



ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ÇAVDAR UNU ESASLI DOĞAL ANTİOKSİDAN KATKILI BİYOFİLM
ÜRETİM VE KARAKTERİZASYONU**

Nurcennet ERTÜRK

Yüksek Lisans Tezi

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Proses ve Reaktör Tasarımı Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Suzan BİRAN AY

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ocak 2022

20/01/2022

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ğrencisi Nuncennet ERTÜRK, ÇAVDAR UNU ESASLI DOğAL ANTİOKSİDAN KATKILI BİYOFİLM ÜRETİM VE KARAKTERİZASYONU başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımca incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Danişmanı

Dr. Öğr. Üyesi Suzan BİRAN AY

ÖZET

ÇAVDAR UNU ESASLI DOĞAL ANTİOKSİDAN KATKILI BİYOFİLM ÜRETİM VE KARAKTERİZASYONU

Nurcennet ERTÜRK

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Proses ve Reaktör Tasarımı Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ocak 2022

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Suzan BİRAN AY

Bu çalışmada; çavdar ununun, bazı organik asitlerle (tannik, tartarik, süksinik, gallik asit) ve kudret narı (*Momordica charantia*) kabuğu tozu ile farklı plastikleştiriciler ile (sorbitol, gliserol, sitrik asit, etilen glikol) ve iki plastikleştiricinin (sorbitol ve sitrik asit) karışımı ile yenilebilir film elde edilmiştir. Çalışmanın devamında hazırlanan yenilebilir filmlerin yüzey (SEM), yapısal (TGA, FTIR), mekanik (kalınlık, yüzde uzama ve çekme mukavemeti), su buhar geçirgenliği, suda çözünürlük, antimikrobiyal ve antioksidan aktivite gibi özellikleri incelenmiştir.

İncelenen yenilebilir filmlerde, artan plastikleştiricinin miktarı ve eklenen kudret narı (*Momordica charantia*) kabuğu tozunun film kalınlığı, su buhar geçirgenliği, suda çözünürlüğü üzerinde artırıcı etkisi olmuştur. Sitrik asitli filmlerin antimikrobiyal etkisi diğer plastikleştiricileri içeren filmlere göre fazla çıkmıştır. Ayrıca eklenen kudret narı kabuğu tozu antimikrobiyal etkiyi arttırmıştır.

Çalışmanın son kısmında, oluşturulan formülasyonlar düğme mantar muhafazası üzerine etkisini belirlemek için iki farklı metot ile (paketlenme malzemesi olarak ve kaplama olarak) uygulama gerçekleştirilmiştir. Kaplanan ve film ile ambajlanan mantarlar %50 bağıl nem ortamında oda sıcaklığı ve buz dolabında depolanmıştır. Depolanan mantarlar fiziksel ve kimyasal analizlere tabii tutulmuştur: ağırlık kaybı, sertlik, toplam katı madde, indirgen şeker, protein, toplam fenolik içerik vb. durumları incelenmiştir. 21 gün boyunca buzdolabı koşullarında depolanan, yenilebilir film ile kaplanan mantar ve kontrol örneklerinde gözlenen değişimlere göre, kaplamanın koruyucu ve muhafaza edici özellikleri olduğu tespit edilmiştir. Sorbitol içeren kaplamanın, sitrik asit içeren karışıma göre daha etkili olduğu, görsel ve yapısal olarak mantar özelliklerinin korunduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Yenilebilir film, Çavdar unu, Mantar, Kudret narı.



ABSTRACT

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF RYE FLOUR BASED, NATURAL ANTIOXIDANT ADDED BIOFILMS

Nurcennet ERTÜRK

Department of Chemical Engineering

Programme in Process and Reactor

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, January 2022

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Suzan BİRAN AY

In this study; edible films were produced by mixing rye flour with some organic acids (tannic, tartaric, succinic, gallic acid), bitter melon (*Momordica charantia*) peel powder, different plasticizers (sorbitol, glycerol, citric acid, ethylene glycol) and combinations of two plasticizers (sorbitol and citric acid). In the continuation of the study, the properties of the prepared edible films such as surface (SEM), structural (TGA, FTIR), mechanical (thickness, percent elongation and tensile strength), water vapor permeability, solubility in water, antimicrobial and antioxidant activity were investigated.

In the examined edible films, the increased amount of plasticizer and added bitter melon (*Momordica charantia*) peel powder had an increasing effect on the films' thickness, water vapor permeability, and water solubility. The antimicrobial effect of films with citric acid was higher than films containing other plasticizers. Moreover, the addition of bitter melon peel powder enhanced the films' antimicrobial property.

In the last part of the study, two different methods (as packaging material and as coating) were applied to determine the effect of the formed formulations on the button mushrooms' storage stability. Coated and film-packed mushrooms were stored at 50% relative humidity at room temperature and in a refrigerator. Stored mushrooms were subjected to physical and chemical analyses, where properties such as weight loss, hardness, total solids, reducing sugar, protein, total phenolic content, etc. were examined. The changes observed in mushroom and control samples stored at refrigeration conditions for 21 days, indicated that edible coatings had protective and conserving effect on mushrooms. It was seen that the coating containing sorbitol was more effective than the

formulation containing citric acid, and the mushrooms' visual and structural properties were significantly preserved.

Keywords: Edible film, Rye flour, Mushroom, Bitter melon.



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarım süresince rehberliği, ilgisi ve anlayışı ile her zaman yanımda olan, motivasyonu ile destek olan ve elinden gelen tüm imkanları sağlayan çok değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Suzan BİRAN AY'a sonsuz teşekkür ederim.

Deneysel süreçlerde laboratuvarın her imkanından faydalanmamı sağlayan Doç. Dr. Tuğrul SEYHAN'a teşekkür ederim.

Nurcennet ERTÜRK



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Nurcennet ERTÜRK

İÇİNDEKİLER

SAYFA

BAŞLIK SAYFASI.....	ii
DANIŞMAN ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar DİZİNİ.....	xv
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxiv
1. GİRİŞ.....	26
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	28
2.1. Yenilebilir Film ve Kaplamalar	28
2.2. Yenilebilir Film ve Kaplamaların Üretiminde Kullanılan Materyaller.....	29
2.2.1. Polisakkarit bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	30
2.2.2. Protein bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	31
2.2.3. Lipit bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	32
2.2.4. Kompozit (Karma) bazlı yenilebilir film ve kaplamalar	32
2.2.5. Çözücüler	33
2.2.6. Plastikleştiriciler	33
2.2.7. Diğer Katkı Maddeleri	35
2.3. Yenilebilir Film ve Kaplamaların Uygulama Yöntemleri	36
2.4. Yenilebilir Filmlerin Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri	39
2.4.1. Su Buhar geçirgenliği	40
2.4.2 Çözünürlük	41
2.4.3 Mekanik Özellikler	41

2.5. Antimikrobiyal Madde İçeren Yenilebilir Film ve Kaplamaların Özellikleri.....	42
2.6. Çavdar Ununun Özellikleri	43
2.7. Kudret Narı (<i>Momordica charantia</i>) Özellikleri.....	43
3. DENEYSEL YÖNTEMLER.....	45
3.1. Materyal	45
3.2. Çavdar Unundan Yenilebilir Filmin Hazırlanması	47
3.3. Çavdar Ununa Organik Asitlerin İlavesiyle Yenilebilir Filmin Hazırlanması.....	47
3.4. Çavdar Ununa Kudret Narı Kabuğu Tozu İlavesiyle Yenilebilir Filmin Hazırlanması.....	48
3.5. Hazırlanan Yenilebilir Filmlerin Karakterizasyonu	49
3.5.1. Kalınlık.....	50
3.5.2. Opaklık.....	50
3.5.3. Su buhar geçirgenliği.....	50
3.5.4. Çözünürlük	51
3.5.5. Yenilebilir filmlerin mekanik özellikleri.....	52
3.5.6. Yenilebilir filmlerin termogravimetrik analizi (TGA)	52
3.5.7. Yenilebilir filmlerin fourier transform infrared spektroskopisi (FT-IR) analizi.....	52
3.5.8. Yenilebilir filmlerin antioksidan analizi	53
3.5.9. Toplam fenolik madde analizi	53
3.5.10. Taramalı elektron mikroskop (SEM).....	53
3.5.11. Yenilebilir filmlerin antimikrobiyal aktivitesinin belirlenmesi	53
3.6 Mantarların Yenilebilir Film ile Kaplanması	54
3.6.1. Daldırma yöntemi ile mantarların kaplanması	54
3.6.2. Üretilen Filmlerin Paketleme Malzemesi Olarak Uygulanması	54
3.7 Mantarlara Uygulanan Analizler	55
3.7.1. Ağırlık kaybı	55
3.7.2. pH, Suda Çözünür Kuru Madde, İndirgeyici Şeker ve Protein İçeriği Analizi	55
3.7.4. Kahverengileşme (Esmerleşme Oranı) Analizi.....	57

3.7.5. Toplam Fenolik Madde Analizi.....	57
3.7.6. Sertlik Ölçümü.....	57
3.7.7 İstatiksel değerlendirme	58
4. DENEYSEL ÇALIŞMALARDAN ELDE EDİLEN SONUÇLAR VE TARTIŞMA	58
4.1. Yenilebilir Filmlerin Görsel Özellikleri	58
4.2.Farklı Plastikleştiriciler ile Hazırlanan Filmlerin Karakterizasyonu	59
4.2.1. Filmlerin Kalınlık, Opaklık, Su buhar Geçirgenliği, Çözünürlükleri ve SEM	59
4.2.1.a. Kalınlık.....	59
4.2.1.b. Opaklık.....	62
4.2.1.c. Su buhar geçirgenliği (SBG)	64
4.2.1.d. Çözünürlük.....	67
4.2.1.e. SEM.....	68
4.2.2. Filmlerin Mekanik Özellikleri.....	70
4.2.3. TGA Termogramlarının Yorumlanması	73
4.2.4. FT-IR Spektrumlarının Yorumlanması	77
4.2.5. Antioksidan ve Toplam Fenolik Madde Analiz Sonuçları	82
4.2.5.a. DPPH.....	82
4.2.5.b. Toplam fenolik madde miktarı	83
4.2.6. Filmlerin Antimikrobiyal Duyarlılık Test Sonuçları.....	84
4.3.İki Plastikleştiricinin Birleşimi ile Hazırlanan Filmlerin Karakterizasyonu	85
4.3.1. Filmlerin Kalınlık, Opaklık, Su buhar Geçirgenliği ve Çözünürlükleri	85
4.3.1.a. Kalınlık.....	85
4.3.1.b. Opaklık.....	88
4.3.1.c. Su buhar geçirgenliği (SBG)	89
4.3.1.d. Çözünürlük.....	91
4.3.1.e. SEM.....	94
4.3.2. Filmlerin Mekanik Özellikleri.....	94
4.3.3. TGA Termogramlarının Yorumlanması	98

4.3.4. FT-IR Spektrumlarının Yorumlanması	100
4.3.5. Antioksidan ve Toplam Fenolik Madde Analiz Sonuçları	106
4.3.6. Filmlerin Antimikrobiyal Duyarlılık Test Sonuçları.....	106
4.4.Organik Asitleri ile Hazırlanan Filmlerin Karakterizasyonu	108
4.4.1. Filmlerin Kalınlık, Opaklık, Su buhar Geçirgenliği ve Çözünürlükleri	108
4.4.1.a. Kalınlık.....	108
4.4.1.b. Opaklık.....	109
4.4.1.c. Su buhar geçirgenliği (SBG)	111
4.4.1.d. Çözünürlük.....	112
4.4.2. Filmlerin Mekanik Özellikleri.....	113
4.4.3. TGA Termogramlarının Yorumlanması	115
4.4.4. FT-IR Spektrumlarının Yorumlanması	117
4.4.5. Antioksidan ve Toplam Fenolik Madde Analiz Sonuçları	119
4.4.6. Filmlerin Antimikrobiyal Duyarlılık Test Sonuçları.....	120
4.5.Kudret narı kabuğu tozu ile Hazırlanan Filmlerin Karakterizasyonu	122
4.5.1. Filmlerin Kalınlık, Opaklık, Su buhar Geçirgenliği, Çözünürlükleri ve SEM	122
4.5.1.a. Kalınlık.....	122
4.5.1.b. Opaklık.....	124
4.5.1.c. Su buhar geçirgenliği (SBG)	126
4.5.1.d. Çözünürlük.....	128
4.5.1.e. SEM.....	130
4.5.2. Filmlerin Mekanik Özellikleri.....	132
4.5.3. TGA Termogramlarının Yorumlanması	136
4.5.4. FT-IR Spektrumlarının Yorumlanması	138
4.5.5. Antioksidan ve Toplam Fenolik Madde Analiz Sonuçları	142
4.5.5.a. DPPH.....	142
4.5.5.b. Toplam Fenol.....	144
4.5.6. Filmlerin Antimikrobiyal Duyarlılık Test Sonuçları.....	146
4.6. Daldırma Yöntemi ile Kaplanan Mantarların Analiz Sonuçları.....	148
4.6.1. Daldırma Yöntemi ile Kaplanan Mantarların Görsel Özellikleri.....	148
4.6.2. Ağırlık Kaybı	150

4.6.3. pH, Suda Çözünürlük Kuru Madde, İndirgen Şeker ve Protein İçeriği	151
4.6.5. Kahverengileşme (Esmerleşme Oranı)	154
4.6.6. Toplam Fenolik Madde Miktarı.....	155
4.6.7. Sertlik Ölçümü.....	156
4.7. Üretilen Filmlerin Paketleme Malzemesi Olarak Kaplanan Mantarların Analiz Sonuçları	157
4.7.1 Üretilen Filmlerin Paketleme Malzemesi Olarak Kaplanan mantarların Görsel Özellikleri	158
4.7.2. Ağırlık Kaybı	162
4.7.3. pH, Suda Çözünürlük Kuru Madde, İndirgen Şeker ve Protein İçeriği	162
4.7.5. Kahverengileşme (Esmerleşme Oranı)	165
4.7.6. Toplam Fenolik Madde Miktarı.....	166
4.7.7. Sertlik Ölçümü.....	167
KAYNAKÇA.....	169
EKLER	180
Ek 1 Toplam Fenolik Analizi.....	181
Ek 1.1. Toplam fenolik prosedürü	181
Ek 1.2. Gallik asit standardının hazırlanması.....	181
Ek 1.3. Toplam Fenolik Yöntemi İçin Gallik Asit Standart Eğrisi.....	182
Ek 2 Sıvı Besiyer Hazırlanması	183
Ek 3 DNSA Yöntemi	184
Ek 3.1. DNSA reaktifinin bileşimi	184
Ek 3.2. DNSA prosedürü.....	185
Ek 3.3 Glukoz standardının hazırlanması.....	185
Ek 3.4. DNSA yöntemi için glukoz standart eğrisi	186
Ek 4 Protein Analizi.....	187
Ek 4.1. Bradford reaktifinin bileşimi.....	187
Ek 4.2. Bradford yönteminin prosedürü	188
Ek 4.3. Bradford standardının hazırlanması	188
Ek 4.4. Bradford yöntemi için sığır serum albümin standart eğrisi.....	189

Ek 5 Mantarın Toplam Fenolik Analizi	191
Ek 5.1. Toplam fenolik prosedürü	191
Ek 5.2. Gallik asit standardının hazırlanması.....	192
Ek 5.3. Toplam Fenolik Yöntemi İçin Gallik Asit Standart Eğrisi.....	193
Ek 6 FTIR Karakteristik Özellik Tabloları	194
Ek 7 Farklı Plastikleştiriciler ile Hazırlanan Filmlerin Karakterizasyon Tabloları.....	196
Ek 8 İki Plastikleştiriciler ile Hazırlanan Filmlerin Karakterizasyon Tabloları.....	199
Ek 9 Organik Asit İlave Edilerek Hazırlanan Filmlerin Karakterizasyon Tabloları.....	201
Ek 10 Kudret Nar Kabuğu Tozu İlave Edilerek Hazırlanan Filmlerin Karakterizasyon Tabloları	202
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLER DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. Yenilebilir film ve kaplamalarda bileşiminde ki biyolojik kaynaklı polimerler.....	29
Tablo 2.2. Yenilebilir film ve kaplamaların hazırlanmasında kullanılan materyaller	30
Tablo 2.3. Sorbitolun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	33
Tablo 2.4. Gliserolun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	34
Tablo 2.5. Sitrik asitin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	34
Tablo 2.6. Etilen glikolun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	35
Tablo 3.1. 100 g porsiyon miktarı için çavdar ununda bulunan besin öğeleri	45
Tablo 3.2. Kullanılan kimyasallar	46
Tablo 3.3. Kudret narı kabuğu tozu ile yapılan filmlerin formülasyonu	49
Tablo 4.1. Literatürde yapılan çalışmaların kalınlık değerleri	61
Tablo 4.2. Literatürde yapılan çalışmaların opaklık değerleri	64
Tablo 4.3. Literatürde yapılan çalışmaların su buhar geçirgenliği ($\text{ng m}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$).....	66
Tablo 4.4. Farklı plastikleştiricilerin SEM görüntüleri	69
Tablo 4.5. FTIR absorbans sayıları ve fonksiyonel grupları.....	81
Tablo 4.6. Literatürde yapılan çalışmaların kalınlık değerleri	87
Tablo 4.7. Literatürde yapılan çalışmaların su buhar geçirgenliği ($\text{ngm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$).....	90
Tablo 4.8. Literatürde yapılan çalışmaların çözünürlük değerleri	93
Tablo 4.9. İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin SEM görüntüleri	94
Tablo 4.10. Literatürde yapılan çalışmaların çekme dayanımı (MPa)	96
Tablo 4.11. Literatürde yapılan çalışmaların uzama (%) değeri	97
Tablo 4.12. Sitrik asit (%40 (a/a un)) ve farklı miktarlarda sorbitol eklenen filmlerin FTIR absorbans sayıları ve fonksiyonel grupları	102
Tablo 4.13. Sorbitol(%40 (a/a un)) ve farklı miktarlarda sitrik asit eklenen filmlerin FTIR absorbans sayıları ve fonksiyonel grupları	104
Tablo 4.14. Literatürde yapılan çalışmaların FTIR değeri	105
Tablo 4.15. İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin antioksidan aktivite değerleri ve toplam fenolik madde içeriği.....	106
Tablo 4.16. Organik asit ilaveli filmlerin literatürde yapılan çalışmaların opaklık değerleri.....	110

Tablo 4.17. Organik asitli ilave filmlerin literatürde yapılan çalışmaların su buhar geçirgenliği	111
Tablo 4.18. Organik asitli ilave filmlerin literatürde yapılan çalışmaların çekme dayanımı	114
Tablo 4.19. Organik asitli ilave filmlerin literatürde yapılan çalışmaların uzama değerleri.....	115
Tablo 4.20. Organik asit katkılı filmlerin antioksidan aktivite değerleri ve toplam fenolik madde içeriği.....	120
Tablo 4.21. Organik asitli filmlerin Bacillus subtilis ve Salmonella typhimurium karşı antimikrobiyal aktivitenin zon inhibisyonu (mm)	121
Tablo 4.22. Farklı konsantrasyonlu (%40-60 (a/a un) sitrik asitli ve kudret narı kabuğu tozu ilaveli filmlerin SEM görüntüleri.....	131
Tablo 4.23. Oda sıcaklığında daldırma yöntemi ile kaplanmamış/kaplanmış mantarlar	148
Tablo 4.24. 4°C’de bekletilmiş daldırma yöntemi ile kaplanmamış/kaplanmış mantarlar	149
Tablo 4.25. Depolama süresi boyunca daldırma yöntemi ile kaplanan mantarların suda çözünür kuru madde değerleri	152
Tablo 4.26. 4°C’de bekletilmiş paketlenme malzemesi ile kaplanmamış/kaplanmış mantarların filmleri	158
Tablo 4.27. 4 °C’de bekletilmiş paketlenme malzemesi ile kaplanmamış/kaplanmış mantarlar	160
Tablo 4.28. Depolama süresi boyunca paketlenme malzemesi ile kaplanan mantarların suda çözünür kuru madde değerleri.....	163

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Daldırma metodu ile domateslerin kaplanması (Yadav & Sucheta, 2019).....	37
Şekil 2.2. Püskürtme (sprey) metodu ile çileğin kaplanması (Sun & Wu, 2021).....	38
Şekil 2.3. Dökme metodu ile peynirin kaplanması (Jridi, 2020)	39
Şekil 2.4. Yenilebilir filmlerin gıda yüzeyinde kontrol ettikleri transferler (Özkılıç & Karaçam, 2012) (Debeaufort & Voilley, 2009)	40
Şekil 2.5. Kudret nar bitkisi (http-1, 2021)	44
Şekil 2.6. Kudret narının içeriğinde antioksidan ve antikarsinojen etkili fenolik maddeleri (Tokuşoğlu, 2016).....	45
Şekil 3.1. Çavdar unu ve plastikleştirici yenilebilir filmin üretim aşamaları	47
Şekil 3.2. Çavdar unu, plastikleştirici ve organik asidi ilaveyi yenilebilir film üretim aşamaları.....	48
Şekil 3.3. Yenilebilir filmin karakterizasyonu.....	50
Şekil 3.4. Su buhar geçirgenlik analizi için hazırlanan deney düzeneği	51
Şekil 3.5. (a) ISO 527-2-5a standardına uygun kesilen filmin çekme testi analiz görüntüsü (b) yenilebilir filmin kopma anındaki görüntüsü	52
Şekil 3.6. Mantarların daldırma yöntemi ile kaplanması	54
Şekil 3.7. Mantarların paketlenme yöntemi ile kaplanması	55
Şekil 3.8. Gy-3 meyve sertlik ölçer penetrometer	57
Şekil 4.1. Farklı konsantrasyonlu (a): %30 (a/a un) etilen glikol (EG), (b): %40 (a/a un) glikol (EG), (c): %50 (a/a un) etilen glikol (EG), (d): %60 (a/a un) etilen glikol (EG), (e): %70 (a/a un) etilen glikol (EG), (f): %80 (a/a un) etilen glikol (EG), (g): %90 (a/a un) etilen glikol (EG), (ğ): %100 (a/a un) etilen glikol (EG) yenilebilir filmlerin görüntüsü	59
Şekil 4.2. Farklı plastikleştiricilerin kalınlık değerleri (mm)	60
Şekil 4.3. Farklı plastikleştiricilerin opaklık değerleri.....	63
Şekil 4.4. Farklı plastikleştiricilerin su buhar geçirgenliği($\text{ngm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$)	65
Şekil 4.5. Farklı plastikleştiricilerin içeren çavdar unu bazlı filmlerin, saf suda ve oda sıcaklığında 24 saat sonra ölçülen % çözünürlük değerleri	68
Şekil 4.6. Farklı plastikleştiriciler içeren çavdar unu bazlı filmlerin çekme dayanımının artan plastikleştiriciyle değişimi (MPa)	71

Şekil 4.7. Farklı plastikleştiriciler içeren çavdar unu bazlı filmlerin kopma anındaki uzama (%) değerlerinin artan plastikleştirici miktarına bağlı değişimi	72
Şekil 4.8. Farklı konsantrasyonlarda sorbitol içeren filmlerin (%40-60-80-100 (a/a un)) termogravimetrik türev eğrileri	74
Şekil 4.9. %40 (a/a un) Sitrik asit içeren filmin Termogravimetrik analiz (TGA) ve birinci türev eğrileri	74
Şekil 4.10. Farklı konsantrasyonlarda sitrik asit (%40-60-80-100 (a/a un)) kütlenin türev eğrileri	75
Şekil 4.11. Farklı konsantrasyonlarda gliserol (%30-60-90 (a/a un)) kütlenin türev eğrileri	76
Şekil 4.12. Farklı plastikleştiriciler (etilen glikol, gliserol, sorbitol, sitrik asit) %60 (a/a un) kütlenin türev eğrileri	77
Şekil 4.13. Çavdar unu ve sorbitol filme ait FTIR diyagramı	78
Şekil 4.14. Çavdar unu ve sitrik asit filme ait FTIR diyagramı.....	79
Şekil 4.15. Çavdar unu ve gliserol filme ait FTIR diyagramı	79
Şekil 4.16. Çavdar unu ve etilen glikol filme ait FTIR diyagramı	80
Şekil 4.17. Çavdar unu ve farklı plastikleştiriciler (%60 (a/a un)) filme ait FTIR diyagramı.....	80
Şekil 4.18. Çavdar unu ve farklı plastikleştiriciler ile oluşturulan filmlerin antioksidan aktivite değerleri.....	82
Şekil 4.19. Çavdar unu ve farklı plastikleştiriciler ile oluşturulan filmlerin toplam fenolik madde içeriği.....	84
Şekil 4.20. Disk difüzyon metoduyla a) Bacillus subtilis b) Escherichia coli'a karşı antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi (A: Ç5Sit%100, B: Ç5EG%100, C: Ç5Sor%100, D: Ç5G%100)	84
Şekil 4.21. Bacillus subtilis ve Escherichia coli'ye karşı antimikrobiyal aktivitenin zon inhibisyonu (mm)	85
Şekil 4.22. (a): Sor (%40 a/a un) + Sit (%0,5,10...), (b) Sit (%40 a/a un) + Sor (%0,5,10...) İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin kalınlık (mm) değerleri.....	86

