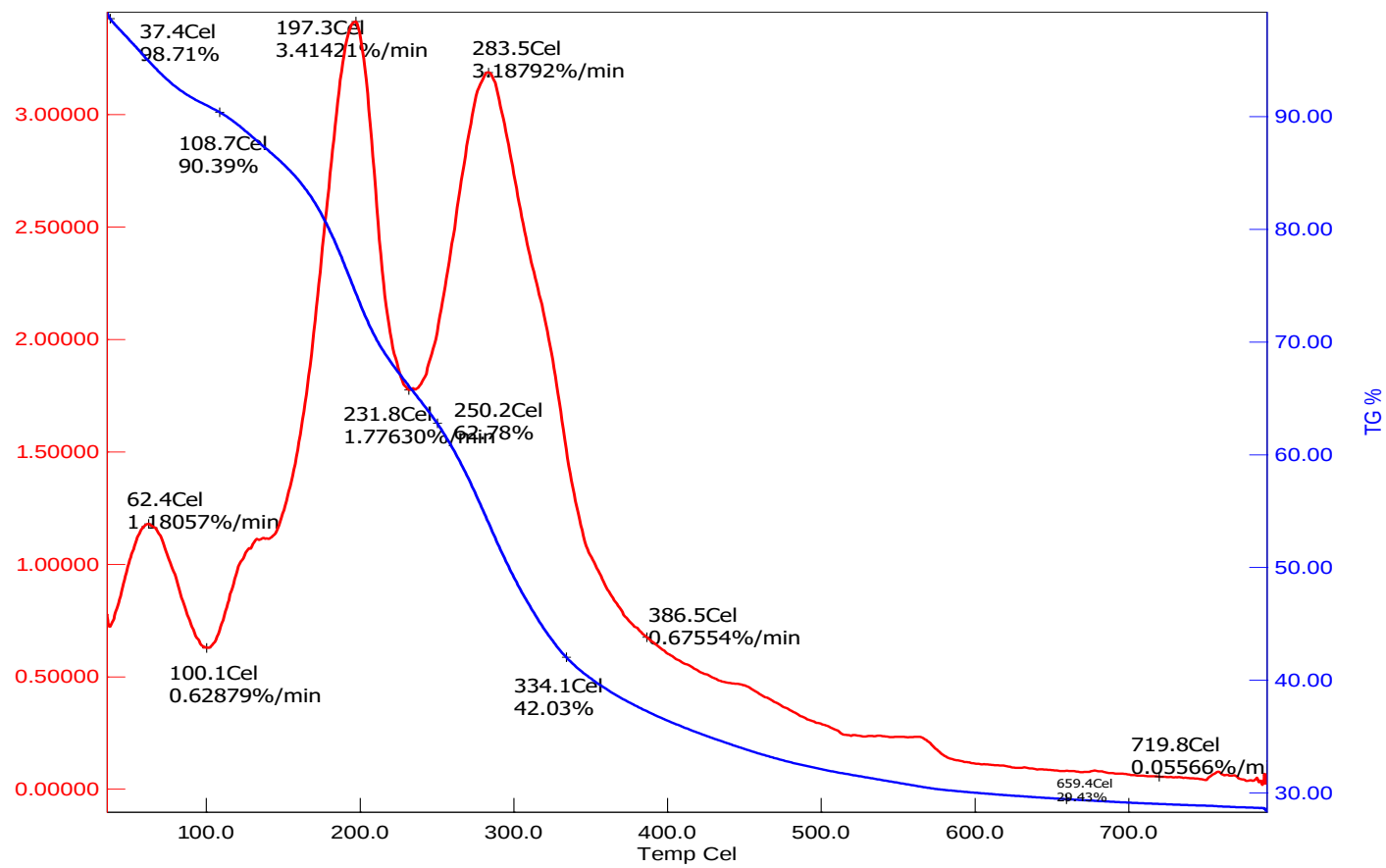
KK-%1I



KK-%1,5I



KK-%2I



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Esra PEKDOĞAN

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: T.C. 14 Eylül Anadolu Lisesi, Merkez	2017
Üniversite	: T.C. Bursa Uludağ Üniversitesi, Nilüfer	2018
Yüksek Lisans	: T.C. Siirt Üniversitesi, Merkez, Siirt	2021
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
-----	-------	--------

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

- İngilizce (B1)
- Arapça (A1)

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

Proje

PEKDOĞAN E., (Araştırmacı) HALLAÇ B., (Araştırmacı), AKKEMİK E., (Yürütücü)
2019-SİÜFEB-026 Işkın (Yabani Ravent; Rheum ribes L.) İlaveli Yenilebilir
Film ve Kaplama Üretimi ve Gıda Endüstrisinde Kullanım Potansiyelinin
Araştırılması, 2021.