Şekil 4.23. (a): Sor (%40 a/a un) + Sit (%0,5,10...), (b) Sit (%40 a/a un) + Sor (%0,5,10...) İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin opaklık değerleri.....	88
Şekil 4.24. (a): Sor (%40 a/a un) + Sit (%0,5,10...), (b) Sit (%40 a/a un) + Sor (%0,5,10...) İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin su buhar geçirgenliği ($\text{ngm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$)	90
Şekil 4.25. (a): Sor (%40 a/a un) + Sit (%0,5,10...), (b) Sit (%40 a/a un) + Sor (%0,5,10...) İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin (%) çözünürlük değerleri.....	92
Şekil 4.26. (a): Sor (%40 a/a un) + Sit (%0,5,10...), (b) Sit (%40 a/a un) + Sor (%0,5,10...) İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin çekme dayanımı (MPa)	95
Şekil 4.27. (a): Sor (%40 a/a un) + Sit (%0,5,10...), (b) Sit (%40 a/a un) + Sor (%0,5,10...) İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin uzama (%) değerleri.....	97
Şekil 4.28. (a): Sor (%40 a/a un) + Sit (%0,5,10...), (b) Sit (%40 a/a un) + Sor (%0,5,10...) İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin kütleinin türev eğrileri	99
Şekil 4.29. (a): Sor (%40 a/a un) + Sit (%0,5,10...), (b) Sit (%40 a/a un) + Sor (%0,5,10...) İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin FTIR diyagramı.....	101
Şekil 4.30. Disk difüzyon metoduyla a) Bacillus subtilis gram (+) b) Escherichia coli gram (-) karşı antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi (A: Ç5Sit%40Sor%10, B: Ç5Sit%40Sor%20, C: Ç5Sit%40Sor%30, D: Ç5Sit%40Sor%40, E: Ç5Sit%40Sor%0)	107
Şekil 4.31. Disk difüzyon metoduyla a) Bacillus subtilis gram (+) b) Escherichia coli gram (-) karşı antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi (A: Ç5Sor%40Sit%10, B: Ç5Sor%40Sit%20, C: Ç5Sor%40Sit%30, D: Ç5Sor%40Sit%40, E: Ç5Sor%40Sit%0)	107
Şekil 4.32. a) Bacillus subtilis b) Escherichia coli'a karşı antimikrobiyal aktivitenin zon inhibisyonu (mm)	108
Şekil 4.33. Organik asit katkılı filmlerin kalınlık (mm) değerleri	109
Şekil 4.34. Organik asit katkılı filmlerin opaklık değerleri.....	110

Şekil 4.35. Organik asit katkılı filmlerin su buhar geçirgenliği ($\text{ngm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$)	111
Şekil 4.36. Organik asit katkılı filmlerin (%) çözünürlük değerleri	112
Şekil 4.37. Organik asit katkılı filmlerin çekme dayanımı (MPa).....	113
Şekil 4.38. Organik asit katkılı filmlerin uzama (%) değerleri	115
Şekil 4.39. Aynı miktarlar ile ilave edilen organik asitli filmlerin kütleinin türev eğrileri	116
Şekil 4.40. Farklı miktarlar ile ilave edilen tartarik ve süksinik asitli filmlerin kütleinin türev eğrileri	117
Şekil 4.41. Aynı miktarlar ile ilave edilen organik asitli filmlere ait FTIR diyagramı	118
Şekil 4.42. Farklı miktarlar ile ilave edilen tartarik ve süksinik asitli filmlere ait FTIR diyagramı.....	119
Şekil 4.43. Disk difüzyon metoduyla A) Bacillus Subtilis B)Salmonella typhimurium'a karşı antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi (A: Gallik asit %5, B: Tannik asit %5, C: Tartarik Asit %5, D: Süksinik Asit %5, Orta: Kontrol-asit içermeyen film)	121
Şekil 4.44. Disk difüzyon metoduyla Bacillus sp.karşı (B): Disk difüzyon metoduyla Salmonella typhimurium'a karşı antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi (A: Tartarik asit %5, B: Tartarik Asit %10, C: Süksinik Asit %5, D: Süksinik Asit %10, Orta: Kontrol (asit içermeyen film))	121
Şekil 4.45. Sorbitol ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin kalınlık (mm) değerleri.....	123
Şekil 4.46. Sitrik asit ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin kalınlık (mm) değerleri.....	123
Şekil 4.47. Etilen glikol ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin kalınlık (mm) değerleri.....	124
Şekil 4.48. Sorbitol ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin opaklık değerleri	125
Şekil 4.49. Sitrik asit ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin opaklık değerleri...	125
Şekil 4.50. Etilen glikol ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin opaklık değerleri.....	126
Şekil 4.51. Sorbitol ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin su buhar geçirgenliği ($\text{ngm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$)	127

Şekil 4.52. Sitrik asit ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin su buhar geçirgenliği ($\text{ngm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$)	128
Şekil 4.53. Etilen glikol ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin su buhar geçirgenliği ($\text{ngm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$)	128
Şekil 4.54. Sorbitol ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin (%) çözünürlük değerleri.....	129
Şekil 4.55. Sitrik asit ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin (%) çözünürlük değerleri.....	129
Şekil 4.56. Etilen glikol ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin (%) çözünürlük değerleri.....	130
Şekil 4.57. Sorbitol ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin çekme dayanımı (MPa).....	132
Şekil 4.58. Sitrik asit ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin çekme dayanımı (MPa).....	133
Şekil 4.59. Etilen glikol ve kudret narı kabuğu tozu filmlerin çekme dayanımı (MPa).....	133
Şekil 4.60. Sorbitol ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin uzama (%) değerleri.....	134
Şekil 4.61. Sitrik asit ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin uzama (%) değerleri.....	135
Şekil 4.62. Etilen glikol ve kudret narı kabuğu tozu filmlerin uzama (%) değerleri	135
Şekil 4.63. Sorbitol ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin kütlenin türev eğrileri	136
Şekil 4.64. Sitrik asit ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin kütlenin türev eğrileri	137
Şekil 4.65. a) Sorbitol (%40-60 (a/a un)) b) Sorbitol (%80-100 (a/a un)) ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlere ait FTIR diyagramı	139
Şekil 4.66. a) Sitrik asit (%40-60 (a/a un)) b) Sitrik asit (%80-100 (a/a un)) ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlere ait FTIR diyagramı	140
Şekil 4.67. a) Etilen glikol (%40-60 (a/a un)) b) Etilen glikol (%80-100 (a/a un)) ve kudret narı kabuğu tozu filmlere ait FTIR diyagramı.....	142
Şekil 4.68. Farklı konsantrasyonlu (%40-100 (a/a un)) sorbitol ve kudret narı kabuğu tozlu filmlerin DPPH Serbest Radikal Temizleme Aktivitesi	143

Şekil 4.69. Farklı konsantrasyonlu (%40-100 (a/a un) sitrik asit ve kudret narı kabuğu tozlu filmlerin DPPH Serbest Radikal Temizleme Aktivitesi	143
Şekil 4.70. Farklı konsantrasyonlu (%40-100 (a/a un) etilen glikolve kudret narı kabuğu tozlu filmlerin DPPH Serbest Radikal Temizleme Aktivitesi	144
Şekil 4.71. Farklı konsantrasyonlu (%40-100 (a/a un) sorbitol ve kudret narı kabuğu tozlu filmlerin toplam fenolik madde içeriği.....	145
Şekil 4.72. Farklı konsantrasyonlu (%40-100 (a/a un) sitrik asitli film ve kudret narı kabuğu tozlu filmlerin toplam fenolik madde içeriği.....	145
Şekil 4.73. Farklı konsantrasyonlu (%40-100 (a/a un) etilen glikol ve kudret narı kabuğu tozlu filmlerin toplam fenolik madde içeriği.....	146
Şekil 4.74. Disk difüzyon metoduyla (a): Bacillus subtilis gram (+) (b): Escherichia coli'a karşı antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi (A: Ç5Sitrik%40KN.1,25, B: Ç5Sitrik%40, C: Ç5Sitrik%40KN.2,5, D: Ç5Sitrik%60KN. 1,25, E: Ç5Sitrik%60, F: Ç5Sitrik%60KN. 2,5)	147
Şekil 4.75. Disk difüzyon metoduyla (a): Bacillus subtilis gram (+) (b): Escherichia coli'a karşı antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi (A: Ç5Sitrik%80KN. 1,25, B: Ç5Sitrik%80, C: Ç5Sitrik%80KN. 2,5, D: Ç5Sitrik%100KN. 2,5, E: Ç5Sitrik%100, F: Ç5Sitrik%100KN. 1,25)	147
Şekil 4.76. Farklı konsantrasyonlu (%40-100 (a/a un) sitrik asitli ve kudret narı kabuğu tozu ilaveli filmlerin disk difüzyon metoduyla Escherichia coli'a karşı antimikrobiyal aktivitesi.....	147
Şekil 4.77. Depolama süresi boyunca daldırma yöntemi ile kaplanan mantarların ağırlık kaybı (%)	151
Şekil 4.78. Depolama süresi boyunca daldırma yöntemi ile kaplanan mantarların pH değerleri	152
Şekil 4.79. Depolama süresi boyunca daldırma yöntemi ile kaplanan mantarların indirgen şeker.....	153
Şekil 4.80. Depolama süresi boyunca daldırma yöntemi ile kaplanan mantarların protein içeriği.....	154
Şekil 4.81. Depolama süresi boyunca daldırma yöntemi ile kaplanan mantarların esmerleşme oranı.....	155
Şekil 4.82. Depolama süresi boyunca daldırma yöntemi ile kaplanan mantarların toplam fenolik madde içeriği	156

Şekil 4.83. Depolama süresi boyunca daldırma yöntemi ile kaplanan mantarların sertlik değerleri	157
Şekil 4.84. Oda sıcaklığı paketleme malzemesi ile kaplanmış mantarlar	158
Şekil 4.85. Depolama süresi boyunca paketleme malzemesi ile kaplanan mantarların ağırlık kaybı (%).....	162
Şekil 4.86. Depolama süresi boyunca paketleme malzemesi ile kaplanan mantarların pH değerleri.....	163
Şekil 4.87. Depolama süresi boyunca paketleme malzemesi ile kaplanan mantarların indirgen şeker	164
Şekil 4.88. Depolama süresi boyunca paketleme malzemesi ile kaplanan mantarların protein içeriği	165
Şekil 4.89. Depolama süresi boyunca paketleme malzemesi ile kaplanan mantarların esmerleşme oranı.....	166
Şekil 4.90. Depolama süresi boyunca paketleme malzemesi ile kaplanan mantarların toplam fenolik madde içeriği	167
Şekil 4.91. Depolama süresi boyunca paketleme malzemesi ile kaplanan mantarların sertlik değerleri.....	168

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Yüzey alanı
a/h	: Ağırlık/hacim
B	: Beta
°C	: derece Celsius
Ç	: Çavdar unu
dak	: Dakika
DNSA	: 3,5-dinitrosalicylic acid tozu
DPPH	: 1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl %97
E	: Elastik modülü (uzama katsayısı %)
EG	: Etilen glikol
<i>E.coli</i>	: <i>Escherichia coli</i>
FTIR	: Fourier transform infrared spektroskopisi
g	: Gram
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
gal	: Gallik asit
kg	: Kilogram
KN.	: Kudret nar kabuğu tozu
m	: Metre
MEA	: Mono etonal amin
mL	: Mililitre
mmol	: Milimol
µL	: Mikrolitre
µm	: Mikrometre
Na ₂ CO ₃	: Sodyum karbonat
ng	: Nanogram
ΔP	: Basınç farkı
s	: Saniye
sa	: Saat
SÇKM	: Suda çözünür kuru madde
SEM	: Taramalı elektron mikroskop
Sit	: Sitrik asit
Sor	: Sorbitol

Suc : Süksinik asit
Tan : Tannik asit
Tar : Tartarik asit



1. GİRİŞ

Gıdaların üretiminden tüketimine kadar geçen sürede gıdaların tazeliğini, kalitesine, dışarıdan gelebilecek fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkenlerden koruyan muhafaza işlemlerine ambalajlama denir (Bahtimur & Tanyolaç, 2018) (Candan & Bağdatlı, 2018). Ambalajlama materyalleri genel olarak cam, kâğıt, metal ve plastik gibi malzemelerden oluşmaktadır. Ancak bu malzemeler biyolojik olarak parçalanamadıklarından çevre kirliliklerini yol açmaktadır. Bu nedenlerden dolayı biyopolimerlerden üretilen yenilebilir film ve kaplamalar ortaya çıkmıştır (Kozlu & Elmacı, 2020).

Yenilebilir film ve kaplamalar; gıdaların kalitesini düzeltici potansiyele sahip olması, raf ömrünü uzatması ve çevreye zarar vermemesinden dolayı, gıdanın yüzeyinde oluşturulmuş ince tabakalı, gıdayla birlikte yenilebilen, bitkisel ve hayvansal kaynaklardan elde edilen maddelerdir (Yıldız & Yangılar, 2016).

Yenilebilir ambalajlar gıda ile birlikte tüketilebilir olması, yenilebilir maddelerden üretildikleri için doğada hızlı şekilde parçalanabilir olması ve raf ömrünü uzatması gibi yararları bulunmaktadır. Ancak petrol türevli materyallere göre daha az fiziksel ve kimyasal dirence sahip olması gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Yıldız & Yangılar, 2016) (Bahtimur & Tanyolaç, 2018).

Yenilebilir filmler; hidrokolloid (protein ve polisakkarit), lipitler ve kompozit (hidrokolloid + lipitler) olmak üzere üç temel maddelerden oluşmaktadır. Ayrıca yan materyaller olarak; çözücü, plastikleştirici ve diğer katkı madde ajanlarından yararlanılmaktadır. Film formülasyonu oluşturmak için uygun çözücüler (su, etanol veya organik çözücüler) kullanılmaktadır. Hidrojen bağlarıyla protein polimer zincirleri arasındaki mesafeyi arttırarak esneklik sağlaması amacıyla plastikleştiriciler ilave edilmektedir. Diğer katkı maddeler mikrobiyolojik bozulmaları geciktirmek ve raf ömrünü uzatmak için antimikrobialler, antioksidan, renk maddeleri, lezzet arttırıcı maddeler eklenmektedir (Kozlu & Elmacı, 2020).

Un ile hazırlanan yenilebilir filmler, kompozit filmler olarak kabul edilir (Kocakulak, Sumnu, & Sahin, 2019). Un esaslı filmlerin genel özelliği nişasta, protein, lipit ve lif bileşenlerin arasında gerçekleşen çeşitli doğal ve içsel molekül etkileşimlerinin bulunmasıdır. Ayrıca içeriğinde diyet lifleri, antioksidanlar ve vitaminler gibi biyoaktif bileşiklerden oluşmaktadır. Bu bileşiklerle üretilen yenilebilir filmlerin fonksiyonel ve besinsel özellikleri büyük önem taşımaktadır (Drakos, Pelava, & Evageliou, 2018).



2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Gıdaları korumak ve raf ömürlerini uzatmak amacıyla gıda maddelerinin ambalajlanmasında kullanılan, maliyeti ucuz ve gıda ile tüketilebilen maddelere yenilebilir ambalajlar denir (Kalkan & Erginkaya, 2014) (Eyiz & Türker, 2019). Yenilebilir ambalajların, gıda maddesinden ayrı şekilde üretildikten sonra gıda maddesi bileşenleri arasında yerleştirilen yenilebilir film veya gıda maddesinin yüzeyine direkt ince tabaka şeklinde kaplanması gibi yenilebilir kaplama çeşitleri bulunmaktadır. Yenilebilir film ve kaplamalar arasındaki fark, yenilebilir kaplamalarda gıdaya uygulanma şekilleri; daldırma veya püskürtme şeklindeyken yenilebilir filmlerde katı bir tabaka oluşturulduktan sonra bu film ile gıdanın sarılmasıdır (Tural & Sarıcaoğlu, 2017). Yenilebilir kaplamalara, domatesin raf ömrünü uzatmak ve kalitesini korumak amacıyla, pektin + mısır unu ve pektin + mısır unu + pancar tozu ile film solüsyonu hazırlanarak, daldırma metodu ile domatesin kaplanması örnek olarak verilebilir (Yadav & Sucheta, 2019).

Yenilebilir film ve kaplamaların tarihçesine bakıldığında eski dönemlere dayandığı gözükmemektedir. 12. yüzyılın başlarında Çin’de turunçgillere mumdan yapılan kaplamalar nem kaybını engellemek amacıyla kullanılmaya başlanmıştır (Kozlu & Elmacı, 2020). Bunun devamında Japonya’da 15. yüzyılda gıdaların kalitesinin korunmasında ve görünümünün iyileştirilmesi amacıyla kaynatılmış soya sütünden elde edilen Yuba adı verilen yenilebilir kaplamalar kullanılmıştır (Gennadios, 2002). Daha sonralarında çikolatası erimesini engellemek amacıyla, et karışımlarını ısıtma işlemlerine kadar formda tutmak gibi kaplama alternatifleri üretilmiştir (Bahtimur & Tanyolaç, 2018).

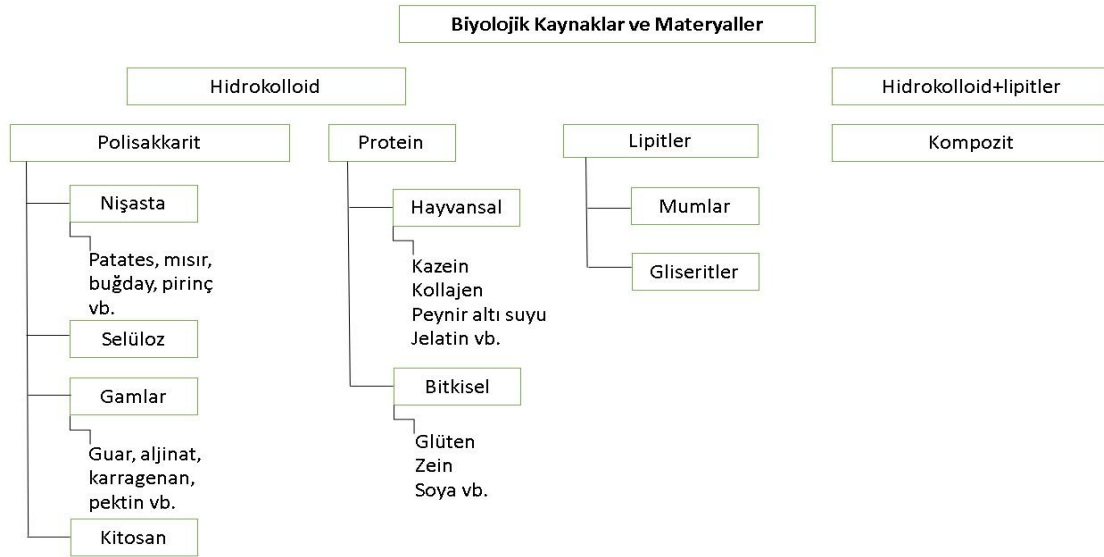
Yenilir film ve kaplamaların; taze ve dondurulmuş gıdalarda su kaybını azaltarak, nem bariyeri olarak kullanılması, gıdalardaki gaz transferini kontrol altına alarak oksidasyonu engellemesi ve çeşitli maddeler (antioksidan, antimikrobiyal vb.) için taşıyıcı olarak kullanılması gibi avantajları bulunmaktadır (Karagöz & Demirdöven, 2018). Ancak yeni bir uygulama olduğu için çoğu kişi tarafından bilinmiyor olması, gıda ile birlikte tüketilebilmelerinden dolayı gıdaların muhafazasında başka bir ambalaj materyaline gerek duyulması ve bu da fazladan maliyet gerektirmesi gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Bahtimur & Tanyolaç, 2018).

2.2. Yenilebilir Film ve Kaplamaların Üretiminde Kullanılan Materyaller

Biyopolimerler yenilebilir kaynaklardan elde edilme metotlarına göre üç kısımdan oluşur. Bunlar; biyolojik kaynaklardan elde edilenler (hidrokolloid ve lipid), biyolojik kaynaklı monomerlerden sentezlenenler (laktik asit) ve mikroorganizmalar tarafından üretilenlerdir (PHA, Pullulan vb.). Sentetik filmlere kıyasla biyopolimerlerden üretilen filmlerin maliyetleri yüksektir. Ayrıca sentetik polimerler biyopolimerlerle karıştırılarak kısmi biyobozunur hale getirilebilir (Torlak & Nizamlioğlu, 2009).

Doğrudan biyolojik (bitkisel ve hayvansal) kaynaklı olan filmlerin üretiminde; hidrokolloid (protein ve polisakkarit), lipidler ve kompozit (hidrokolloid + lipidler) olmak üzere materyallerden hazırlanmaktadır (Tablo 2.1). Bu materyallerin kimyasal yapıları farklılık gösterdiklerinden film üzerindeki etkileri de farklıdır. Genel olarak, polisakkaritler oksijen gibi gazların geçişini kontrol etmek de lipidler su transferini azaltmakta ve proteinler ise filmlere mekanik dayanıklılık kazandırmak amacıyla tercih edilmektedir (Tural & Sarıcaoğlu, 2017).

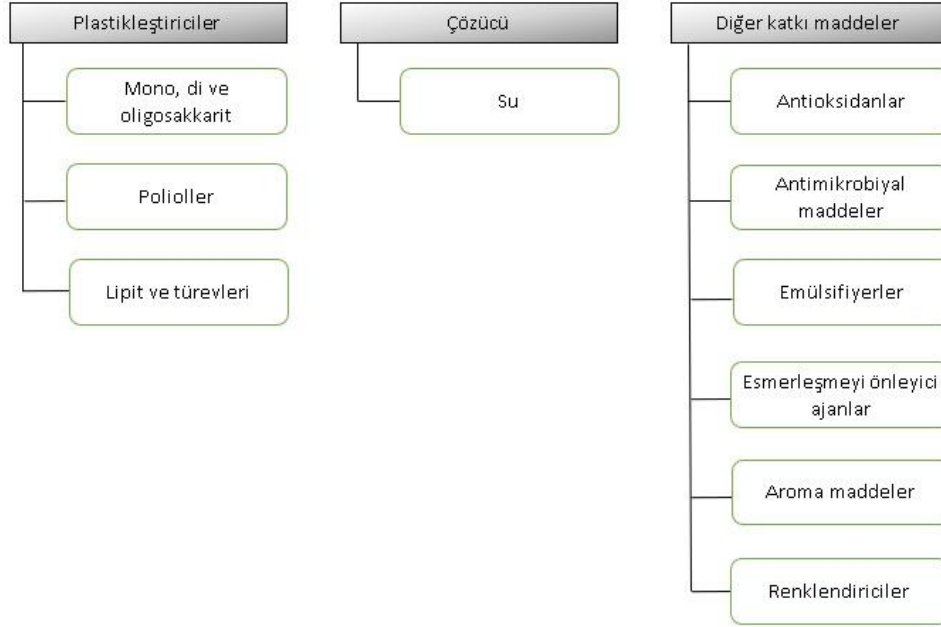
Tablo 2.1. Yenilebilir film ve kaplamalarda bileşiminde ki biyolojik kaynaklı polimerler



Yenilebilir film formasyonunu hazırlamada ayrıca çözücü, plastikleştirici, emülsüfiyer, antioksidan ve antimikrobiyal ajanlardan da yararlanılmaktadır (Tablo 2.2) (Kozlu & Elmacı, 2020). Film formasyonu moleküler içi ve moleküler arası bağlanmalar veya polimer zincirlerinin çapraz bağlanması ile oluşan ve çözücüyü hapseden yarı katı üç boyutlu yapı ile oluşmaktadır. Oluşan bu formasyonun yapısı; kullanılan polimerin yapısına, kullanılan

çözücüye, sıcaklığa ve plastikleştiriciler gibi diğer moleküllerin varlığına bağlıdır (Torlak & Nizamlioğlu, 2009) (Tharanathan, 2003).

Tablo 2.2. Yenilebilir film ve kaplamaların hazırlanmasında kullanılan materyaller



2.2.1. Polisakkarit bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Glikozidik bağlarla bağlanmış monosakkaritlerden oluşan kompleks karbohidratlara polisakkarit denir. Nişasta (patates, mısır, buğday, pirinç ve diğer türevleri), selüloz (pamuk ve diğer türevleri), gamlar (guar, keçiyoynuzu, aljinatlar, karragenan, pektinler ve diğer türevleri), kitin/kitosan gibi maddeler polisakkarit bazlı filmlerin hammaddesini oluşturur. Polisakkarit bazlı filmlerin hazırlanmasında çoğunlukla çözücü uzaklaştırma ve ısıtma işlemi kullanılır. Ayrıca polisakkarit bazlı filmlere bitki özleri ilave edilerek filmlerin antioksidan ve antibakteriyel aktivitenin mekanik ve fiziksel özelliğinin geliştiğini gözükmemektedir (Zhang & Jiang, 2020).

Polisakkarit bazlı filmlerin seçilme nedenleri;

- Hidrofilik yapıda olmaları nedeniyle filmlerin su buhar geçirgenliği yüksektir. Bu nedenle gıda yüzeyine kalın bir film şeklinde uygulanarak, depolama sırasında meydana gelen ağırlık kaybını azaltmak amaçlanmıştır.
- Ayrıca gaz transferine karşı gösterdikleri bariyer özellikleri sayesinde anaerobik ortam yaratmadan istenilen atmosfer koşullarını sağlayarak gıdaların raf ömürlerini arttırmaktadır.
- Yapısal olarak dayanıklı olmasından dolayı kaplanan gıdalara darbelere karşı mekanik direnç sağlamaktadırlar.
- Polisakkarit ve türevlerinin düşük maliyette olması ve kolay elde edilebilmeleri sebebiyle polisakkarit bazlı filmlerin seçme nedenleridir (Kozlu & Elmacı, 2020) (Tural & Sarıcaoğlu, 2017).

2.2.2. Protein bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Amino asitlerin (karbon, hidrojen, oksijen, azot ve bazen kükürt içeren) organik moleküllerin zincir halinde birbirlerine bağlanması sonucu oluşan büyük organik bileşiklere protein denir. Mısır zeini, buğday gluteni, soya proteini vb. gibi bitkisel kökenli ve keratin, kollajen, jelatin, kazein, peynir altı suyu proteini vb. gibi hayvansal kökenli proteini olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Protein bazlı filmin oluşumunda genellikle ısıtma işlemi kullanılmaktadır. Isıtma yönteminin kullanılmasının nedeni; 70 °C üzerindeki sıcaklık ve filmlerin kurutulması sırasında hidrojen ve iyonik bağlar gibi bazı bağlar oluşmaktadır. Ayrıca disülfid bağları denatürasyon sırasında parçalanır ve sülfidril grupları azalır ancak kurutma sırasında tekrar disülfid bağları oluşur. Disülfid bağları, filmlerde mekanik özelliklerini güçlendirdiği düşünülmektedir. Buna örnek olarak, peynir altı suyu proteinlerinden yenilebilir film oluşturulması ve peynir dilimlerinin ambalajlanmasında kullanılması gösterilebilmektedir (Cruz & Isabel, 2019) (Çağrı & Mehmetoğlu, 2010).

Protein bazlı filmlerin seçilme nedenleri;

- Protein bazlı filmler polisakkarit bazlı filmlerde olduğu gibi hidrofilik yapılara sahiptirler, protein kompozisyonuna bağlı olarak su buhar geçirgenliği değişim göstermektedir.
- Protein bazlı filmler kapladıkları gıdanın besin değerini arttırmaktadır (Tural & Sarıcaoğlu, 2017).
- Mekanik özellikler bakımından ve lipitlere karşı bariyer olması nedeniyle polisakkarit bazlı film ve kaplamalara göre daha iyidir (Küçük & Çelik, 2017) .

2.2.3. Lipit bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Lipit filmlerinin üretiminde doğal mumlar, asetilendirilmiş monogliseritler ve çeşitli yağlı bileşikler kullanılmakta ve en etkili parafin ve balmumu bileşikleridir. Yenilebilir film üretiminde kullanılan bu malzemeler apolar yapıları ile hidrofobiktir. Bu özellikleri sayesinde bazı avantajlar göstermektedir. Bunlar hem nem bariyer özellikleri iyidir hem de uygulandıkları üründe (daha çok beyaz ve kırmızı etlerde) görünüşü iyileştirmektedir. Daha çok mum ile üretilen filmlerde nem transferi diğer lipit kaplamalardan üretilen ve lipit olmayan kaplamalardan daha fazla direnç göstermektedir. Bunun yanında ürünün raf ömrünün uzamasında da solunumunu azaltarak fayda sağlamaktadır. Avantajlarının olduğu gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar; katı ve sıvı yağlardan oluşan filmlerde kaygan yüzeyleri, acı tatlarının bulunması ve ürün yüzeyine uygulanmasının zor olmasıdır. Ürün yüzeyinin uygulanması kıyaslandığında sıvı haldeki lipit filmlerin katı haldekilere göre daha kolay daldırma yöntemi ile uygulandıkları ayrıca gaz ve buhar geçirgenliğine karşı daha az direnç göstermektedir. Bir diğer dezavantajı ise, film oluşumunda yüksek sıcaklık gerektiğinden zayıf mekanik özellik göstermektedir. Bu nedenden dolayı daha çok kırılman ve kalındır. İyi bir bariyer özellikleri sağlamak amacıyla çift katlı kaplama yapılması önerilmektedir. Bunun nedeni, gıda ile film arasındaki ara yüzeyinde bulunan zayıf çekim kuvvetini azaltarak, çekim kuvvetini arttırmaktır (Akşehir & Dervişoğlu, 2013) (Kalkan & Erginkaya, 2014) (Bahtimur & Tanyolaç, 2018) (Yaylı & Turhan, 2017).

2.2.4. Kompozit (Karma) bazlı yenilebilir film ve kaplamalar

Kompozit (karma) yenilebilir film ve kaplamalar; Yenilebilir filmlerin sahip olduğu bütün işlevleri yerine getirebilmek amacıyla, hidrofilik bir karışım içerisinde hidrofobik partiküllerinin yani polisakkarit, protein veya lipitlerinin karışımlarından meydana gelen heterojen yapıda olan materyallerdir. Genellikle polisakkarit ve protein ile oluşturulan filmlerin avantajlarında, yapısal olarak dirençli olmasından dolayı mekanik özellikleri güçlü ve gaz bariyeri olarak kullanılmaktadır. Ancak su kaybını önleme de düşük performans

göstermektedir. Lipitlerden oluşan filmlerde ise iyi bir nem bariyeri oluşturmakta fakat homojen ve stabil film olmaması, film yüzeyinde oluşan çatlak ve gözenekler mekanik özellikleri zayıflatmaktadır. Kompozitli film üretimin asıl amacı, tek materyallerle oluşturulan filmlerin dezavantajlarını minimuma düşürmek ve farklı bir fonksiyonel özellik kazandırmaktır (Akşehir & Dervişoğlu, 2013) (Kozlu & Elmacı, 2020) (Karakoyun & Özkoç, 2019) (Çelik & Sarıçoban, 2020).

2.2.5. Çözücüler

Yenilebilir film ve kaplamalarda yaygın olarak kullanılan çözücü sudur. Ancak bazı materyalleri suda çözündürülmesi zordur, bunun için uygun koşullar hazırlanmaktadır. Örneğin gıamlar, selüloz türevleri, nişasta, pektin gibi materyallerin jelleşme sıcaklığına kadar ısıtılıp suda çözülmesi sağlanmaktadır. Bazı durumlarda kitosan gibi materyaller suda çözülmez ve asidik çözücülerde asetik, formik ve laktik gibi organik asitlerden faydalanılır (Kozlu & Elmacı, 2020).

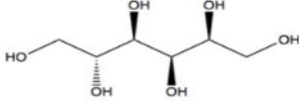
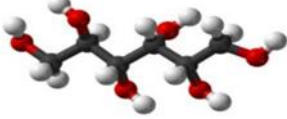
2.2.6. Plastikleştiriciler

Yenilebilir film ve kaplamalarda kullanılan plastikleştiriciler genel olarak protein ve polisakkarit esaslı filmlerde kullanılmaktadır. Bunun nedeni de protein ve polisakkaritli filmlerin polimerik zincirleri arasındaki etkilerinin katı olması ve bu yüzden de kırılğan bir yapıya sahip olmasıdır (Suhag, 2020). Filme eklenen plastikleştiriciler yapıdaki moleküller arası kuvvetleri zayıflatarak, zincirlerin hareketliliğini arttırmakta, gerilme direncini azaltarak uzama yüzdelarını arttırmıştır (Aydınlı, 1997). Tablo 2.3, Tablo 2.4 ve Tablo 2.5’ de verilen bazı plastikleştiricilerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri gözükmeaktadır. Bu plastikleştiriciler hariç gıdalarda yaygın olarak mannitol, polietilen glikol gibi polioller kullanılmaktadır. Plastikleştiriciler, kullanılan yenilebilir ambalaj malzemesinde biyobozunurluğu etkilememekte ve toksik olmadığından gıda maddeleri ile temasında bir sakınca yoktur (Karakoyun & Özkoç, 2019).

Sorbitol gıdalarda nemlendirici, kıvam verici ve yapay tatlandırıcı olarak kullanılan ve glukitol olarak bilinen şeker alkolüdür (Sarıkuş & Seydim, 2006).

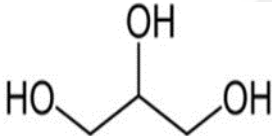
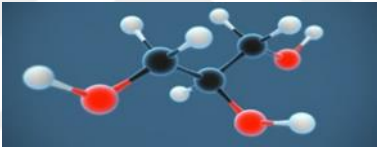
Tablo 2.3. Sorbitolun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

--	--

	
Kimyasal İsmi	D-Glucitol
Kimyasal Formülü	$C_6H_{14}O_6$
Molekül Ağırlığı	182.17 gr/mol
Erime Noktası	95°C
Kaynama Noktası	296°C
Yoğunluğu	1.489 gr/cm ³
Enerji değeri	2.37 kcal/g

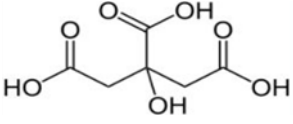
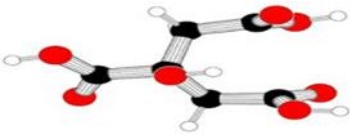
Gliserol renksiz, kokusuz, higroskopik, viskoz bir sıvı olup şeker alkolüdür. Yapısında bulunan 3 hidrofilik alkolik hidroksil grubu sayesinde suda çözünmesine sağlar (Şen & Tarhan, 2020).

Tablo 2.4. Gliserolün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

	
Kimyasal İsmi	1,2,3-Propantriol
Kimyasal Formülü	$C_3H_8O_3$
Molekül Ağırlığı	92,09 gr/mol
Erime Noktası	18°C
Kaynama Noktası	290°C
Yoğunluğu	1.26 gr/cm ³
Enerji değeri	4.3 kcal/g

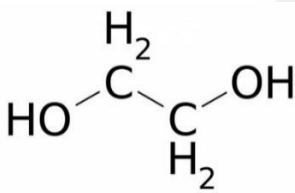
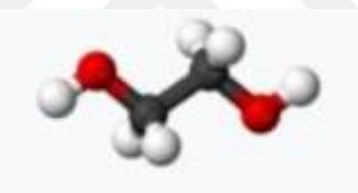
Sitrik asit, halk dilinde limon tuzu olarak bilinen bir trikarboksilik asittir. Yarı şeffaf, renksiz veya beyaz tozlar halinde bulunun madde yiyecek ve içecek sektöründe sıkça kullanılan genellikle gıda endüstrisinde asitlendirici, aroma geliştirici, koruyucu, emülsifiyer ve antioksidan gibi birçok gıdanın bileşimine katıldığı bilinmektedir. Sitrik asit narenciye türü meyvelerde meyve, tohum ve öz suyunda doğal olarak bulunduğu gibi ananas, armut, şeftali ve incirin suyunda %6-8 ve çilek, domates gibi meyvelerde de bulunmaktadır (Yalçın & Özbaş, 2007).

Tablo 2.5. Sitrik asitin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

	
Kimyasal İsmi	3-Hydroxypentanedioic Acid
Kimyasal Formülü	C ₆ H ₈ O ₇
Molekül Ağırlığı	192.124 gr/mol
Erime Noktası	153 °C
Kaynama Noktası	310 °C

Etilen glikol polyester elyaf üretiminde ve antifriz formülasyonları için kullanılmaktadır. Dihidrik alkol grubundan olup renksiz, kokusuz, tatlı ve suda çözünen bir maddedir. Vücut ağırlığının kg başına 1.5 g ağız yoluyla alınması öldürücü olabilmektedir (Demirel & Toprak, 2012).

Tablo 2.6. Etilen glikolün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

	
Kimyasal Formülü	C ₂ H ₆ O ₂
Molekül Ağırlığı	62,07 gr/mol
Erime Noktası	-12,9°C
Kaynama Noktası	197,3 °C

2.2.7. Diğer Katkı Maddeleri

Ambalajlama üretiminde genel olarak kullanılan geleneksel ambalajlama gıdaları ısı, ışık, nem ve oksijen gibi dış faktörlere karşı koruma sağlarken bu geleneksel ambalajlama yöntemlerini geliştirerek, gıdaların raf ömrünü uzatması, çevresel atıklarının azaltılması gibi faktörleri karşılayan aktif ambalajlama gelişmiştir. Kısaca geleneksel ambalajlama; dış etkilere karşı korumakla yetinirken, aktif ambalajlama; çevreden gelen dış etkilere karşı korur ve ambalaj içi koşulları da iyileştirmektedir (Olçay & Sarıçoban, 2019). Aktif ambalajlama olarak yenilebilir film ve kaplamalar ortaya çıkmış ve hâlâ ambalajlamaların gelişmesi konusunda araştırmalar devam etmektedir.

Yenilebilir filmlerin üretiminde temel materyaller hariç yardımcı katkı maddelerde ilave edilir. Yardımcı katkı maddeler gıdalardaki çevre ile istenen özelliği arttırırken istenmeyen özellikleri absorbe ederek yok etmektedir. Yenilebilir filmlerin kırılgenliğini azaltmak için plastikleştirici eklenirken, besin değeri arttırmak ya da antimikrobiyal özellik kazandırmak için de solventler, emülgatörler, fungusitler, koruyucular, antioksidan, mineraller ve esmerleşmeyi önleyici ajanlar gibi maddeler eklenmektedir (Karakoyun & Özkoç, 2019) (Sarıcaoğlu & Turhan, 2018). Bu maddelerin molekül ağırlıkları, polar ya da apolar olmaları hazırlanan filmlerinin özelliklerini etkiler. Örneğin, düşük molekül ağırlıklı maddelerden oluşan film solüsyonuna eklenen yardımcı maddeler kimyasal yapısına göre mekanik ve fiziksel özellikleri iyi ya da kötü etkilenmektedir (Bahtimur & Tanyolaç, 2018).

Wu ve arkadaşının yaptığı çalışmada greyfurt kabuğu ununa yardımcı madde olarak çay polifenol ilave ederek filmde antioksidan ve antimikrobiyal aktivite sergilediği gösterilmiştir (Wu, 2019).

Gutierrez'in yaptığı çalışmada ise muz ununa aloe vera jeli eklenerek filmin nişasta sindirimi yavaşlatarak, diyetetik olarak potansiyel yarar sağladığı gözükmiştir (Gutierrez & Alvarez, 2016).

2.3. Yenilebilir Film ve Kaplamaların Uygulama Yöntemleri

Yenilebilir ambalajlar kalınlık değerlerine göre yenilebilir film, yenilebilir kaplama, tabakalar ve yenilebilir torbalar olarak isimlendirmek mümkündür. Yenilebilir tabakalar, kalınlığı 254 µm'den büyük olanlara, 254 µm'den küçük olanlara da yenilebilir film olarak değerlendirilir.

Yenilebilir filmler gıdalarının yüzeyine, üstüne ve arasına ince katı tabakalar halinde önceden yenilebilir materyallerle hazırlanmış filmlerinin yerleştirilmesi şeklinde uygulanır. Yenilebilir kaplamalar ise, gıda maddesinin yüzeyine direkt temas ederek yüzeyinde ince tabaka oluşturma şeklindedir. Yenilebilir kaplamaların gıdalara uygulanmasında genellikle daldırma, püskürtme, boyama metotları ile uygulanırken, yenilebilir filmler ise dökme ve ekstrüzyon gibi metotlarla önceden hazırlanıp ince tabaka haline getirerek uygulanır. En uygun kaplama metotlarını, gıda türüne göre seçilmesi önerilmektedir. Mesela, meyve ve sebzeleri kaplamak için genellikle boyutu küçük olanlara daldırma, boyutu büyük olanlar için püskürtme, peynir gibi gıdalar içinde boyama metoduyla kaplanır (Tural & Sarıcaoğlu, 2017) (Olçay & Sarıçoban, 2019) (Çelik & Sarıçoban, 2020)

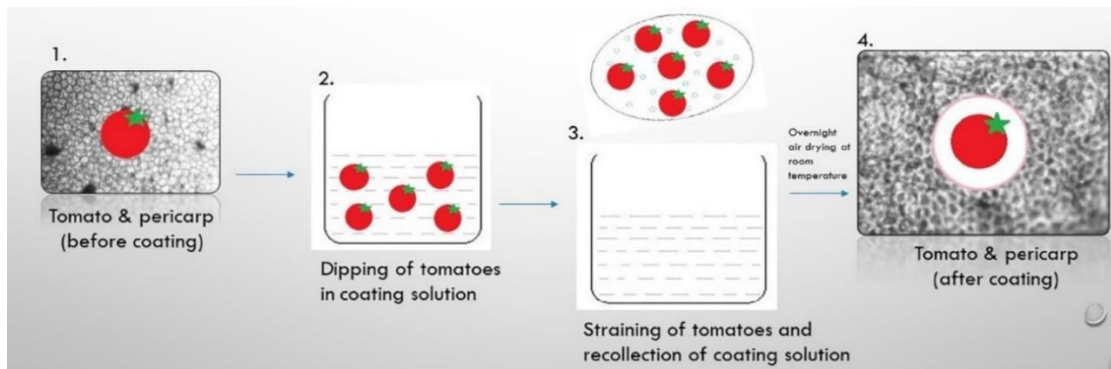
Daldırma yöntemi, yenilebilir kaplamaların gıdaya uygulanmasında kullanılan en basit ve en çok tercih edilen yöntem daldırma yöntemidir. Uygulama şekli; yenilebilir materyallerle solüsyon hazırlanır ve gıda bu solüsyona belli sürelerle daldırılır ve kurutulur.

Daldırma yönteminin seçilme nedenleri;

- İstenilen kalınlıkta film tabakasına erişebilmek
- Şişkin, yuvarlak gibi bozuk olan yüzeylerde homojen bir şekilde kaplanmasını sağlamak
- Maliyetinin düşük olması
- Daldırma işlemi gerçekleştikten sonra kurutma yapılmadan gıdanın yüzeyindeki solüsyonun fazlasının uzaklaştırılması yapılabilmektedir.

Bu avantajlarının yanında daldırma solüsyonunun tankta uzun süre kalması mikroorganizmalarının çoğalması gibi dezavantajı da bulunmaktadır (Şen & Tarhan, 2020) (Tural & Sarıcaoğlu, 2017).

Sucheta'nın ana materyal olarak pektin, mısır unu, pancar tozu ve plastikleştirici olarak gliserol kullanarak antimikrobiyal etki için tartarik asit ilavesiyle yapmış olduğu yenilebilir solüsyona domatesleri daldırarak (Şekil 2.1) yenilebilir kaplama oluşturarak domatesin üzerindeki değişimler şu şekilde kaydedilmiştir; - Ağırlık kaybı önemli ölçüde azalmıştır, - Biyokimyasal kalitenin korunmasıyla solunumu geciktirmiştir, - Maksimum parlaklığı korunurken, minimum yüzeyde büzülme gözükmiştir, - Raf ömrünün uzadığı da tespit edilmiştir (Yadav & Sucheta, 2019).

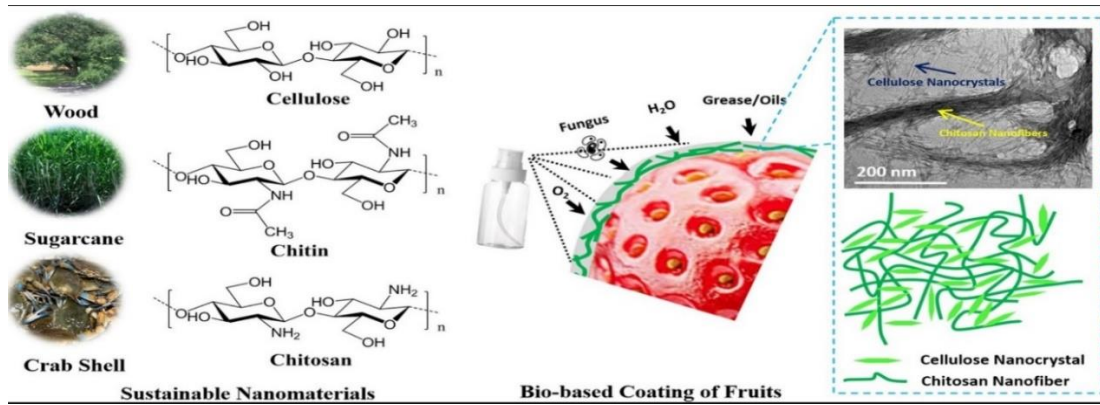


Şekil 2.1. Daldırma metodu ile domateslerin kaplanması (Yadav & Sucheta, 2019)

Bir diğerk çalışmada ise daldırmanın süresi ve kurutma süresinin öneminden bahsedilmiştir. Bu çalışmaya göre kitosan solüsyonunda daldırma süresinin etkili olmadığı ama sodyum aljinatlı solüsyonlarında 30 dak daldırma süresinde olumlu sonuç verdiği belirlenmiştir. Kurutma süresi olarak da kitosan ile kaplanan meyveler için 60 dak, sodyum aljinat için 120 dak tespit edilmiştir, bu kurutma şartlarının ve süresinin enzimatik esmerleşmeyi etkilediği bulunmuştur (Karagöz & Demirdöven, 2018).

Püskürtme (sprey) yöntemi, gıdanın belli bir kısmının kaplanması için tercih edilmektedir. Bu metot daldırma yöntemi gibi homojen kaplama, kalınlık kontrolü gibi imkanlar sunar. Ancak daldırma yönteminden daha ince kaplama uygulamak mümkündür. Gıda endüstrisinde elektrostatik püskürtme teknolojisinin kullanımının artması ile damlacık boyutlarını kontrol ederek solüsyondaki israfı azaltabilir (Şen & Tarhan, 2020) (Khalily & Uçak, 2019).

Sun'un çilek üzerine yaptığı çalışmada selüloz, kitin ve kitosan nanomalzemeleri formüle ederek çileklerin yüzeyine püskürtme yöntemi ile kaplamıştır (Şekil 2.2). Bu kaplama sonucunda iyi antifungal aktivite (mantar oluşumunun azaltılması) sergilediği ve meyve tazeliğini korumasında yardımcı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca ağırlık kaybı ve renk değişiminin yarı yarıya azaldığı bildirilmiştir (Sun & Wu, 2021).



Şekil 2.2. Püskürtme (sprey) metodu ile çileğin kaplanması (Sun & Wu, 2021)

Meyvelerin depolama anında ki sıcaklık değişimi üzerine çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Meng'in yapmış olduğu kitosan ile oluşturulan solüsyonun üzüm meyvesinin yüzeyini spreyle kapladıktan sonra 0 ve 20 °C'lik ortam sıcaklıklarında depolayarak arasındaki farklılıkları incelemiştir. Bu farklılıklar 20 °C'de üzüm meyvelerinin SSC/TA oranının düşürdüğü, meyvelerin ağırlık kaybını önemli ölçüde azalttığı bulunmuştur. 0 °C'de ise ağırlık kaybında

bir fark olmadığı, solunum metabolizmasının da zayıf olduğu tespit edilmiştir (Meng & Tian, 2008).

Dökme yöntemi, Yenilebilir materyallerle hazırlanan film çözeltisi plakalara belli gramlar da dökülerek, kurutulur ve ince bir tabaka elde edilmiş olur. Bu ince tabakanın gıdanın yüzeyine kaplanmasıdır. Bunda dikkat edilmesi gereken husus çözelti bileşimi, film döküm kalınlığıdır. Eğer tabaka fazla kalınsa gıdanın gaz geçirme özelliği az olacağı göz önünde bulundurulmalıdır (Özkük & Caba, 2017).

Dökme metodu ile Jridi'nin yaptığı çalışma örnek verilebilir. Bu çalışma; balık jelatini ile portakal pektininden film solüsyonu oluşturarak petri kaplarına dökülerek 25 °C'de kurutulmuştur. Kurutulan filmler soyulduktan sonra peynirlere sarılarak kaplama işlemi yapılmıştır (Şekil 2.3). Bu kaplama peynirin fizikokimyasal, dokusal ve mikrobiyal stabilitesini iyileştirdiğini ortaya koymuştur (Jridi, 2020).

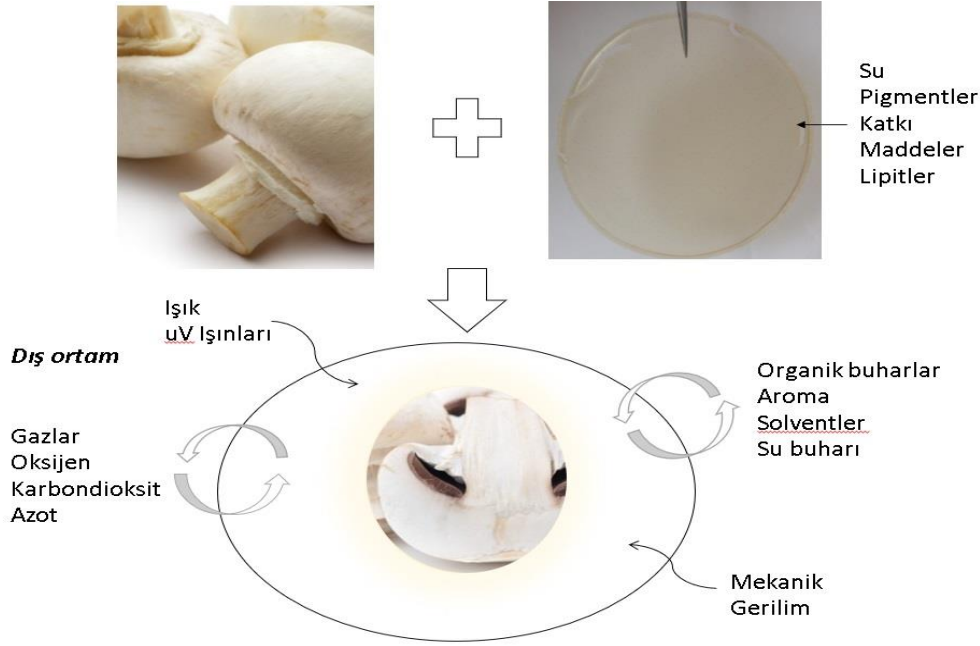


Şekil 2.3. Dökme metodu ile peynirin kaplanması (Jridi, 2020)

Ekstrüzyon yöntemi, dökme yöntemine benzerdir. Aralarındaki farklar kurutma işlemine ihtiyaç duyurmamasından endüstriyel uygulamalara daha uygun olmasıdır. Polimerlerin termoplastik özelliklerinden yararlanılmaktadır.

2.4. Yenilebilir Filmlerin Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri

Kısaca özetlemek gerekirse, yenilebilir film ve kaplamalar gıdaların; kalite, raf ömürleri, lezzet, nem, oksijen ve renk gibi bariyerleri korumaya amaçlamaktadır. Şekil 2.4'de gözüktüğü gibi filmlerin bariyer özellikleri çevreden oluşabilecek zararlı maddelere karşı koruma gücünü belirler (Özkılıç & Karaçam, 2012).



Şekil 2.4. Yenilebilir filmlerin gıda yüzeyinde kontrol ettikleri transferler (Özkılıç & Karaçam, 2012)
(Debeaufort & Voilley, 2009)

2.4.1. Su Buhar geçirgenliği

Filmin iki yüzey arasındaki konsantrasyon farklılığına bağlı oluşan itici güç ile orantılı film yüzeyine nüfuz eden bileşen olarak tanımlanan kararlı hal özelliğidir. Geçirgenlik, filmin kalınlığı, filmin oluşturduğu alanı, konsantrasyon farklılığı ya da kısmi basınç farkı ve zamana bağlı olarak filmde geçen kararlı- hal durumuna bağlıdır (Özkılıç & Karaçam, 2012).

Geçirgenliği etkileyen bir diğer önemli etken ise plastikleştiricilerdir. Plastikleştiricilerin içeriğinde bulunan su, genellikle film geçirgenliğini artırır. Plastikleştiricinin cinsi etkilediği gibi film oluşturma anındaki sıcaklık, miktarı da bağlı nemin artmasıyla geçirgenlik artar (Özkılıç & Karaçam, 2012).

Örneğin, Laohakunjit ve arkadaşlarının pirinç nişastası ile gliserol ile oluşturulan filmler sorbitol ile oluşturulan filmlere oranla su buharı ve oksijen geçiş hızını arttırmıştır (Laohakunjit & Noomhorm, 2004) (Ayana & Turhan, 2007).

Yuan ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada ilk 10 saatte su buharı emme oranının yükseldiği, 10 saatten sonra su buharı emme oranının düşüşe geçtiği ve 20. saatten sonra dengelendiği gözlemlenmiştir. Elde edilen çalışmalarda güçlü hidrojen bağı ile oluşan yapının ve film polimerleri arasındaki çapraz bağ etkileşimlerinden su buharı geçirgenliğinin etkilendiğini ortaya koymuştur (Yuan & Fu, 2021).

2.4.2 Çözünürlük

Filmin suda çözünürlüğü de su buhar geçirgenlik kadar önemli bir etkidir. Çözünürlük gıda da istenilen özelliklere göre değişkenlik göstermektedir. Örneğin, ürün taşıma da kullanılacaksa ürünün bütünlüğünün korunması gerekir bu yüzden de filmin ya da kaplamanın suda çözünmez yapıda olması önemlidir. Proteinlerin çapraz bağlanması sonucu polimerizasyon meydana gelmesi ve mısır zeini gibi suda çözünmeyen maddeler çözünürlüğü azalttığından bu ürünler için tercih edilmektedir (Akşehir & Dervişoğlu, 2013) (Özkılıç & Karaçam, 2012).

Bazı hazır gıdalar için baharat ve tatlandırıcı katkı maddeler, hazır kahveler, içecek gibi toz halindeki maddeler için çözünür yenilebilir poşet, torbalar tercih edilmektedir. Böyle ürünler için suda çözünürlüğü yüksek materyaller gerekir (Liu & Liu, 2020). Örnek olarak polisakkarit ve gıdalar oluşturdıkları hidrojen bağları ile suda çok iyi çözünürler (Sarıcaoğlu & Turhan, 2018).

Çözünürlük için kullanılan materyallerin cinsi, miktarının önemli olduğu gibi zaman, sıcaklık ve plastikleştiriciye de bağlıdır. Xu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada filmin çözünürlüğünün zaman ve sıcaklık arttıkça çözünürlüğünün arttığı ve plastikleştirici kullanılmış filmlerin suda çözünme olasılığı yüksek olduğu elde edilmiştir. Bu durum gıdanın yüzeyini yıkadıktan sonra yenilebilir filmin kolayca su da çözülmesi avantajını sunmaktadır (Xu & Yuan, 2019).

2.4.3 Mekanik Özellikler

Filmlerin mekanik bütünlüğünü sağlamak ve gıdaları korumak amacıyla mekanik özellikler çok önemlidir. Çünkü filmlerin esnekliği sayesinde kırılmadan gıda yüzeyine adapte olması beklenir. Böylelikle ürünün nakliyesi ve taşınması sırasında filmin bütünlüğünü koruması önem teşvik eder (Aslan & Oğuz, 2014). Filmin mekanik bütünlüğü, film bileşenleri ve yapısına bağlıdır. Filmlerin mekanik olarak değerlendirmede kullanılan ölçüler; gerilme direnci (filmi koparmak için gerekli olan çekme kuvveti- TS), uzama (filmin kopmadan önce uzama derecesi- E)' dir (Özkılıç & Karaçam, 2012).

Seiwert' in yaptığı çalışmada mekanik özelliğin, moleküller arası dağılımın bağlı olduğundan, çapraz bağlanma ile ilişkili olarak kovalent bağın gerilme direncini iyileştirdiği gözlemlenmiştir (Seiwert & Ustunol, 2021).

2.5. Antimikrobiyal Madde İçeren Yenilebilir Film ve Kaplamaların Özellikleri

Yenilebilir film üretmenin amaçlarından biri de kaplandığı gıdanın raf ömrünü uzatmaktır. Raf ömrünü uzatmak için gıda muhafazası sırasında zamanla oluşan küf, maya ve bakterilerinin çoğalmasını azaltmak gerekmektedir (Sarioğlu & Öner, 2005). Bakterilerin çoğalmasının azaltılması, gıdaya kaplanan yenilebilir filmin anaerobik ortam sağlanmasıyla mikroorganizmanın oksijensiz ortamda hızının düşmesiyle meydana gelmektedir (Bahtimur & Tanyolaç, 2018). Eskiden gıda yüzeyinin bozulmasını engellemek için antimikrobiyal maddeler doğrudan gıda yüzeyine püskürtme ve daldırma işlemi uygulanmaktaydı. Ancak mikrobiyal gelişim kaplama yüzeyinde meydana geldiğinden püskürtme ve daldırma işlemi ile hızlı bir şekilde gıdaya geçiş yapması ve gıdada nötralize olması dezavantaj olarak gözükmektedir. Antimikrobiyal maddenin gıdaya geçişi ne kadar yavaş olursa antimikrobiyal madde gıda yüzeyinde kalarak mikroorganizmalarla karşı daha iyi mücadele eder (Ayana & Turhan, 2007). Bu nedenden dolayı yenilebilir filmin üretim aşamasında antimikrobiyal katkı maddelerini ilave ederek gıdayı kaplamak avantajlıdır (Ergin & Yaman, 2015).

Antimikrobiyal film üretiminde kimyasal ve doğal antimikrobiyal maddeler kullanılmaktadır (Akçay & Özden, 2012). Kimyasal antimikrobiyal maddeler: genellikle küf mikroorganizmasına karşı kullanılan propiyonik asit, benzoik asit, sorbik asit, asetik asit, laktik ve malik asit gibi zayıf organik asitler; küf, bakteri ve mayalara karşı kullanılan sülfürdioksit ve klorindioksit; sodyum benzoat, potasyum sorbat ve propiyonat gibi organik asit tuzları kimyasal antimikrobiyal maddelere örnek verilebilmektedir (Ergin & Yaman, 2015) (Ayana & Turhan, 2007). Bu kimyasal antimikrobiyal maddelerin kullanım miktarları önem taşımaktadır. Çünkü gıda ile birlikte tüketildiğinden gıdanın tadını bozmakta veya rengini değiştirebilmektedir (Bahtimur & Tanyolaç, 2018).

Doğal antimikrobiyal maddeler: Doğal antimikrobiyallerin en önemli kaynağı aromatik bitkilerdir. Bu bitkilerin tozu veya ekstraktları depolama anında mikroorganizmaların yükünü düşürme ve hızını yavaşlatmaktadır (Akçay & Özden, 2012).

Aromatik bitkiler dışında enzim, organik asit, yağ asitleri, pigmentler, flavonlar da doğal antimikrobiyal maddeler arasında yer alır. Kimyasal antimikrobiyalden ayrılan özellik bu maddeler sınır sayıda eklenmesine gerek yoktur. İstendiği miktarda eklenerek etkili antimikrobiyal aktivite gözlemlemek mümkündür (Ayana & Turhan, 2007).

Bakteriosinler: çeşitli bakterilerden elde edilen bakteriler üzerinde öldürücü etkiye sahip protein içeren makromoleküllerdir. Örneğin yaygın olarak bilinen kolisin *E.coli*'den, nisin

Lactococcus lactis'den elde edilir (Ayana & Turhan, 2007). 1995 yılında ABD'de *E.coli* nin bifeğe bulaşmasıyla gıda zehirlenmesine yol açtığından 13.6 milyon ton biftek imha edilmiştir (Sarıküş & Seydim, 2006). Bu da ambalajların antimikrobiyal analizlerinin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Yapılan bir çalışmada karboksimetil selüloz, *Dioscorea opposita* müsilaaj, gliserol ve ZnO nanoparçacıklardan oluşan yenilebilir filmin gram pozitif *S.aureus* ve gram negatif *E.coli* bakterilerine karşı etki için antibakteriyel analiz yapılmıştır. Çıkan sonuca göre her iki bakteriye de etki gösterdiği ve *Dioscorea opposita* müsilaaj artmasıyla antibakteriyel oranının 400 ve 450 µL/mL düşüş gözüküğü bildirirmiştir (Li & Ma, 2021).

Diğer yapılan çalışmada da kitosan, bamy tozu, nano-silikon aerojelden üretilen kompozit yenilebilir filmin gram pozitif *S.aureus* ve gram negatif *E.coli* bakterilerine karşı etki ettiği gözükümüştür (Lin & Wu, 2020).

2.6. Çavdar Ununun Özellikleri

Çavdarı diğer ürünlerden ayrılan en önemli özelliği verimli olmayan ve fakir topraklarda yetişebilir olmasıdır. Ana vatanı Orta Asya ve Anadolu olarak bilinmektedir. Çavdar kökleri kuraklığa ve soğuğa karşı çok dayanıklıdır ve yayla ikliminde yetişir. -30 °C ve daha düşük sıcaklarda bile yetişen çeşitleri bulunmakta ayrıca neme de çok ihtiyaç duymamaktadır.

Çavdarın yapısı incelendiğinde yüksek miktarda biyoaktif bileşenler ve diyet lifi içerdiği gözükmektedir. Diyet lifleri çözünen ve çözünmeyen olarak ikiye ayrılmaktadır. Suda çözünmeyenler; selüloz ve lignin, kısmi olarak çözünen ksilen, β-glokan ve arabinoksilanlardır. Arabinoksilanlar en önemli diyet lifi ve polisakkarit yapıdadır. Çavdardaki makro bileşenler ise nişasta, diyet lifi ve proteindir. Çavdar yapısında bulunan ayrıca sükroz ve frukto oligosakkaritler gibi serbest şekerde içermektedir (Mankan & Boyacıoğlu, 2008).

2.7. Kudret Narı (*Momordica charantia*) Özellikleri

Kudret narı (*Momordica charantia* L.) Cucurbitaceae familyasına ait olup farklı ülkelerde acı kavun, acı kabak, korela olarak adlandırılan *Momordica* cinsli bitki, tropikal ve subtropikal bölgelerde yaygın olarak yetiştirilir (Erdoğan & Eroğlu, 2020). Daha çok nemli ve sıcak bölgelerde yüksek verimle yetiştirilmekte olup anavatanı Hindistan olduğu, Asya, Güney Amerika ve Afrika gibi tropikal bölgelerde ve Çin, Tayvan, Pakistan'da ve ülkemizde ise Marmara Bölgesinde ve Ege Bölgesinde yetiştigi gözükmektedir (Elibal & Aksoy, 2009).

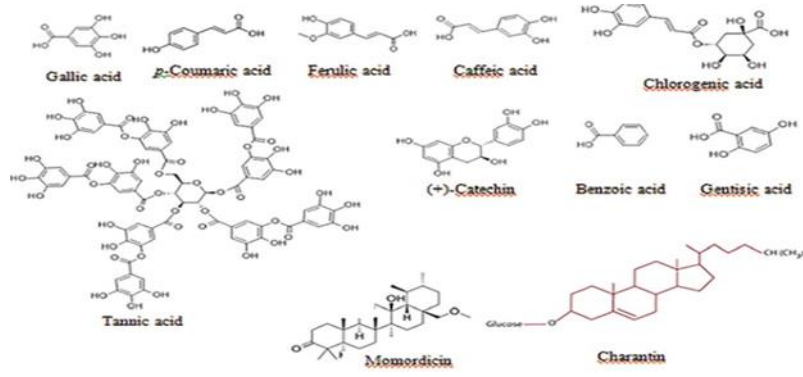
Mayıs ayında tohumundan toprağa ekilir ve ağustos ayında çiçeklenmeden 15-20 gün sonra olgunlaşmış meyveleri hasat edilir. Kudret narı bitkisi olgunluğa ulaştığında, kabuk uç noktalardan 3 ayrı parça halinde geriye doğru bükülür ve bitkinin içerisinde çok sayıda kırmızı-kahverengi tohumlar ortaya çıkmaktadır. Şekil 2.5’de de gözüktüğü gibi tohumların boyları 7-15 mm boyunda olup, yassı ve yoğun çıkıntılı bir yüzeye sahiptir. Aynı zamanda tohumlar kırmızı renkteki tohum zarı ile kaplanmış (Yılmaz & Dervişoğlu, 2015) (Kısacık & Güneş, 2015).



Şekil 2.5. Kudret nar bitkisi (http-1, 2021)

Kudret narının içeriğine bakıldığında; bitkinin %93,2 oranında nem, kuru bazda %0,76 oranında yağ, %18 protein ve %8,1 kül içerdiği bilinmektedir (Kısacık & Güneş, 2015). Meyvenin yaprak ve kırmızı tohum zarında ise sırasıyla %89,25 ve %94 oranında su, %3,3 ve %30,7 oranında karbonhidrat içermektedir (Elibal & Aksoy, 2009).

Kudret narı, biyolojik olarak momordicin, momorcharin, momordin, charantin gibi birçok bileşik ve maddeye sahiptir (Şekil 2.6). Aynı zamanda yüksek C vitamini de içermektedir. Ancak depolama süresi uzadıkça vitamin içeriği azalmaktadır. Bitkinin meyve ve yaprakları da mineral ve vitamin yönünden demir, kalsiyum, fosfor ve B vitamini bakımından çok zengindir. Tat olarak bakıldığında içeriğinde bulunan alkaloid momordicine maddenin varlığından acı tada sahiptir. Meyvenin tam olgunlaşmadan hasat edilmesi acı tadın azalmasında etkili olmaktadır (Elibal & Aksoy, 2009) (Kısacık & Güneş, 2015).



Şekil 2.6. Kudret narının içeriğinde antioksidan ve antikarsinojen etkili fenolik maddeleri (Tokuşoğlu, 2016)

3. DENEYSEL YÖNTEMLER

3.1. Materyal

Çalışmada ana materyal olarak Değirmencibaşı markası çavdar unu kullanılmıştır. Tablo 3.1’de 100 g çavdar unu için besin öğeleri üreticiden alınan bilgiler ile gösterilmiştir. Çavdar unlarını 112 µm parçacık büyüklüğünde elekten geçirilerek analizler için bekleme alınmıştır.

Tablo 3.1. 100 g porsiyon miktarı için çavdar ununda bulunan besin öğeleri

Enerji	325 kcal
Yağ	2.2 g
Doymuş Yağ	0.3 g
Karbonhidrat	69 g
Şekerler	2.1 g
Protein	16 g
Tuz	0.01 g

2.önemli malzeme olarak da İzmir Urla ilçesinden getirilen kudret narı kullanılmıştır. Getirilen kudret narların; kabuğu, çekirdeği ve meyvesini ayırdıktan sonra öncelikle kudret narı kabuğu yıkanmış ve işlem görene kadar Eskişehir Teknik Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü Biyoteknoloji laboratuvarında -68 °C’de depolanmıştır. İşlemlerden önce dondurucudan çıkan kudret narı kabuklarına liyofilizatör cihazına konulmuştur. Öğütme makinasından sonra elek analizi yapılarak 112 µm ve altı parçacık büyüklüğünde kudret narı kabuğu tozu elde edilmiştir.

Film formülasyonları için gerekli diğer malzemeler; antibakteriyel özelliğini güçlendirmek için tannik, tartarik, süksinik ve gallik asit gibi meyve asitleri ve plastikleştirici olarak sorbitol, gliserol, etilen glikol ve sitrik asit kullanılmıştır. Çözücü olarak saf su kullanılmıştır.

Filmlere uygulanan analizler için kullanılan kimyasallar; antioksidan analizi için metanol ve DPPH (1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl %97), toplam fenolik analizi için Folin-Ciocolteu reaktifi ve sodyum karbonat kullanılmıştır. Antibakteriyel analizi için Plate Count agar kullanılmıştır.

Mantarların kaplanması için, yerel bir marketten getirilen button mantarlar kullanılmıştır. Kaplanan mantarların analizleri için gerekli olan malzemeler; sodyum sülfid, glukoz, sığır serum albümin (bovine serum albümin), etanol, fosforik asit, Coomassie Brilliant Blue G-250, 3,5-dinitrosalicylic acid (DNSA) tozu, potasyum sodyum tartarat, fenol kristal, sodyum sülfid kullanılmıştır (Bkz 3.2).

Tablo 3.2. Kullanılan kimyasallar

Kimyasal	Formül	Marka
Demir (II) klorür	$\text{FeCl}_2 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$	Carlo Erba
Tannik asit	$\text{C}_{76}\text{H}_{52}\text{O}_{46}$	Merck
Tartarik asit	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$	Tito
Süksinik asit	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$	Acros
Gallik asit	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$	Merck
Sorbitol	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$	Himedia
Gliserol	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$	Lepus
Etilen glikol	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$	Merck
Sitrik Asit	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	AFG Bioscience
Metanol	CH_3OH	LabKim
DPPH (1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl %97)	$\text{C}_{18}\text{H}_{13}\text{N}_5\text{O}_6$	TCI
Folin-Ciocolteu reaktifi		Merck
Sodyum karbonat	Na_2CO_3	Tekkim
Plate count agar		Merck
Maya ekstraktı		Tito
Glukoz	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	AFG Bioscience
Bovine Serum Albumin		Biowest
Fosforik asit	H_3PO_4	Merck
Etanol (%95)	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Sigma-Aldrich
Coomassie Brilliant Blue G 250	$\text{C}_{47}\text{H}_{48}\text{N}_3\text{NaO}_7\text{S}_2$	Sigma-Aldrich
3,5-dinitrosalicylic acid (DNSA)	$\text{C}_7\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_7$	Fluorochem
Potasyum sodyum tartarat	$\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	Carlo Erba
Fenol kristal	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	Sigma-Aldrich
Sodyum sülfid	Na_2SO_3	Tekkim

3.2. Çavdar Unundan Yenilebilir Filmin Hazırlanması

Çavdar unundan yenilebilir film hazırlanmasında dökme-çözücü buharlaştırma yöntemi kullanılmıştır. Çavdar unu 112 µm elekten geçirilerek altta kalan fraksiyon kullanılmıştır. Çavdar unundan (%5 a/h) ve farklı miktarlarda sorbitol, etilen glikol, sitrik asit ve gliserol (%30-100 (a/a un)), saf su içerisinde homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır. Çözelti 90 °C yarım saat çalkalamalı su banyosunda pişirildikten sonra çözeltide hava kabarcığı kalmaması için 5 dk ultrasonik su banyosunda bekletilmiştir. Çözelti 90mmx8mm plastik petri kaplarına 20 g dökülerek 40 °C’de 24 saat etüvde kurutulmuştur.

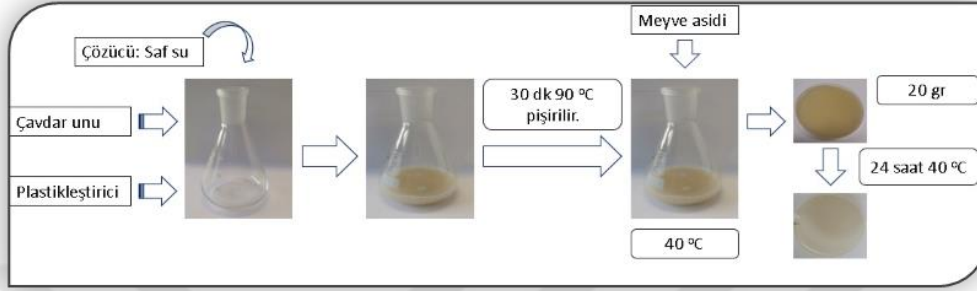


Şekil 3.1. Çavdar unu ve plastikleştirici yenilebilir filmin üretim aşamaları

3.3. Çavdar Ununa Organik Asitlerin İlavesiyle Yenilebilir Filmin Hazırlanması

Filmlerin karakterizasyon sonuçlarına göre filmlerin plastikleştirici konsantrasyon seçilmiş ve meyve asitli filmlerde o konsantrasyonda plastikleştirici kullanılmıştır. Çavdar unundan (%5 a/h), plastikleştirici ve saf su homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır. Çözelti 90 °C’lik çalkalamalı su banyosunda yarım saat pişirildikten sonra çözelti 40 °C ye

soğutulmuştur. Soğutulan çözeltinin içerisine organik asitleri (tannik, tartarik, süksinik ve gallik asit (%5 ve 10 (a/a un))) eklenmiştir. Asitlerin ilavesiyle homojen olana kadar karıştırılmış ve solüsyonda hava kabarcığı kalmaması için 5 dak ultrasonik su banyosunda bekletilmiştir. Çözelti 90mmx8mm plastik petri kaplarına 20 g dökülerek 40 °C’ de 24 saat etüvde kurutulmuştur.



Şekil 3.2. Çavdar unu, plastikleştirici ve organik asidi ilaveyi yenilebilir film üretim aşamaları

3.4. Çavdar Ununa Kudret Narı Kabuğu Tozu İlavesiyle Yenilebilir Filmin Hazırlanması

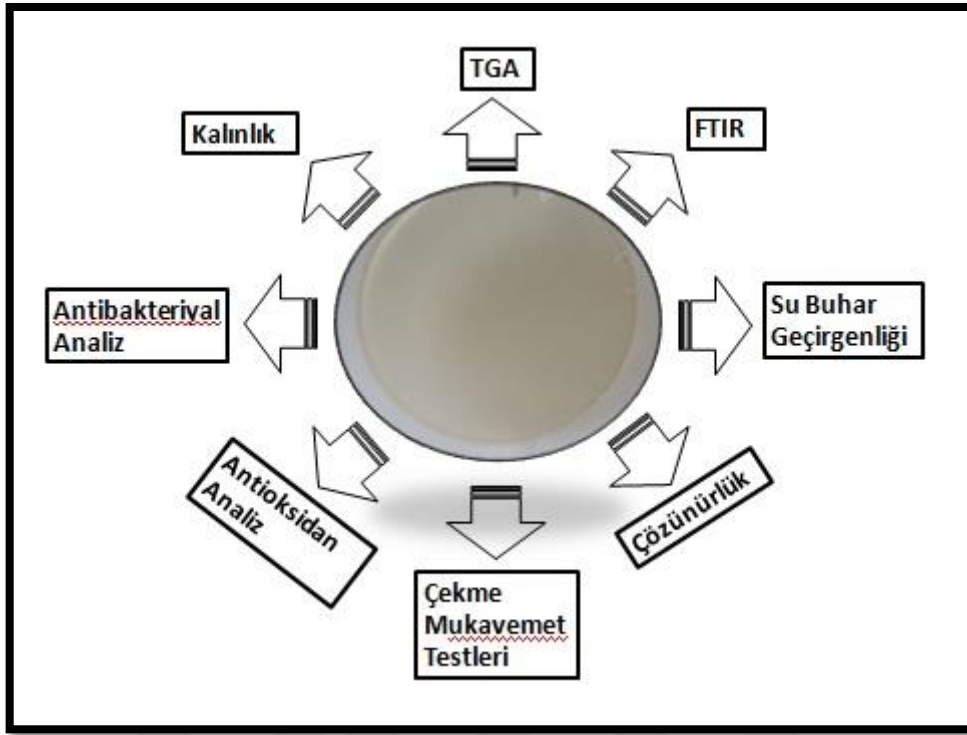
Çavdar unundan (%5 a/h) ve sorbitol, etilen glikol, sitrik asit (%40-100 (a/a un), saf su içerisinde homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır. Çözelti 90 °C’lik çalkalamalı su banyosunda yarım saat pişirildikten sonra çözelti 40 °C ye soğutulmuştur. Soğutulan çözeltinin içerisine 112 µm parçacık boyutlarında kudret narı kabuğu tozu (%25 ve 50 (a/a un)) eklenmiştir (Tablo 3.3). Kudret narı kabuğu tozunun ilavesiyle homojen olana kadar karıştırılmış ve solüsyonda hava kabarcığı kalmaması için 5 dak ultrasonik su banyosunda bekletilmiştir. Çözelti 90mmx8mm plastik petri kaplarına 20 g dökülerek 40 °C 24 saat etüvde kurutulmuştur.

Tablo 3.3. Kudret narı kabuğu tozu ile yapılan filmlerin formülasyonu

%Çavdar Unu (Ç)	%Sorbitol (Sor) %Sitrik Asit (Sit), %Etilen Glikol (EG)	%Kudret Narı Kabuğu Tozu (KN)
5	40	-
5	40	25
5	40	50
5	60	-
5	60	25
5	60	50
5	80	-
5	80	25
5	80	50
5	100	-
5	100	25
5	100	50

3.5. Hazırlanan Yenilebilir Filmlerin Karakterizasyonu

Yenilebilir filmler petrilerden soyulduktan sonra %50 bağıl nemde (Forney & Brandl, 1992) 25±2 °C ortamında yaklaşık 1 gün bekledikten sonra filmlerin analizleri yapılmıştır. Yenilebilir filme uygulanan analizler Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Yenilebilir filmin karakterizasyonu

3.5.1. Kalınlık

Filmlerin kalınlık ölçümünde ASİMETO 307-06-A model 0,001 mm hassasiyetli dijital mikrometre cihazından yararlanılmıştır. Ölçümler, 6 farklı bölgeden yapılmış ve ortalama değer opaklık ve su buhar geçirgenliği hesaplamalarında da kullanılmıştır (McHught & Krochta, 1994).

3.5.2. Opaklık

Filmlerin opaklığı, UV-1800 SHIMADZU marka cihaz kullanılarak 600 nm de absorbans değeri ölçülür ve bu değer film kalınlığına bölünmesiyle opaklık değeri bulunur (Nouraddini, Esmaili, & Mohtarami, 2018) (Denklem 3.1).

$$Opaklık = \frac{Abs}{x} \quad (3.1)$$

Burada; Abs 600 nm de absorbans değeri, x film kalınlığı (mm).

3.5.3. Su buhar geçirgenliği

Deney kapları olarak deney cam tüpleri kullanılmıştır. Deney kaplara 30 ml saf su konulmuş ve filmler 1.767 cm² lik yüzey alanına sahip I-CHEM kapaklara yerleştirilmiştir (Şekil 3.4). Hazırlanan deney kapları gliserol çözeltisi (25 °C, %50 bağıl nem) ile birlikte ortam

sıcaklığının 22 °C olduğu desikatöre konulmuştur. Deney kaplarının ağırlığındaki değişim zamana karşı ölçülmüştür. Tartımlar ± 0.0001 g duyarlılığa sahip hassas terazi kullanılarak yapılmıştır. Ağırlık, zaman, filmlerin kalınlığı ve basınç farkı kullanılarak su buhar geçirgenliği (SBG) hesaplanmıştır (Kocakulak, Sumnu, & Sahin, 2019) (Denklem 3.3).

$$SBG = \frac{\Delta m \cdot x}{A \cdot \Delta t \cdot \Delta P} \quad [\text{ng m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}] \quad (3.3)$$

x :Film kalınlığı (m)

A :Yüzey alanı (m²)

Δm :Değişen ağırlık (ng)

ΔP :Basınç farkı (Pa)

Δt :Zaman (h)



Şekil 3.4. Su buhar geçirgenlik analizi için hazırlanan deney düzeneği

3.5.4. Çözünürlük

Filmlerin su içerisindeki çözünürlüğü için film örnekleri 1x1 cm şeklinde kesilmiş ve ağırlıkları ± 0.0001 g duyarlılığa sahip hassas terazi kullanılarak başlangıç ağırlıkları not edilmiştir. Film örnekleri 40 ml saf suda oda sıcaklığında 24 saat sabit karıştırma hızı ile karıştırıcıda çözündürülmüştür. Çözelti filtre kâğıdı ile süzdürülmüş ve örnekler 70 °C’de sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Film örneğinin % çözünürlüğü (Denklem 3.4) ile hesaplanır (Colla & Menegall, 2006).

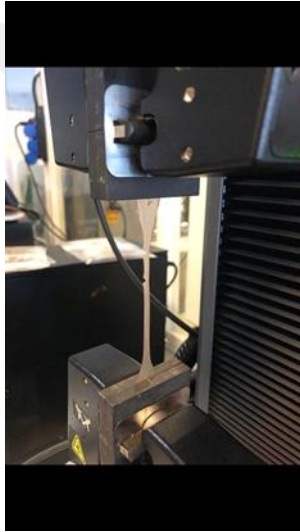
$$\% \text{ Çözünürlük} = \frac{(w_0 - w_t)}{w_0} * 100 \quad (3.4)$$

w_0 :Başlangıç örnek ağırlıkları (g)

w_t :Son kuru ağırlık (g)

3.5.5. Yenilebilir filmlerin mekanik özellikleri

Filmlerin yüzde uzama ve çekme mukavemetinin belirlenmesinde INSTRON 5944MTS modeli mekanik test cihazının ISO 527-2-5a standardı esas alınarak kopma anındaki mukavemet değerlerinin ve uzama değeri belirlenmiştir. ISO 527-2-5a standardına uygun olarak kesilen film örnekleri, cihazın iki çenesi arasına yerleştirilmiş ve 5 mm/dak çekme hızı ile çekilmiştir. Kopma anındaki mukavemet değerlerinin ve uzama değeri test cihazına bağlı bilgisayar programı yardımıyla hesaplanmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3.5. (a) ISO 527-2-5a standardına uygun kesilen filmin çekme testi analiz görüntüsü (b) yenilebilir filmin kopma anındaki görüntüsü

3.5.6. Yenilebilir filmlerin termogravimetrik analizi (TGA)

Filmlerin TGA eğrileri, PERKIN ELMER STA 6000 marka cihaz kullanılarak elde edilmiştir. Yaklaşık 5-10 mg numune tartılarak, 40-600 °C sıcaklık aralığında 10 °C/dak ısıtma hızı ve 50 ml/dak azot gazı altında filmlerin kütledeki değişimi ölçülmüştür (Rios & Flores, 2017).

3.5.7. Yenilebilir filmlerin fourier transform infrared spektroskopisi (FT-IR) analizi

Filmlerin yüzeylerinde bulunan fonksiyonel grupların aydınlatılması amacıyla Thermo Scientific Nicolet İS10 FTIR-ATR kullanılarak 4000-650 cm^{-1} dalga sayısı aralığında 16 kez taranarak yapılmıştır (Bahtimur & Tanyolaç, 2018).

3.5.8. Yenilebilir filmlerin antioksidan analizi

100 mg filmler 5 ml metanol ile 1 dak vortekste karıştırılmıştır. Daha iyi çözülebilmesi için 1 saat karanlık ortamda bekletilmiştir. Tekrar 1 dak vortekste karıştıktan sonra ekstraktan 0.1 ml deney tüpüne aktarılmış ve üzerine 0.56 mMol DPPH'nin metanoldeki çözeltisinden 3.9 ml ilave edilmiştir. Deney tüpleri 1 dak vorteks ile çalkalandıktan sonra yarım saat karanlıkta bekletilmiştir. Kontrol örneği olarak ekstrakt yerine aynı miktarda metanol kullanılmıştır. Süre bittiğinde 517 nm'de UV-Vis spektrofotometre kullanılarak metanole karşı absorbanans değerleri ölçülmüş ve Denklem 3.5 ile % inhibisyon hesaplanmıştır (Lei & Wu, 2019).

$$\% \text{ Inhibisyon} = \frac{(A_K - A_Ö)}{A_K} * 100 \quad (3.5)$$

A_K: Kontrol örneği absorbanansı

A_Ö: Örneklerin absorbanansı

3.5.9. Toplam fenolik madde analizi

100 mg filmler 5 ml saf su ile 1 dak vortekste karıştırılmıştır. Daha iyi çözülebilmesi için 1 saat karanlık ortamda bekletilmiştir. Tekrar 1 dak vortekste karıştıktan sonra ekstraktan 0.1 ml deney tüpüne alınmış, üzerine 0.5 ml (%10 suda) Folin- Ciocalteu reaktifi ve 1.5 ml %20 (a/h suda) Na₂CO₃ ilave edilmiş ve 2 saat oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletilmiştir. Süre bittiğinde 750 nm'de distile suya karşı okuma yapılmıştır.

Toplam fenolik madde miktarı gallik asit eşdeğeri cinsinden hesaplanmıştır (EK-1).

3.5.10. Taramalı elektron mikroskop (SEM)

Filmlerin yüzeyleri, “Anadolu Üniversitesi Bitki, İlaç ve Bilimsel Araştırmalar Uygulama Merkezi” (AÜBİBAM) tarafından HITACHI TM3030 Plus Masaüstü Tip Taramalı Elektron Mikroskobu cihazıyla önce 30 saniye altın kaplama ile kaplandıktan sonra 15 kV işlem koşulunda 0.5k, 1k ve 2.5k büyütme oranları ile incelenmiştir.

3.5.11. Yenilebilir filmlerin antimikrobiyal aktivitesinin belirlenmesi

Hazırlanan yenilebilir filmlerin Gram (-) *Escherichia coli* ATCC 25922, Gram (+) *Bacillus subtilis*, Gram (+) *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 gibi bakterilere karşı gösterilen antimikrobiyal aktivitesini görebilmek için “Disk Difüzyon” yöntemi kullanılmıştır. İlk olarak kültürden öze yardımı ile alınan mikroorganizmalar sıvı besi ortamına aşılanmıştır. 35 °C de 12 saat inkübasyonda bırakılmıştır. İnkübasyondan sonra kültür yoğunluğunun McFarland 0,5 bulanıklık standart değerine ulaşması için aşılana sıvı besiyer ile kültürün absorbanansı 400 nm de 0,4'e ayarlanmıştır. Yoğunluğu ayarlanmış kültürden agar katı besi

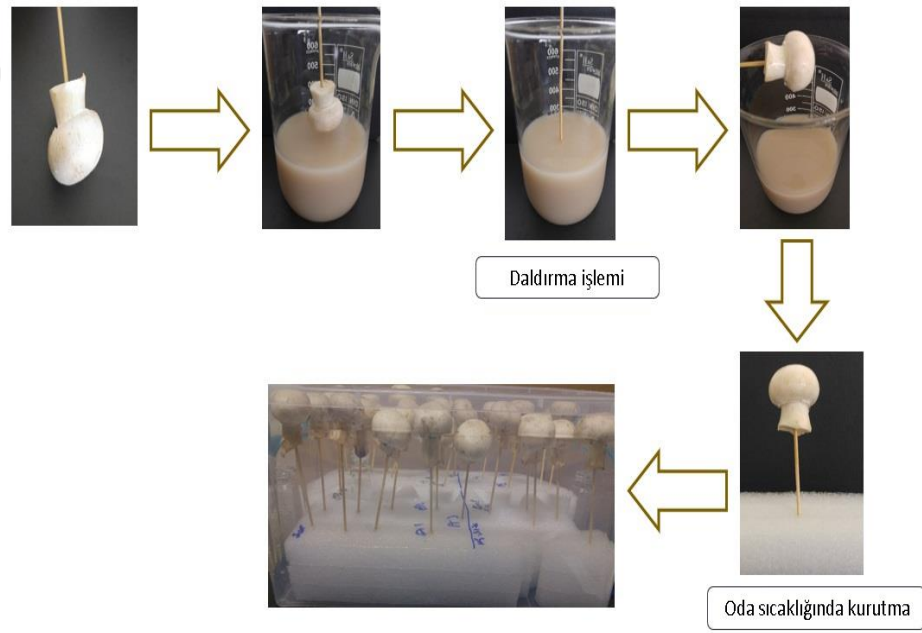
yüzeyine 100 mikrolitre ekim yapılmıştır. Son olarak filmlerden kesilen 1 cm çaplı diskler ekim yapılan petrilere yerleştirilerek petri kapakları alta gelecek şekilde 35 ± 2 °C’ de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda disklerin etrafında oluşan inhibisyon zonları ölçülmüştür.

3.6 Mantarların Yenilebilir Film ile Kaplanması

Mantarlara yenilebilir film formülasyonu iki farklı yöntem ve iki farklı ortam sıcaklığında uygulanmıştır.

3.6.1. Daldırma yöntemi ile mantarların kaplanması

İlk olarak daldırma yöntemi: Yenilebilir film solüsyonu (aynı miktarlarda (%60 a/a un) farklı plastikleştiriciler (sorbitol ve sitrik asit), hazırlandıktan sonra mantarlar film solüsyona 1 dak daldırılmıştır. Oda sıcaklığında kurutuldu (Şekil 3.6). Hazırlanan kaplanmış/ kaplanmamış mantarlar ve %50 bağıl nem solüsyonları saklama kabın içerisine yerleştirilir ve saklama kabın kapağı stretch film ile kapatılır. ± 4 °C (buzdolabı) ve ± 24 °C (oda sıcaklığında) depolama alanına alınır. 21 gün boyunca depolama alanında bekletildi ve belirli günlerde analizler (fizikokimyasal, mikrobiyolojik) yapılmıştır.

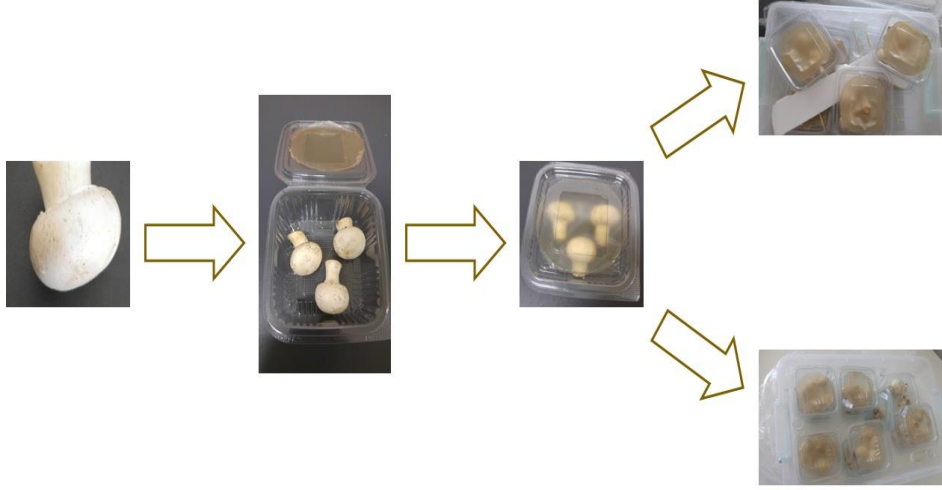


Şekil 3.6. Mantarların daldırma yöntemi ile kaplanması

3.6.2. Üretilen Filmlerin Paketleme Malzemesi Olarak Uygulanması

Bir diğer uygulama yöntemi de üretilen filmlerin ambalaj malzemesi olarak kullanılmasıdır. Kapaklı plastik kapların kapağı ortasından dikkatlice kesilmiştir. Plastik kabın içerisine mantarlar yerleştirilir ve kapaklarına, oluşturulan yenilebilir filmler yerleştirilir,

kapakları kapatılır (Rodriquez & Espitia, 2020). Saklama kapları %50 bağıl nem ortamında bekletilir (Şekil 3.7). Daldırma yönteminde olduğu gibi ± 4 ve ± 24 °C sıcaklığında bulunan depolama alanına alınmıştır.



Şekil 3.7. Mantarların paketlenme yöntemi ile kaplanması

3.7 Mantarlara Uygulanan Analizler

3.7.1. Ağırlık kaybı

4 ± 1 °C buzdolabında ve 24 ± 1 °C oda sıcaklığında bulunan kaplanmış ve kaplanmamış mantarların belirli günlerde gravimetrik olarak ± 0.0001 g duyarlılığa sahip hassas terazi kullanılarak % olarak Denklem 3.6 ile hesaplanmıştır (Salama & Aziz, 2021).

$$\% \text{ Ağırlık Kaybı} = \frac{(m_0 - m_i)}{m_0} * 100 \quad (3.6)$$

m_0 :Depolama başlangıcındaki ağırlığı (g)

m_i :Belirtilen günlerin ağırlığı (g)

3.7.2. pH, Suda Çözünür Kuru Madde, İndirgeyici Şeker ve Protein İçeriği Analizi

Suda çözünür kuru madde, indirgen şeker, protein tayini için öncelikle ön aşama hazırlanmıştır.

Ön aşama için: Parçalanmış 4 g mantar 20 ml distile su ile 1 dak vorteks ile karıştırılmıştır. Karışım ardından filtre kağıdından süzildükten sonra elde edilen sıvı analizlere tabi tutulmuştur.

Suda çözünür kuru madde (SÇKM)

Filtre ile ayrılan sıvı süzöntü refraktometre cihazının haznesine 2-3 damla damlatılarak suda çözünür kuru madde (SÇKM) değerleri belirlenmiştir (Li & Hu, 2009).

pH

SÇKM’de kullanılan örneklerin parçalanarak elde edilen süzüntüden pH- metre kullanılarak ölçülmüştür (Demir & Demirdöven, 2019).

İndirgeyici şeker analizi

İndirgeyici şeker konsantrasyonunu belirlemek için 3,5-dinitrosalicylic asit (DNSA) yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle DNS stok çözeltisi hazırlanmıştır.

DNSA stok çözeltisi hazırlanması: 100 ml DNSA çözeltisi için, 70 ml saf su içerisine 1 g NaOH alınır ve manyetik karıştırıcıda karıştırılır. 27 g Potasyum Sodyum Tartarat eklenerek karıştırma işlemi devam edilir, 1 g 3,5-dinitrosalicylic acid (DNSA) tozu ilave edilir. En son 0.2 g fenol kristal eklenir ve hacmi 100 ml’ye saf su ile tamamlanır. 4 °C buz dolabında bekletilir (EK-2).

İndirgeyici şeker analizine başlarken DNS çözeltisine %0.05 sodyum sülfid eklenir ve karıştırılır. Deney tüplerine 0.2 ml numune ve 0.3 ml DNS alınır. 97 °C’ de 5 dak sıcak su banyosunda bekletilir. 5 dak sonunda buzlu suya konur. Spektrofotometre de okumadan önce tüplere 0.5 ml distile su eklenir ve 1 dak vorteks de karıştırılır. 540 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunur.

İndirgeyici şeker konsantrasyonu standart olarak kullanılan 0,5 mg/ml glukoz cinsinden hesaplanmıştır (EK-2).

Protein İçerik Analizi

Protein konsantrasyonunu belirlemek için Bradford (Coomassie Brilliant Blue) yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle Bradford stok çözeltisi hazırlanmıştır.

Bradford stok çözeltisi hazırlanması: 1 litre için; öncelikle 500 mg Coomassie Brilliant Blue G-250’yi 250 ml %95 etanol içinde çözülür, sonrasında 500 ml %85 (a/h) fosforik asit eklenir. Hazırlanan solüsyon analiz yapılana kadar 4 °C buz dolabında bekletilir. Analizden bir gün önce 1 litreye seyrelterek iyice karıştırılır ve sonra ki gün analize tabii tutulur (EK-3).

Deney tüplerine 0.2 ml numune ve 0.3 ml distile suyu alınır. Üzerine 1 ml Bradford çözeltisinden eklenir ve 1 dak vorteks de karıştırılır. 10 dak oda sıcaklığı ve karanlıkta bekledikten sonra 595 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunur. Standart olarak 0.05 mg/ml sığır serum albümini (bovine serum albumin) kullanılarak hesaplanmıştır (Xu & Fang, 2019) (EK-3).

3.7.4. Kahverengileşme (Esmerleşme Oranı) Analizi

Esmerleşme oranı Li (2009) yapmış olduğu gibi 2 g mantar ve 5 ml etanol ile karıştırıl sonrasında 4000 rpm’de 10 dk santrifüj edildi ve berrak kısmı filtre kâğıdı ile süzöldükten sonra analize tabi tutulmuştur. 420 nm dalga boyunda absorbands değeri okunmuştur (Li & Hu, 2009).

3.7.5. Toplam Fenolik Madde Analizi

Homojenize hazırlamak için 2 g mantar üzerine 5 ml metanol ilave edilerek karıştırıldı. Karışım 24 °C’ de ve 4000 rpm’de 10 dak santrifüj edildi ve berrak kısmı filtre kâğıdı ile süzöldükten sonra deney tüplerine 0.1 ml ekstraktan alınarak üzerine 0.25 ml (%10 v/v suda) Folin-Ciocalteu reaktifi eklenerek 5 dak oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletilmiştir. Süre bittiğinde tüplere 0.75 ml (%20 a/h suda) Na₂CO₃ ilave edildi ve 1 dak vortekste karıştırılmıştır. 2 saat oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletilmiştir. Süre bittiğinde filtreden geçirerek spektrofotometrede 760 nm dalga boyunda absorbands değeri metanole karşı okunmuştur. Toplam fenolik madde miktarı gallik asit eşdeğeri cinsinden hesaplanmıştır (Liu J. , 2019) (EK-4).

3.7.6. Sertlik Ölçümü

Mantarların sertlik ölçümü için Gy-3 meyve sertlik ölçer penetrometre kullanılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Gy-3 meyve sertlik ölçer penetrometre

3.7.7 İstatiksel değerlendirme

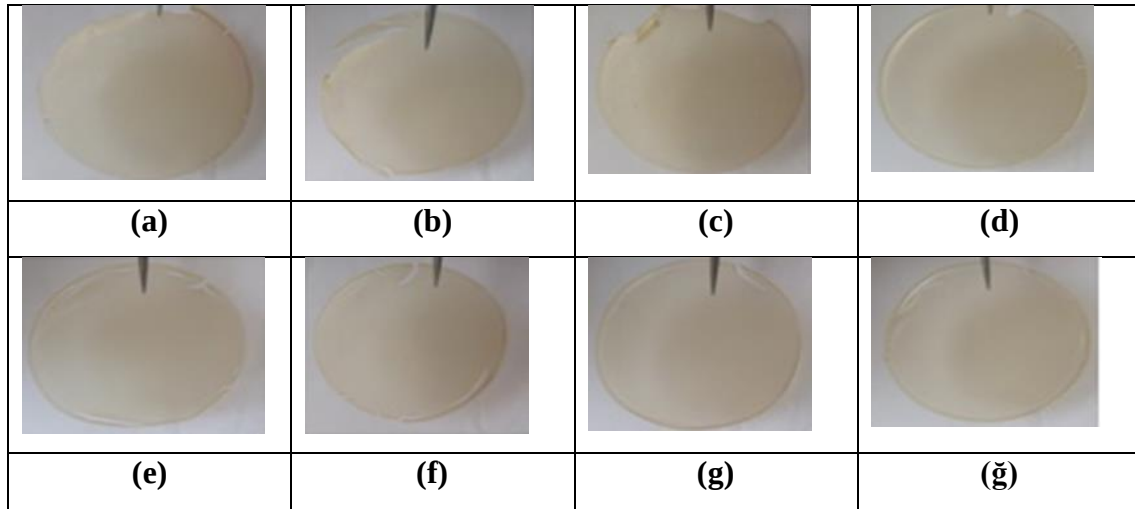
Bu tez çalışmasında yapılan analizler en az 3 tekrar olacak şekilde gerçekleşmiştir. Veriler ortalama±standart sapma olarak yer almıştır. Tüm veriler tek yönlü ANOVA varyans analizine tabi tutulmuştur.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALARDAN ELDE EDİLEN SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Yenilebilir Filmlerin Görsel Özellikleri

Çavdar unu kullanılarak farklı konsantrasyonda ve birçok plastikleştiriciler ile yenilebilir film üretimi gerçekleştirildi. Yenilebilir film üretiminde ham materyal ve çözücü olması yeterlidir. Ancak, filmin içerisinde bulunan yapılarda hidrojen bağları, elektrostatik kuvvetler, hidrofob ve disülfür gibi bağlar moleküller arası gibi etkileşimlerde kırılabilir yapıya sahip olmuş olur (Turgut & Kartal , 2021). Bundan ötürü filmi esneklik sağlamak, kırılabilirliğini önlemek için plastikleştiriciler ilave edilir. Ancak her plastikleştirici aynı etkiyi göstermez. Bunun nedeni film oluşturulan malzemelerin birbiri ile moleküler arası etkileşim sağlayamamasıdır

Çavdar unu ve farklı plastikleştiriciler ile oluşturulan filmler incelendiğinde sorbitol, gliserol, sitrik asit ve etilen glikol ile üretilen filmler yapışkan ve kırılabilir değil sağlam yapıdadır ve petriden kolayca soyulabilmiştir (Şekil 4.1). Yüzeylerinde kabarcık ve çatlak gözükmemektedir. Bu nedenle sorbitol, gliserol, sitrik asit ve etilen glikol ile üretilen filmlerin analizleri yapılmıştır.



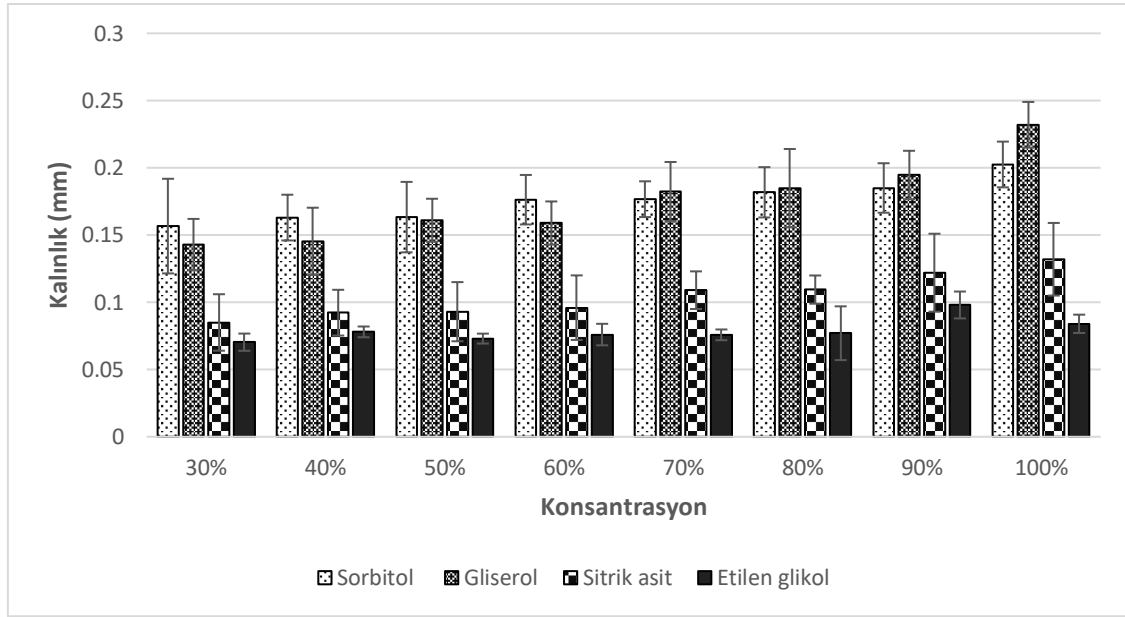
Şekil 4.1. Farklı konsantrasyonlu (a): %30 (a/a un) etilen glikol (EG), (b): %40 (a/a un) glikol (EG), (c): %50 (a/a un) etilen glikol (EG), (d): %60 (a/a un) etilen glikol (EG), (e): %70 (a/a un) etilen glikol (EG), (f): %80 (a/a un) etilen glikol (EG), (g): %90 (a/a un) etilen glikol (EG), (ğ): %100 (a/a un) etilen glikol (EG) yenilebilir filmlerin görüntüsü

4.2.Farklı Plastikleştiriciler ile Hazırlanan Filmlerin Karakterizasyonu

4.2.1. Filmlerin Kalınlık, Opaklık, Su buhar Geçirgenliği, Çözünürlükleri ve SEM

4.2.1.a. Kalınlık

Çavdar unu ve farklı plastikleştiriciler (sorbitol, gliserol, sitrik asit ve etilen glikol) ile yapılmış filmlerin kalınlık değerleri Şekil 4.2' de gösterilmiştir. Film kalınlığını etkileyen faktörler; film oluşturmada kullanılan materyallerin mikroyapısı, film oluşumundaki sıcaklık, film homojenliği, kurutma koşulları ve bağıl nem gibi faktörlerdir (Kozlu & Elmacı, 2020). Sonuçlara genel olarak bakıldığında plastikleştiricilerin miktarlarının artması kalınlık değerlerini arttırmıştır. Bunun nedeni plastikleştiricilerin içerikleri moleküler yapılarının nem absorbe ederek şişmesi olarak değerlendirilebilmektedir.



Şekil 4.2. Farklı plastikleştiricilerin kalınlık değerleri (mm)

Gliserol ile yapılan filmlerin kalınlıkları $0,143 \pm 0,019$ ile $0,23 \pm 0,017$ mm arasında değişmiştir ($p < 0,05$). Literatürde gliserol ile yapılan filmlerin kalınlık değerleri ile uyushmaktadır. Tablo 4.1 literatürde verilen sonuçlar gösterilmektedir ve tabloyu incelediğimizde, elde ettiğimiz kalınlık değerleri; patlıcan unu, chia unu ve mavi mısır unları ile yapılan filmlerinin kalınlık değerlerine yakın çıkmıştır (Esmaili & Nouraddini, 2018) (Dick & Pagno, 2016) (Solano & Gante, 2014). Ancak pinhao unu ile yapılan filmlerin kalınlık değerlerinden yüksek çıkmıştır (Daudt & Avena-Bustillos, 2016). Ayrıca Drakos (2018) çavdar unu ve gliserol ile yaptığı film kalınlık değerleri, yapmış olduğumuz filmlerin kalınlığından yüksek değer bulduklarını bildirmişlerdir. Bunun nedeni kullanılan materyalin farklı partikül boyutlarında olması ve film oluşumundaki proseslerinin farklılıktan kaynaklanmaktadır. Yaptığımız çalışmalarda sorbitol ile oluşturulan filmlerin kalınlıkları $0,156 \pm 0,035$ ile $0,20 \pm 0,017$ mm arasında değerler elde edilmiştir ($p < 0,05$). Bu sonuçlar sorbitol ve gliserollü filmlerin kalınlık değerlerinin birbirine yakın olduğunu göstermektedir. Solano (2014) tarafından yapılan çalışmada mavi mısır unu kullanılarak elde edilen filmlerde de gliserol ve sorbitollü filmlerin kalınlık değerlerinin yakınlığı gözükmemektedir (Solano & Gante, 2014).

Elde ettiğimiz diğer sonuçlar ise etilen glikol ile yapılan film kalınlık değerlerinin $0,070 \pm 0,0064$ ile $0,098 \pm 0,01$ mm arasında çıkmıştır ($p < 0,05$). Vanin (2005)' de yapmış olduğu çalışmada jelatin ve etilen glikol ile yaptığı filmlerin kalınlıklar değerleri bakıldığında elde ettiğimiz değerlere yakın olduğu gözükmemektedir (Vanin & Sobral, 2005).

Çalışmamızda elde ettiğimiz sitrik asitli filmlerin kalınlığı $0,085 \pm 0,021$ ve $0,132 \pm 0,027$ mm arasındadır ($p < 0,05$). Literatürde plastikleştirici olarak sitrik asidi kullanılarak yapılan filmler pek bulunmamaktadır. Marron (2019) yaptığı çalışmada sitrik asit, sodyum aljinat ve gliserolün birleştirilmesi ile yapmış olduğu filmler yer almaktadır. Bu filmlerin kalınlık değerleri için ortalama $0,0574 \pm 0,0071$ mm olduğu yazılmıştır (Marron, 2019).

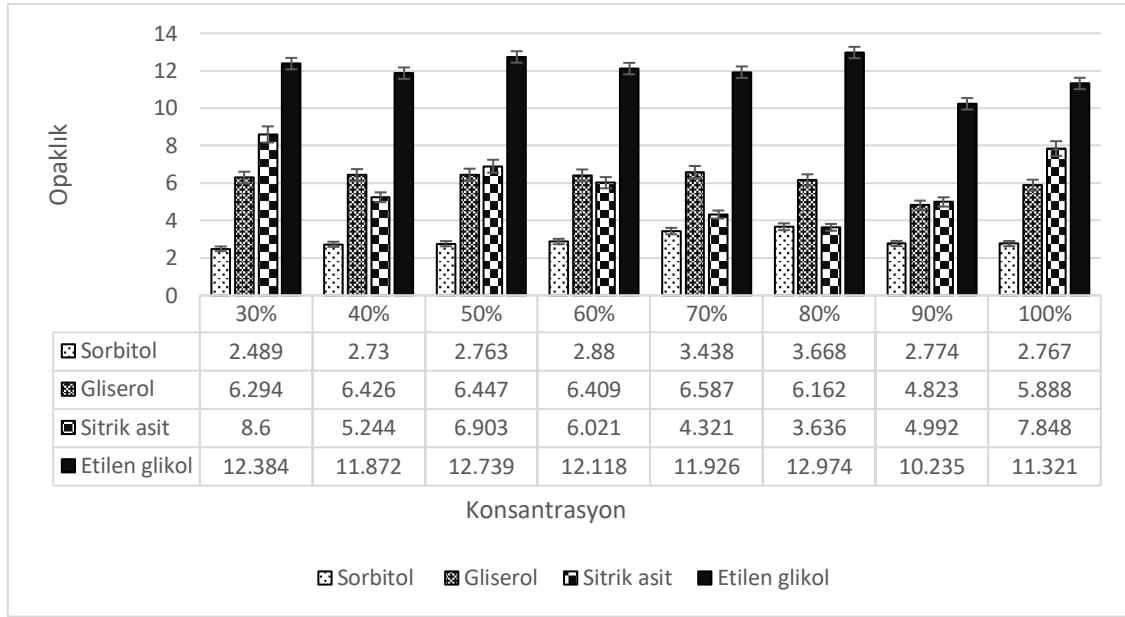
Tablo 4.1. Literatürde yapılan çalışmaların kalınlık değerleri

Ana materyal		Plastikleştirici		Kalınlık (mm)	Referans
Patlıcan un	%6 a/h su	Gliserol	%36 (a/a un)	$0,217 \pm 0,002$	(Esmaili & Nouraddini, 2018)
Çavdar unu	%5 a/h su	Gliserol	0,5 g/g un	$0,69 \pm 0,04$	(Drakos, Pelava, & Evageliou, 2018)
			1 g/g un	$0,73 \pm 0,03$	
Pinhao un	%5 a/h su	Gliserol	%20 a/a un	$0,050 \pm 0,001$	(Daudt & Avena-Bustillos, 2016)
			%30 a/a un	$0,057 \pm 0,001$	
			%40 a/a un	$0,053 \pm 0,002$	

Chia un	%6 a/h su	Gliserol	%1 a/h	0,247± 0,014	(Dick & Pagno, 2016)
Mavi mısır un	3 g 50 ml etanol (%70 h/h)	Gliserol	0,3 g/g un	0,199±0,004	(Solano & Gante, 2014)
			0,35 g/g un	0,193±0,003	
			0,4 g/g un	0,201±0,002	
		Sorbitol	0,3 g/g un	0,206±0,018	
			0,35 g/g un	0,196±0,011	
			0,4 g/g un	0,199±0,007	
Jelatin	2 g jelatin/ 100 ml su	Etilen glikol	10 g etilen glikol/ 100 g jelatin	0,052±0,001	(Vanin & Sobral, 2005)
			20 g etilen glikol/ 100 g jelatin	0,057±0,001	
			30 g etilen glikol/ 100 g jelatin	0,057±0,004	

4.2.1.b. Opaklık

Yenilebilir filmlerin saydamlığını belirlemek amacıyla opaklık değerleri önemli bir parametredir. Opaklık değerleri yüksek olan yenilebilir filmler, gıdayı güneş ışığından korumak amacıyla tercih edilirken; opaklık değeri düşük olan yenilebilir filmler ise gıdanın görsel kalitesini ön plana çıkarmak için tercih edilir. Opaklığı etkileyen parametreler; filmin kalınlığı, film üretimi ve bileşenlerinin homojen dağılımı ve materyallerin miktarlarıdır (Yaylı & Turhan, 2017) (Erdoğan & Mazlum, 2020) (Sarıcaoğlu & Turhan, 2018). Çavdar unu ve farklı plastikleştiriciler (sorbitol, gliserol, sitrik asit ve etilen glikol) ile yapılmış filmlerin opaklık değerleri Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Farklı plastikleştiricilerin opaklık değerleri

En düşük opaklık değeri sorbitol ile yapılan filmlerde 2,489- 3,668 arasında çıkmıştır. Literatürde filmlerin opaklığı ile bildirilen sonuçlar Tablo 4.2’de verilmiştir. Tablo 4.2 incelendiğinde patlıcan unu ve pinhao unlarının opaklık değerleri arasında büyük fark olduğu tespit edilmiştir. Bu da kullanılan materyallerin opaklık değerleri üzerindeki etkisini göstermektedir. Yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz gliserollu filmlerin opaklık değerleri literatürdeki opaklık değerleri arasında yer almaktadır (Esmaili & Nouraddini, 2018) (Daudt & Avena-Bustillos, 2016). Farhan (2017) yapmış olduğu çalışmada yarı rafine karagenan tozu ve sorbitollu filmlerin de opaklık değerleri 3,63 ile 3,83 arasında çalışmamızda bulduğumuz sonuçlara yakın çıkmıştır. Ayrıca çalışmamızın devamında gliserollu filmlerin opaklığı sorbitollu filmlerin opaklığından yüksek çıkmış Farhan (2017) nin yaptığı çalışmada da yüksek çıktığı gözükmiştir (Farhan & Hani, 2017). Çalışmamızda en yüksek opaklığa sahip filmler ise etilen glikol ile yapılan filmler 10,23 – 12,74 arasında değerler çıkmıştır.

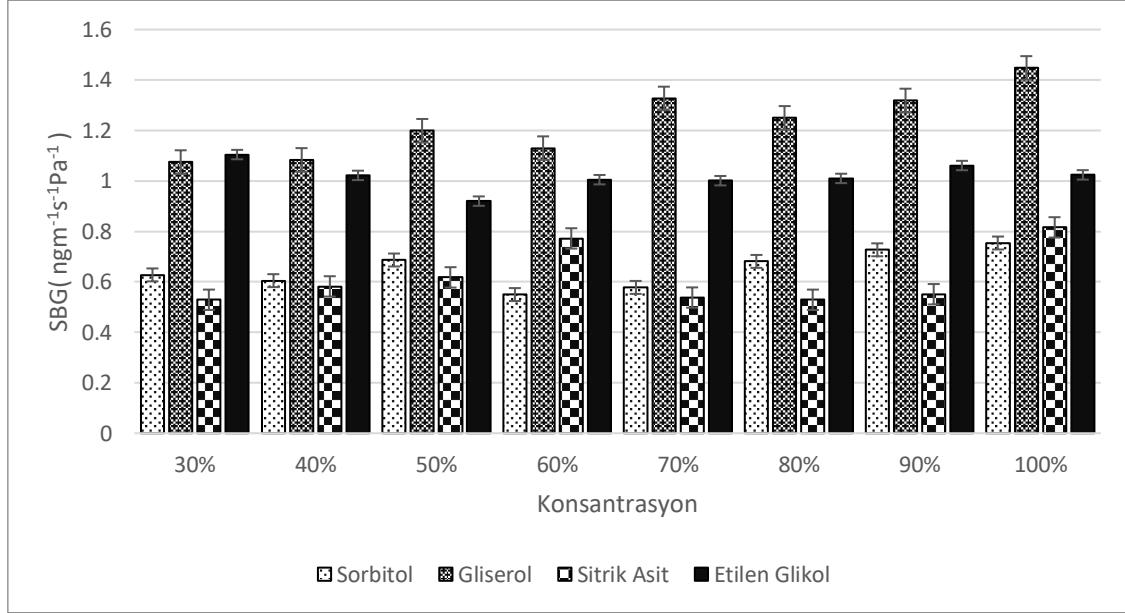
Tablo 4.2. Literatürde yapılan çalışmaların opaklık değerleri

Ana materyal		Plastikleştirici		Opaklık	Referans
Patlıcan unu	%6 a/h su	Gliserol	%36 a/a un	1,04±0,23	(Esmaili & Nouraddini, 2018)
Pinhao unu	%5 a/h su	Gliserol	%20 a/a un	10,3±0,20	(Daudt & Avena-Bustillos, 2016)
			%30 a/a un	10,10±0,3	
			%40 a/a un	9,2±0,2	
Yarı rafine karagenan tozu	%2 a/a su	Gliserol	%20 a/a karagenan tozu	4,47±0,26	(Farhan & Hani, 2017)
			%25 a/a karagenan tozu	4,28±0,05	
			%30 a/a karagenan tozu	4,02±0,08	
		Sorbitol	%20 a/a karagenan tozu	3,83±0,15	
			%25 a/a karagenan tozu	3,76±0,06	
			%30 a/a karagenan tozu	3,63±0,12	

4.2.1.c. Su buhar geçirgenliği (SBG)

Su buhar geçirgenliği, yenilebilir filmin uygulanmasında büyük önem taşır. Bunun nedeni; suyun, gıdada ve gıda yüzeyinde kahverengileştirme, enzim aktivitesinin artması, mikroorganizmaların büyümesi gibi doku değişimlerine neden olmasıdır. Su buhar geçirgenliğini etkileyen en önemli parametreler; filmin kalınlığı, ortamın bağıl nemi, ortam sıcaklığı ve formülasyona ilave edilen materyallerdir. Yaptığımız çalışmalarda kalınlık arttıkça su buhar geçirgenliğinin arttığı gözlemlenmiştir. Film kalınlığının su buhar geçirgenliğine olan etkisi için yapılan çalışmalarda makromolekül yapısında su buharı sorpsiyona bağlı olarak

şışme meydana gelebileceğinden ve kurutma hızındaki değişikliklerin sebep olduğundan bahsedilmiştir (Fıratlıgil & Evranuz, 2000). Su buhar geçirgenliğinin artmasında film kalınlığının etkisinin yanında kullanılan plastikleştiricilerin miktarları ile de artış gösterdiği yaptığımız çalışmalarda (Şekil 4.4) ve literatürde belirlenmiştir (Vanin & Sobral, 2005).



Şekil 4.4. Farklı plastikleştiricilerin su buhar geçirgenliği($\text{ngm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$)

Yaptığımız çalışmada gliserol ile yapılan yenilebilir filmlerin su buhar geçirgenliği $1,074 \pm 0,02 \text{ ngm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$ ile $1,448 \pm 0,002 \text{ ngm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$ arasında değerlerde çıkmıştır. Tablo 4.3 literatür çalışmalarında bazı filmlerin su buhar geçirgenlik değerleri gösterilmiştir. Sablanı (2009)'ın elma kabuğu tozu ve gliserol ile oluşturduğu filmlerde bu aralıkta benzer değerlere ulaştığı gözükmetedir (Sablanı & Dasse, 2009). Ancak diğer çalışmalarda, patlıcan ve amaranth unu, jelatin içeren filmler gibi, oldukça düşük su buhar geçirgenliği rapor edilirken, soya proteini içeren filmlerde yüksek değerlere ulaşıldığı belirtilmiştir (Esmaili & Nouraddini, 2018) (Brandenburg, Weller, & Testin, 1993). Kullanılan ana materyalin farklılığından su buhar geçirgenlik değerleri değişmektedir. İçeriğinde polar madde fazla bulunan protein ve polisakkarit gibi materyaller ile yapılan filmlerin gaz geçirgenliği düşük iken, su buhar geçirgenliği yüksektir. Apolar hidrokarbon içeren lipid gibi materyallerde ise zıttı gözükür (Çağrı & Mehmetoğlu, 2010).

Vanin ve Sobral'ın (2005) gliserol ve etilen glikol ile yaptığı jelatin içeren filmlerin su buhar geçirgenlik değerleri birbirine yakın çıkmakla beraber gliserol içeren filmlerin su buhar geçirgenlik değerleri yüksek çıkmıştır (Vanin & Sobral, 2005). Yaptığımız çalışmada da

gliserol ve etilen glikol içeren yenilebilir filmleri kıyasladığımızda; etilen glikol filmlerin su buhar geçirgenliği $0,92 \pm 0,01 \text{ ng m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ ile $1,104 \pm 0,003 \text{ ng m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ arasında değişmekte ve gliserollu düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Amaranth unu ile yapılan çalışmada su buhar geçirgenliğinin sorbitollu filmlerde gliserollu filmlerden düşük olduğu gösterilmiştir (Blacido & Sobral, 2011). Benzer şekilde, çavdar unu bazlı kompozitlerimizin sorbitollu filmlerinde minimum $0,5496 \pm 0,031 \text{ ng m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ ile maksimum $0,754 \pm 0,19 \text{ ng m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ arasında değerler çıkmış, gliserol içeren filmlerden oldukça düşük geçirgenlik sergilemişlerdir. Sonuç olarak; su buhar geçirgenliğinde gliserollu filmler en yüksek değerlerde çıkarken sitrik asitli filmler ise en düşük su buhar geçirgenliğine sahiptir ($p < 0,05$).

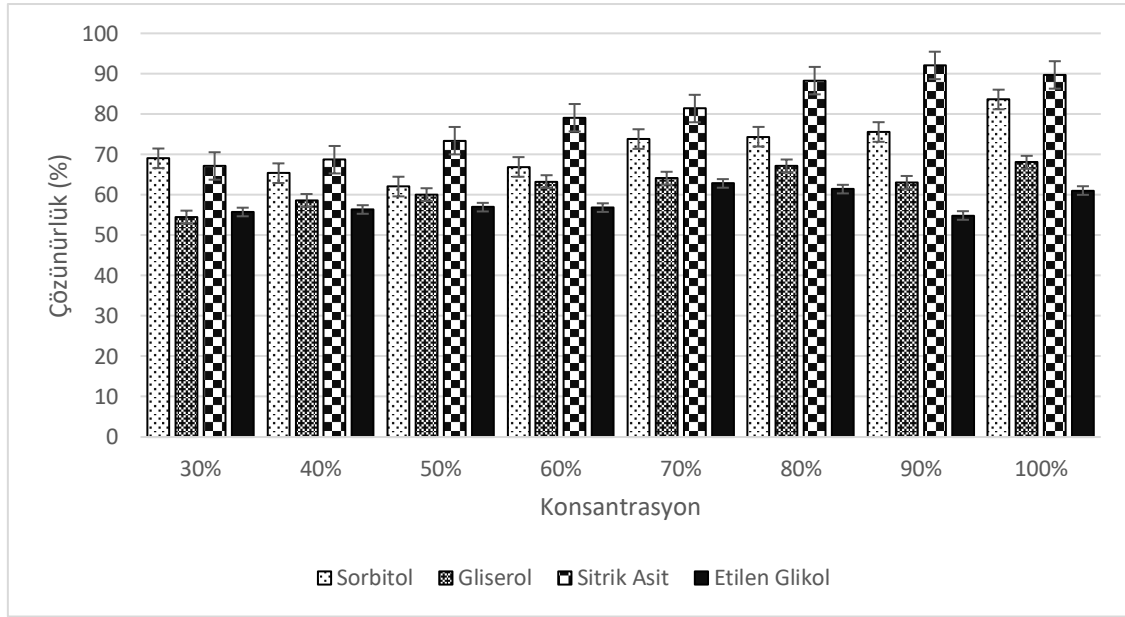
Tablo 4.3. Literatürde yapılan çalışmaların su buhar geçirgenliği ($\text{ng m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$)

Ana materyal		Plastikleştirici		SBG ($\text{ng m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$)	Referans
Patlıcan unu	%6 a/h su	Gliserol	%36 a/a un	$0,75 \pm 0,00$	(Esmaili & Nouraddini, 2018)
Soya proteini	%5 a/h su	Gliserol	%3 a/h su (pH: 6-12)	3,04 - 1,79	(Brandenburg, Weller, & Testin, 1993)
Elma kabuğu tozu	%3 a/a su	Gliserol	%23 a/a elma kabuğu tozu	$1,16667 \pm 0,42$	(Sablanı & Dasse, 2009)
			%33 a/a elma kabuğu tozu	$1,802 \pm 1,96$	
			%44 a/a elma kabuğu tozu	$1,719 \pm 1,34$	
Amaranth unu	%4 a/h su	Gliserol	20,02 g gliserol/100 g un	$0,38 \pm 0,22$	(Blacido & Sobral, 2011)
		Sorbitol	29,5 g gliserol/100 g un	$0,31 \pm 0,2$	

Jelatin	2 g jelatin/ 100 ml su	Gliserol	10 g gliserol/ 100 g jelatin	0,082±0,94	(Vanin & Sobral, 2005)
			30 g gliserol/ 100 g jelatin	0,134±0,17	
		Etilen glikol	10 g etilen glikol/ 100 g jelatin	0,08667±0,45	
			30 g etilen glikol/ 100 g jelatin	0,1278±0,99	

4.2.1.d. Çözünürlük

Yenilebilir filmlerinin kullanım alanına göre suda çözünürlük değerleri önemlidir. İkinci bir ambalajlama yapılacaksa gıda ile tüketilebilmesi amacıyla çözünürlük değeri yüksek olan filmler tercih edilir. Fakat yenilebilir filmi sadece gıda yüzeyine korumak, raf ömrünü uzatmak amacıyla, tek başına ambalaj olarak tercih ediliyorsa suda geç çözünen filmlerin kullanımı daha uygundur (Soo & Sarbon, 2018). Yaptığımız çalışmada ana materyal olarak kullandığımız çavdar ununun; içermiş olduğu protein ve çözünür liflerden, yapısında bulunan hidrofilik gruplarının varlığından su molekülleri arasında etkileşim oluşmuştur. Bundan dolayı un ile yapılan yenilebilir filmlerin genellikle çözünürlük değerleri yüksektir (Nouraddini, Esmaili, & Mohtarami, 2018). Çavdar unu ve farkı plastikleştiriciler ile yapılmış filmlerin çözünürlük değerleri Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Şekilde de anlaşıldığı gibi plastikleştiricilerin yapı farklılıklarından dolayı, çözünürlük değerleri hepsinde farklı çıkmıştır. Ancak hepsinde konsantrasyon miktarının artması çözünürlüğü arttırmıştır. Filmler 24 saat oda sıcaklığında suda bekletilerek çözünürlük analizi yapılmasından dolayı filmler parçalanmış ve kullanılamayacak hale gelmiştir. Fakat sitrik asitli filmde suda parçalanma fazlayken etilen glikollü filmde az gözlemlenmiştir.



Şekil 4.5. Farklı plastikleştiricilerin içeren çavdar unu bazlı filmlerin, saf suda ve oda sıcaklığında 24 saat sonra ölçülen % çözünürlük değerleri

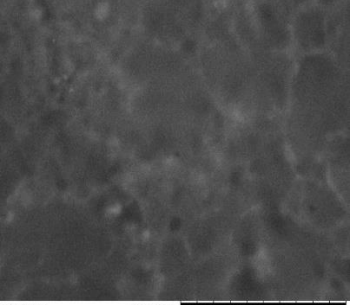
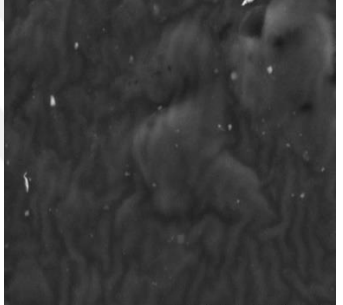
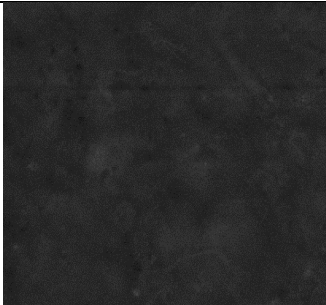
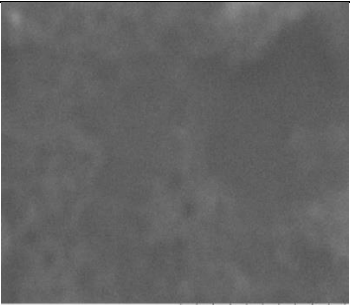
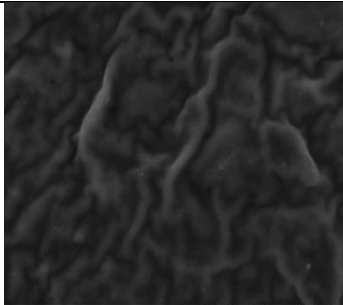
Gliserollü filmlerin çözünürlük değerleri $54,49 \pm 6,45$ ve $68,07 \pm 1,96$ arasında çıkmıştır ($p < 0,05$). Esmaili ve Nouraddini'nin (2018) yaptığı çalışmada patlıcan ununun çözünürlüğü $82,60 \pm 0,75$ değerinde çıktığı bildirilmiştir (Esmaili & Nouraddini, 2018). Chia ununda gliserol miktarının ($\%1$ a/h) düşük olmasından dolayı çözünürlüğün de $25,57 \pm 0,54$ değerinde düşük olduğu belirtilmiştir (Dick & Pagno, 2016). Literatürde ve yaptığımız analizlerde gliserollü ve sorbitollü filmlerin çözünürlük değerleri birbirine yakın olduğu gözükmemektedir (Blacido & Sobral, 2011). Benzer şekilde, gliserol ve etilen glikollü filmlerin çözünürlükleri de birbirine yakın değerler bulunmuştur (Vanin & Sobral, 2005). Sonuç olarak, farklı plastikleştiriciler arasında çözünürlük değerleri bakıldığında sitrik asitli filmlerin en yüksek sonrasında sorbitollü ve gliserollü film ve en az çözünürlüğe sahip etilen glikollü film olduğu çıkmıştır. Plastikleştiricilerin miktarları arttıkça filmlerin çözünürlükleri artmıştır. Çözünürlüğü etkileyen faktörler plastikleştiricilerin moleküler yapısı, çavdar unu ve su ile birleştiğinde oluşturduğu yapıdır.

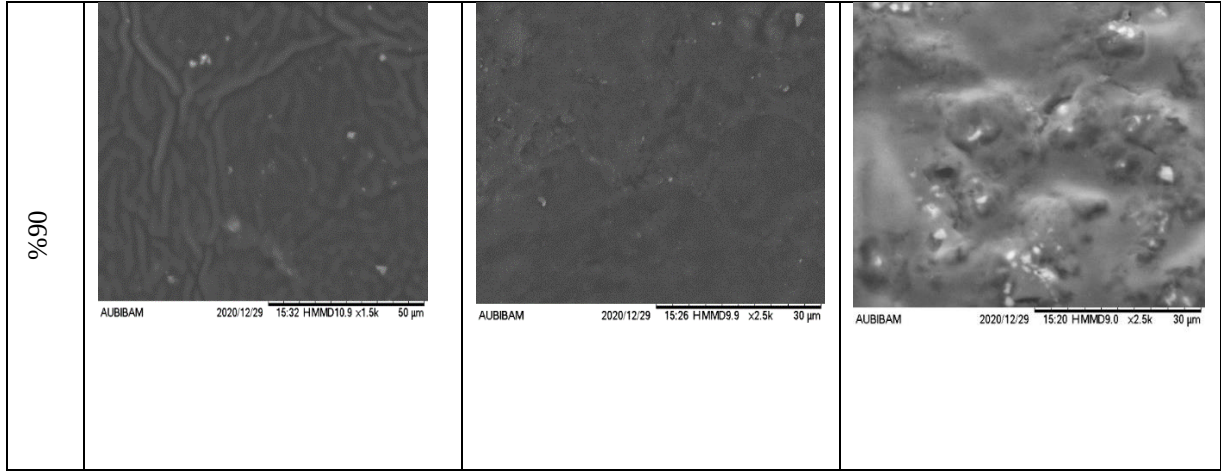
4.2.1.e. SEM

Farklı plastikleştiriciler ile hazırlanan filmlerin SEM görüntüleri Tablo 4.4'de verilmiştir. Numunelerin yüzey morfolojisini incelemek amacıyla filmlerin parlak yüzeyleri kullanılmıştır. Sorbitol, sitrik asit ve gliserol ile oluşturulan bütün filmlerde gözenek ve çatlak içermeyen homojen yapılar sahip olduğu gözükmemektedir. Yüksek miktarda eklenen gliserol ile üretilen

filmlerde bazı şişmiş nişasta granülleri görülmektedir. Çavdar ununun içerdiği polimer matrisinde (nişasta, protein, lipidler ve lifler) birden fazla makromolekülün bulunması ile protein-nişasta gibi bileşenlerle ilgili olup filmleri hazırlamak için kullanılan koşullar altında tamamen jelatinleşmediğini göstermektedir. Bulduğumuz sonuçlar literatür ile eşleşmektedir (Drakos, Pelava, & Evageliou, 2018) (Garcia & Grossmann, 2014) (Pelissari & Menegalli, 2013) (Dias & Laurindo, 2010).

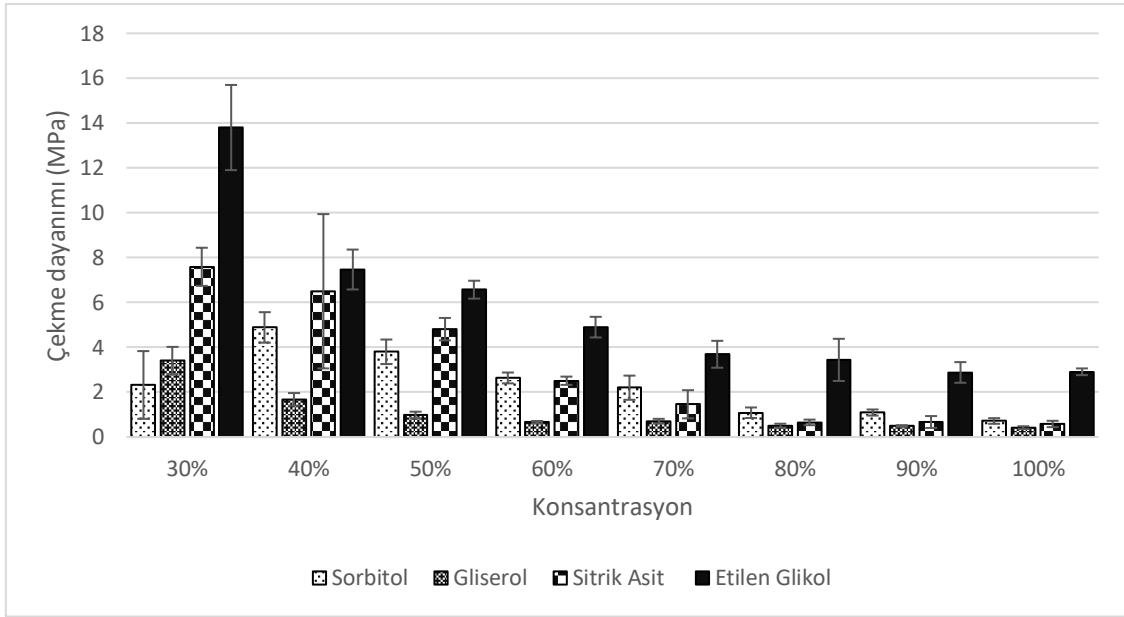
Tablo 4.4. Farklı plastikleştiricilerin SEM görüntüleri

	Sorbitol	Sitrik asit	Gliserol
%40			
%60			



4.2.2. Filmlerin Mekanik Özellikleri

Yenilebilir filmlerde mekanik özelliklerinin önemi, bu filmlerin aynı zamanda gıda da koruyucu görevini üstlenmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Taşıma esnasında basınç ya da sarsıntı gibi dış etkenlerden oluşacak fiziksel zararlardan gıdanın korunması gerekmektedir (Akşehir & Dervişoğlu, 2013). Filmlerin mekanik özelliklerini iyileştirmede plastikleştiriciler büyük rol oynamaktadırlar. Yaptığımız ölçümlerde etilen glikollü filmlerin çekme dayanımı en yüksek çıkarken (%30 EG (a/a un) için 13,8 MPa), ardından sitrik asit (%30 Sit (a/a un) için 7,6 MPa), gliserol (%30 EG (a/a un) için 3,41 MPa) ve en düşük çekme dayanımı sorbitollu (%30 EG (a/a un) için 2.3 MPa) filmlerde görülmüştür (Şekil 4.6). Çekme dayanımı etkileyen faktörler de çavdar unu, su ve plastikleştirici ile oluşturduğu yapısal bütünlüğün gücüdür. Plastikleştiricilerin artmasıyla çekme dayanımı azalmaktadır. Bunun nedeni düşük derişimli plastikleştirici içeren filmlerde çavdar unu ve plastikleştiricinin-molekülleri arasında oluşan güçlü hidrojen bağlarının, plastikleştirici miktarı arttıkça zayıflamasından kaynaklanır. Aynı etkiler ana materyal olarak un yerine nişasta kullanımında da gözlenmiştir (Hazrati & Sapuan, 2021).



Şekil 4.6. Farklı plastikleştiriciler içeren çavdar unu bazlı filmlerin çekme dayanımının artan plastikleştiriciyle değişimi (MPa)

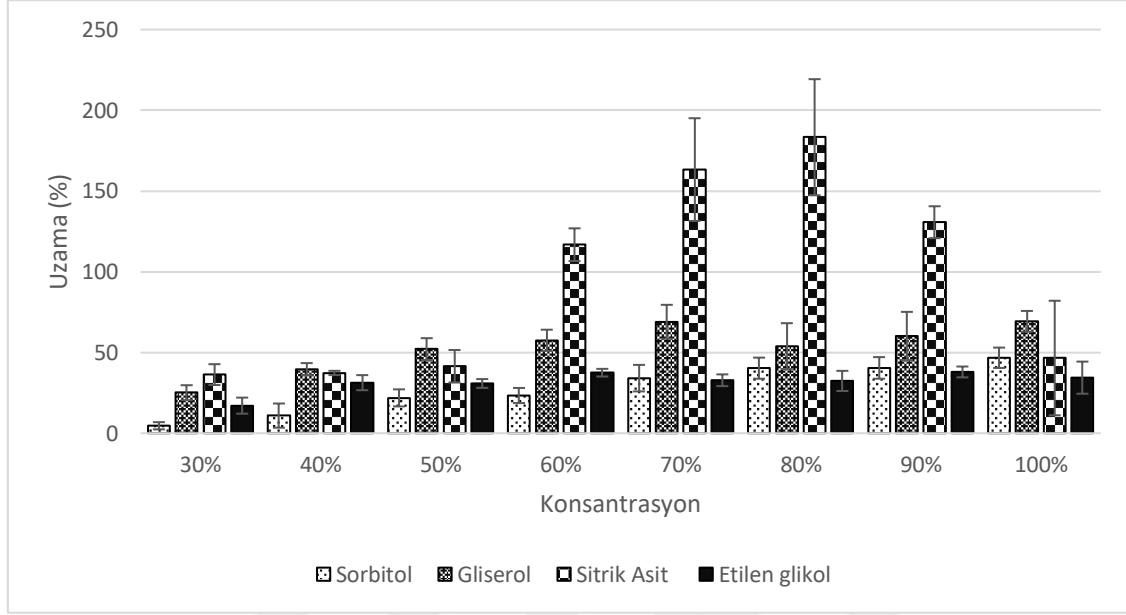
Etilen glikol ile oluşturulan filmlerin çekme dayanımının diğerlerine nazaran yüksek olması; petriden soyulurken kaba yapışmaması ve kuru olmaması gibi gözlemler söz konusu plastikleştiricinin un ile güçlü etkileşim oluşturduğu ve moleküler arası bağların yüksek olduğunu göstermektedir. Lee ve Kuo'nun (2015) yapmış olduğu çalışmada da poliüretan ve etilen glikol ile üretilen filmde çekme dayanımını $2,3 \pm 0,2$ ile $10,7 \pm 1,1$ arasında çıkmıştır (Lee & Kuo, 2015).

Sorbitollu filmin çekme dayanımı gliserollu filmde fazla çıkmıştır. Solano ve Gante'nin (2014) mısır unu ile yaptığı çalışmada da sorbitollu filmin gliserollu filmde çekme dayanımı fazla bulmuştur (Solano & Gante, 2014).

Park (2005) yapmış olduğu nişasta/ polivinil alkol (PVA) ile plastikleştiricisi olarak gliserol, sorbitol ve sitrik asit (%10,20,40 ve 50) eklenerek yapılan filmlerin çekme dayanımı ve % uzama analizleri yapılmıştır. Çekme dayanımı grafiği incelendiğinde plastikleştirici konsantrasyonu arttıkça çekme dayanımı yaptığımız analiz sonuçları gibi azaldığı görülmektedir (Park & Chough, 2005).

Filmlerin mekanik özelliklerinden bir diğeri de kopma anındaki % uzama değeridir. Genel olarak çekme dayanımı azaldıkça % uzama artar (Şekil 4.7). Yaptığımız çalışmada sitrik asitli filmlerin % kopma uzamasını minimum %30 (a/a un) sitrik asitli filmlerde $36,31 \pm 6,45$ ile maksimum %80 (a/a un) sitrik asit içeren filmde $183,34 \pm 35,93$ olarak ölçülmüştür. %90

ve 100 (a/a un) sitrik asitli filmlerde azalma gözükmiştir ($p<0,05$). Bunun nedeni sitrik asidin miktarının fazla olmasıyla beraber unun içeriğindeki proteinlerin denature olması polisakkaritlerin asiditeden etkilenecek yapılarının bozulması, homojen dağılımı etkilemiş ve filmin bütünlüğünü zayıflatmış olabilir.



Şekil 4.7. Farklı plastikleştiriciler içeren çavdar unu bazı filmlerin kopma anındaki uzama (%) değerlerinin artan plastikleştirici miktarına bağlı değişimi

Sitrik asitli filmlerden sonra kopma uzaması gliserollü filmlerde yüksek ($25,12\pm4,63$ - $69,3\pm6,44$) değerlerde gözükmiştir ($p<0,05$). Bu değerler Solano ve Gante'nin (2014) mavi mısır unu ve gliserol ile yaptığı filmlerdeki % uzama ölçümlerine benzerlik göstermiştir (Solano & Gante, 2014). Ancak Daudt ve Avena-Bustillos (2016) pinhao unu ve gliserol ile yaptığı filmlerin sonucundan yüksek çıkmıştır (Daudt & Avena-Bustillos, 2016). Kopma anındaki % uzamayı etkileyen faktörler; kullanılan materyallerin kimyasal yapı değişiklikleri, film oluşum süresindeki homojenleştirme değişiklik ve sıcaklıkları, bağıl nem ve bağıl nemde bekleme süresinin farklılığı gibi etkenler bulunmaktadır.

Sorbitol ile yaptığımız filmlerin % kopma uzaması $4,632\pm2,23$ ile $46,738\pm6,297$ değerleri arasında çıkmıştır ($p<0,05$). Benzer sonuçlar Suppakul (2013) manyok unu ve sorbitol ile yaptığı filmlerin sonuçlarında yer almıştır. Etilen glikol ile hazırlanan filmlerin çekme dayanımı fazla olması uzamada oldukça etkilemiş ve en düşük kopma uzaması etilen glikol ile hazırlanan filmlerde gözükmiştir.

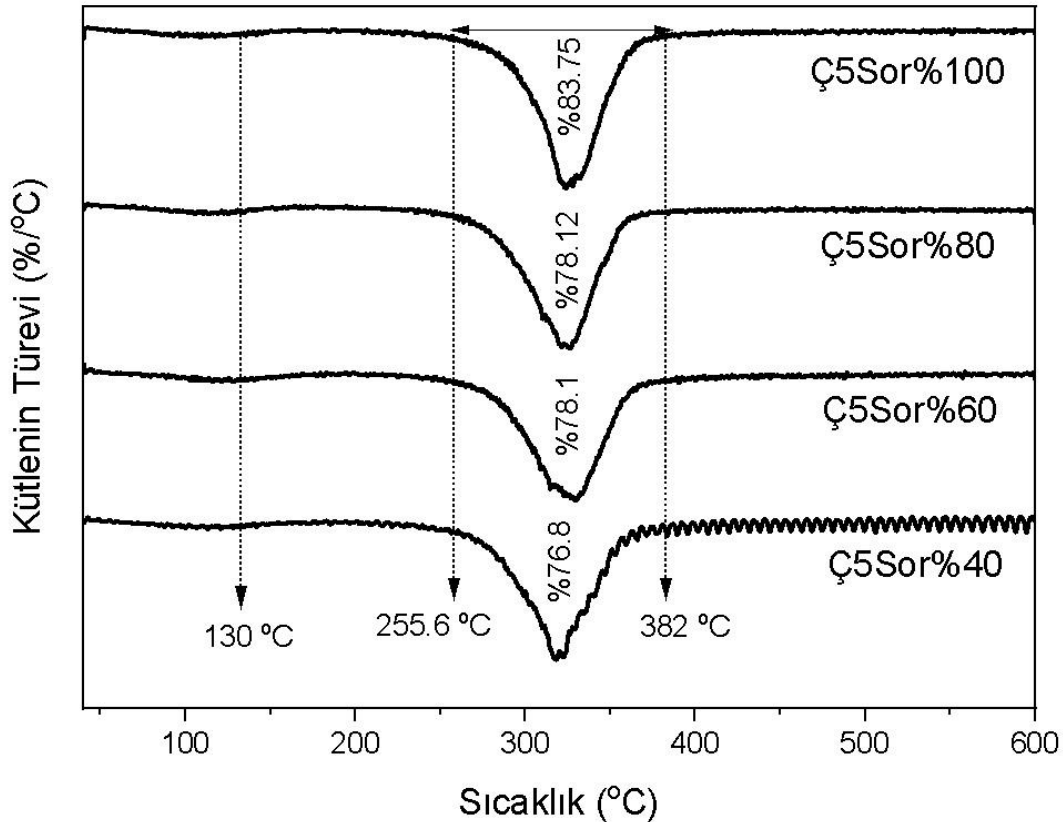
Park (2005) yaptığı nişasta/ polivinil alkol (PVA) ile plastikleştiricisi olarak gliserol, sorbitol ve sitrik asit (%10,20,40 ve 50) eklenerek yapılan filmlerin % uzama analizini grafiği

incelendiğinde de plastikleştirici konsantrasyonu arttıkça % uzama artmıştır. Ayrıca % uzama sitrik asitte yüksek çıkmış, ardından sorbitol ve en düşük gliserollü filmler olduğu bildirilmiştir. Bu bildirimler elde ettiğimiz sonuçlara benzerlik göstermiştir (Park & Chough, 2005).

4.2.3. TGA Termogramlarının Yorumlanması

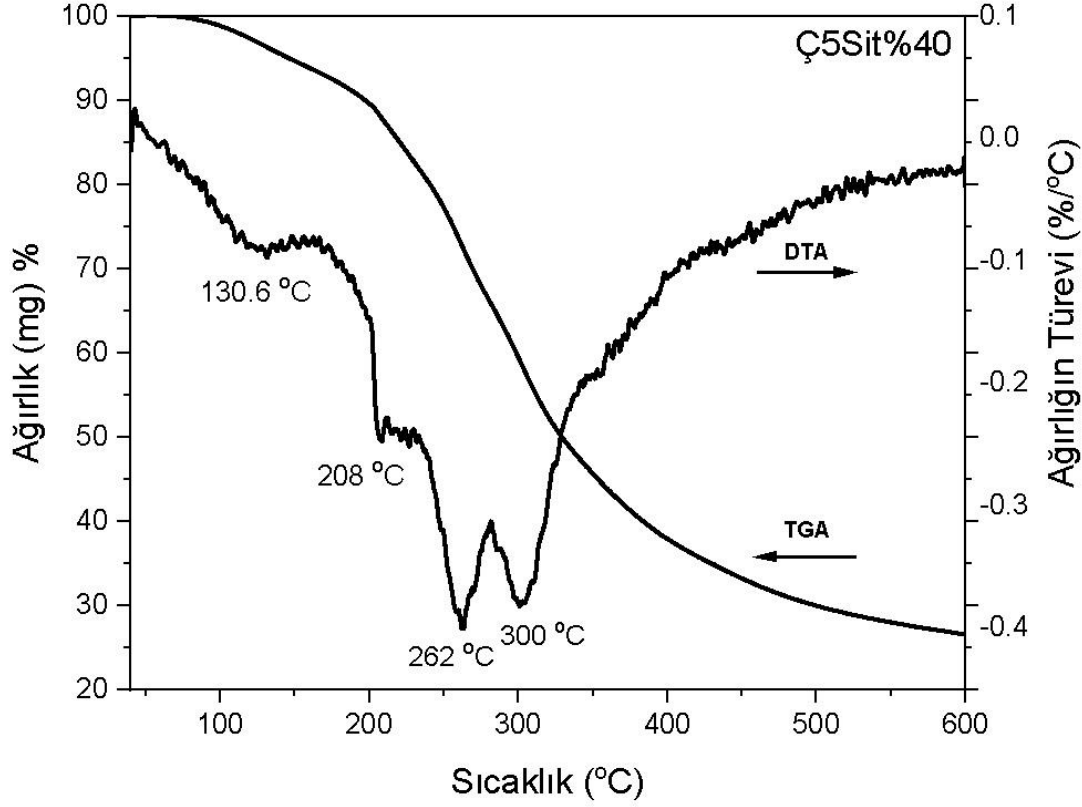
Termogravimetrik analiz (TGA), filmlerin sıcaklık artışı ile gösterdiği kütle değişimidir. Genellikle ilk aşamada 0-150 °C arasında gerçekleşen kütle kaybı suyun buharlaşmasından kaynaklanmaktadır. İkinci aşamada kararlı olmayan oksijen içeren fonksiyonel gruplar, düşük moleküllere sahip plastikleştirici, protein, polisakkarit bileşenlerin bozulmasıdır. Üçüncü aşamada ise yüksek moleküllü bozulmalardan kaynaklanmaktadır (Vargas & Costa, 2017).

Şekil 4.8’ de farklı miktarlar da sorbitol eklenerek oluşturulan filmlerin sıcaklığa bağlı ağırlık değişimlerin birinci türevleri verilmiştir. İlk pik 0-130 °C arasında gözlenmiş, filmin yapısındaki suyun buharlaşmasını ifade etmekle beraber, filmin kütlesindeki yaklaşık %4 – 6 ağırlık kaybını göstermektedir. İkinci pik sorbitolun ve çavdar unun yapısının bozulmasını belirtmiş ve 255-382 °C sıcaklık değerleri arasında çıkmıştır. Kaybedilen kütle yüzdesi, sorbitolun konsantrasyonu ile artış göstermiştir. Bu durum bozunan miktarın, sorbitol miktarı ile etkileşimde olduğunu göstermektedir. Kalan ağırlık miktarı ikinci pikte gözükken artışın tersine azalmıştır. Yaklaşık %10-15 arasında ağırlık kalmıştır.



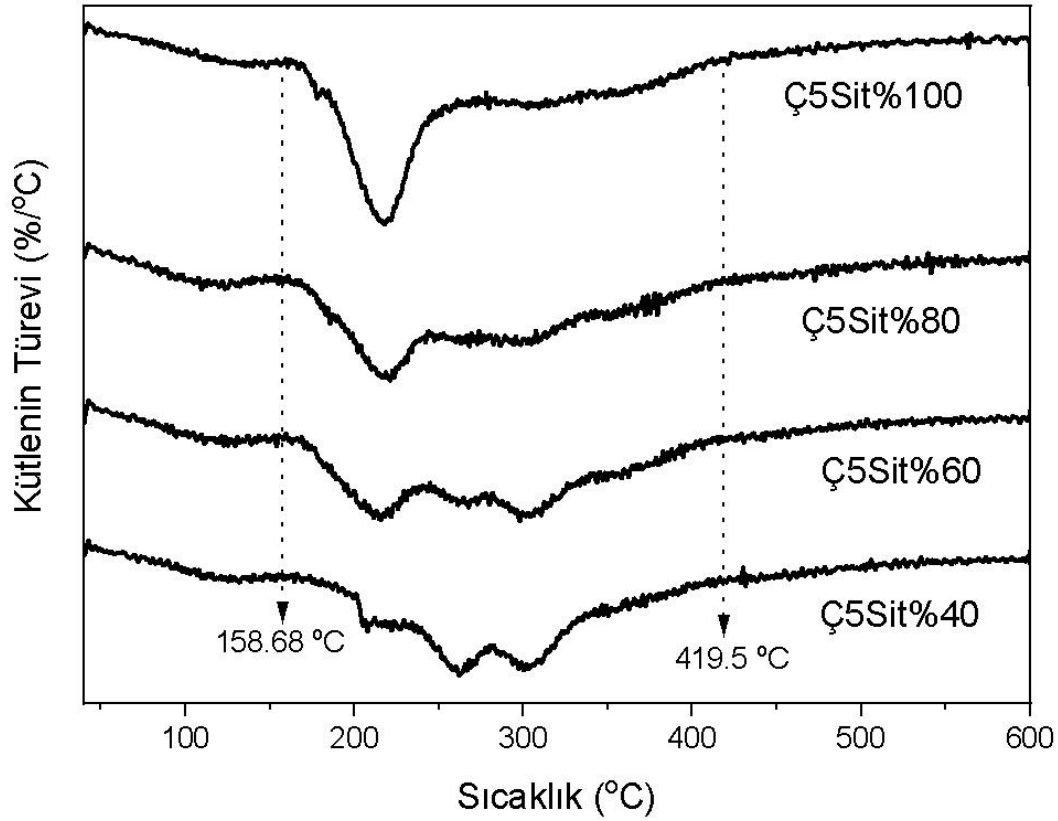
Şekil 4.8. Farklı konsantrasyonlarda sorbitol içeren filmlerin (%40-60-80-100 (a/a un)) termogravimetrik türev eğrileri

%40 (a/a un) sitrik asit içeren çavdar unu bazlı filmin sıcaklığa bağlı ağırlık ve birinci türevindeki kütle değişimi Şekil 4.9’ da gösterilmiştir.



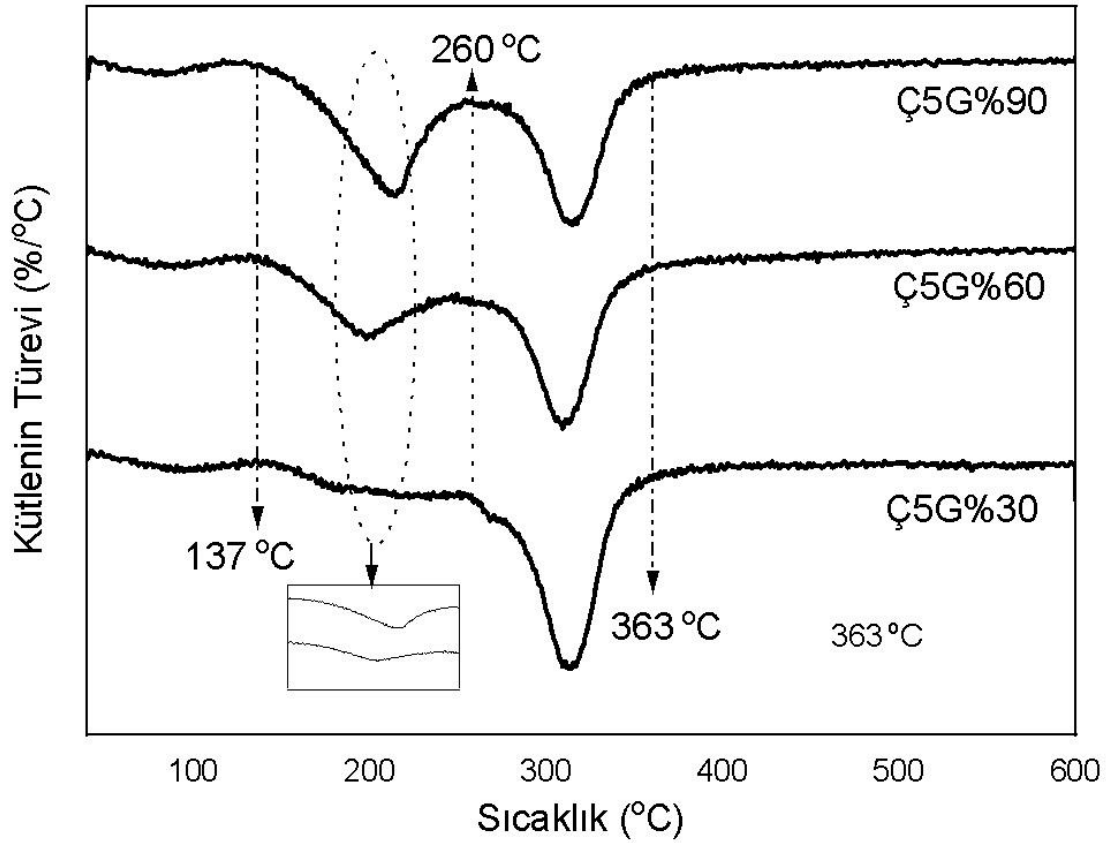
Şekil 4.9. %40 (a/a un) Sitrik asit içeren filmin Termogravimetrik analiz (TGA) ve birinci türev eğrileri

Farklı miktarlarda sitrik asit eklenerek oluşturulan filmlerin sıcaklığa bağlı ağırlık değişimlerinin birinci türevleri Şekil 4.10’de verilmiştir. Suyun buharlaştığı sıcaklık 100-150 °C arasında %7-12 arasında ağırlık kaybı gözlemlenmiştir. Bu değerler sorbitollu filmlerden daha geç sıcaklıkta kaybettiğini göstermiştir. İkinci bozunma sıcaklıkları sitrik asitli bütün filmlerde yakın çıkmıştır. Sorbitollu filmlerde olduğu gibi, kaybedilen ağırlık yüzdesi sitrik asidin miktarının artmasıyla artmıştır. Ayrıca, kalan miktarlar sitrik asit derişimi ile azalırken, sorbitollu filmlerde kalan miktardan fazla çıkmıştır. Sitrik asit ve sorbitollu filmlerin ikinci bozunma pikleri kıyaslandığında, sitrik asitli filmlerin bozunum sıcaklık aralığı sorbitollu filmlerden daha geniş olduğu ve kütle kaybının da sorbitollu filmlerden az olduğu görülmüştür.



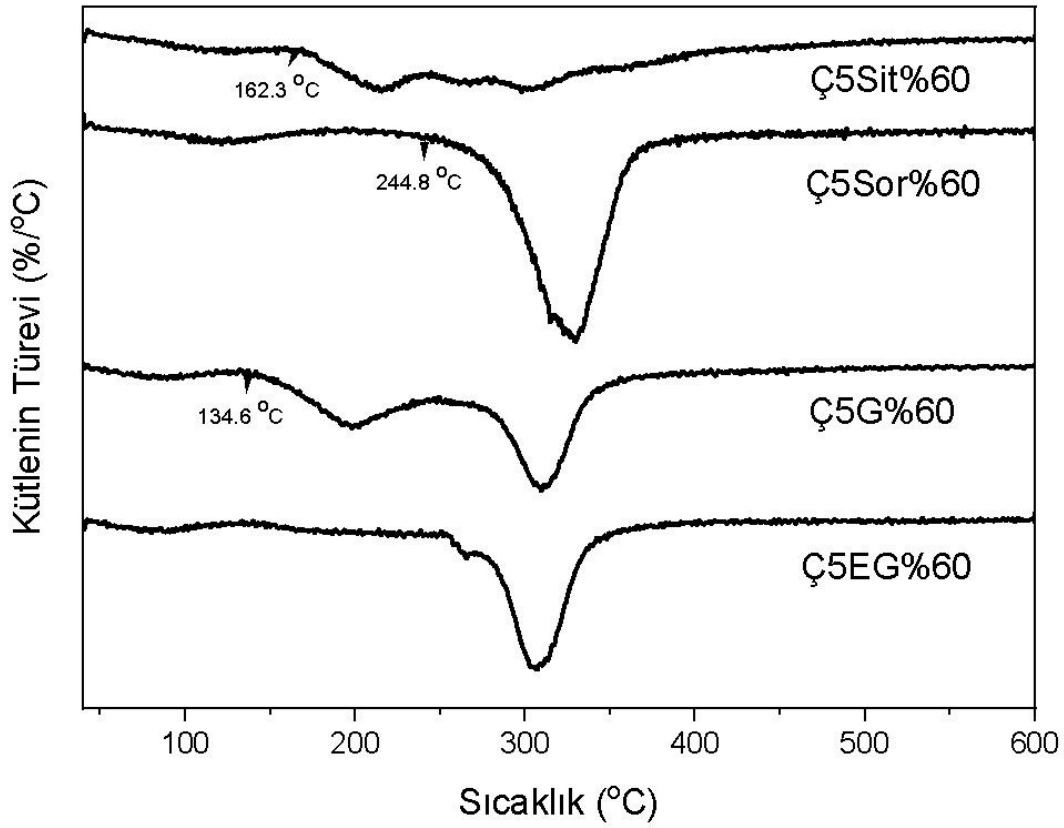
Şekil 4.10. Farklı konsantrasyonlarda sitrik asit (%40-60-80-100 (a/a un)) kütlenin türev eğrileri

Farklı miktarlarda gliserol eklenerek oluşturulan filmlerin sıcaklığa bağlı ağırlık değişimlerin birinci türevleri Şekil 4.11’de verilmiştir. 110-120 °C arasında suyun buharlaşması ile %5-6 arasında ağırlık kaybı görülmüştür. İkinci kütle kaybı 220°C civarında tespit edilmiş ve gliserolün buharlaşması yanı sıra un proteinlerindeki amino gruplarının kovalent bağların kırılmasını işaret etmektedir (Sharma & Singh, 2016). Bir sonraki aşama diğer filmlerde de gözlemlenen çavdar ununun bozunma pikidir. Kalan % ağırlık miktarı %12-21 arasındadır.



Şekil 4.11. Farklı konsantrasyonlarda gliserol (%30-60-90 (a/a un)) kütlenin türev eğrileri

Aynı derişimde sorbitol, sitrik asit, gliserol ve etilen glikol ihtiva eden çavdar unu yenilebilir filmlerinin sıcaklığa bağlı ağırlık değışimlerinin birinci türevleri Şekil 4.12’de gösterilmiştir. İlk kütle kaybının başladığı sıcaklık önemlidir çünkü; filmin moleküler yapısı hakkında, önemli bilgiler vermektedir. Genelde, ilk ağırlık düşüşü filmdeki su moleküllerinin uzaklaşmasıyla gözlemlenmektedir ve yüksek sıcaklıkta gerçekleşmesi su miktarının azlığı ile ilişkilendirilmektedir (Gheribi & Khwaldia, 2018). Aynı koşullarda muhafaza edilen filmlerin bağladığı su molekülleri, yapıdaki hidrofilik grupların artışıyla doğru orantılıdır. Şekil 4.12’de alttan üste doğru sıralanan plastikleştiricilerin moleküler yapılarındaki hidroksil (-OH) ve karbonil (=O) grupları hidrofilik fonksiyonel gruplardır ve filmlerin yüksek su çekme eğilimini ifade eder. Etilen glikolün ve gliserol içerisinde bulunan (-OH) grupları 70 °C sıcaklıkta su molekülleri bozulmaya başlamıştır. Genel olarak bakıldığında her plastikleştirici miktarının artması % ağırlık kaybında artışa neden olmuştur.



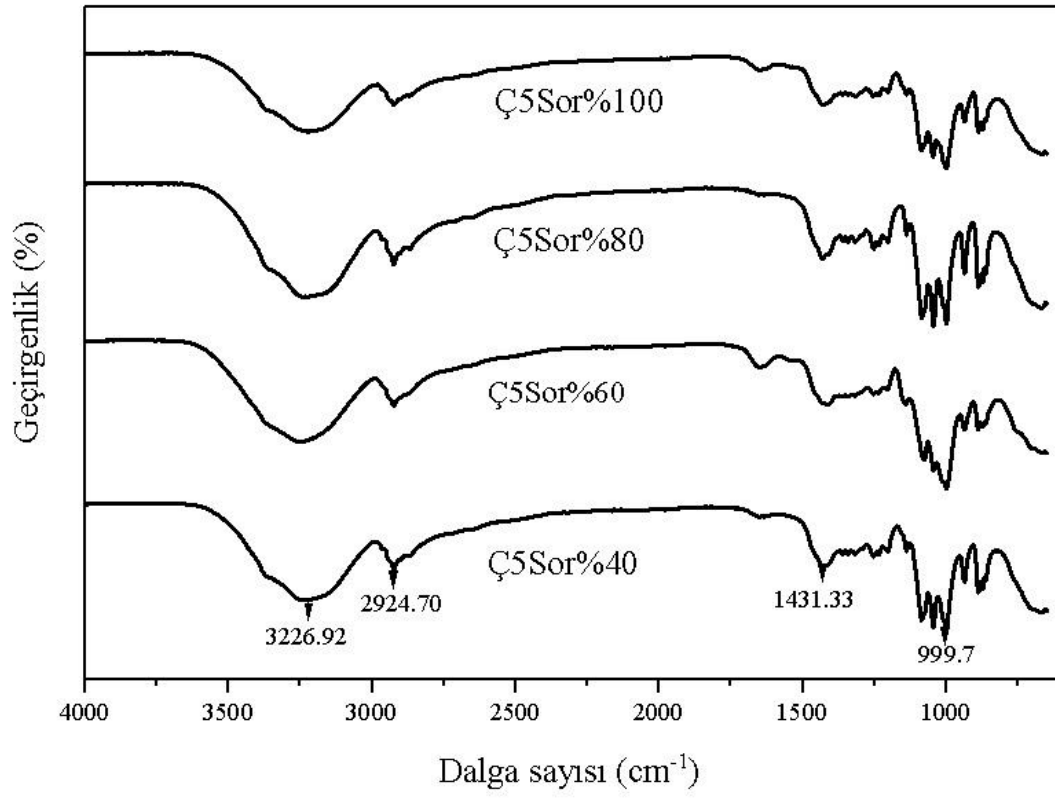
Şekil 4.12. Farklı plastikleştiriciler (etilen glikol, gliserol, sorbitol, sitrik asit) %60 (a/a un) kütlenin türev eğrileri

4.2.4. FT-IR Spektrumlarının Yorumlanması

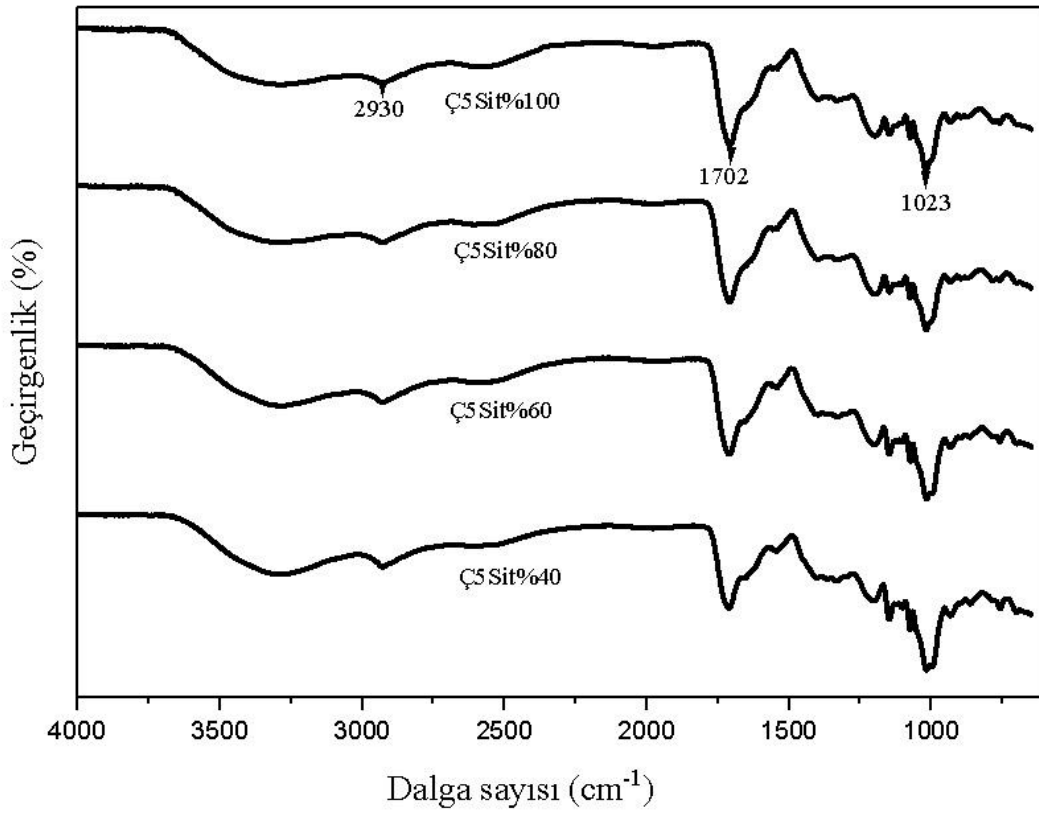
Her maddenin kendisine ait bir spektrumu vardır. Spektrum, maddeyi oluşturan atomların birbiri ile arasındaki bağların titreşiminde oluşan frekanslardır. 2000 cm^{-1} den sonraki kısım parmak izi bölgesidir ve madde hakkında ayrıntılı bilgiyi burası verir. Verilerin amacı, farklı molekül bağlarının oluşturduğu farklı frekansı gösterir.

Genel olarak gıdalar yağ, protein, karbonhidrat ve sudan oluşur. Yağları temsil eden bağlar; karbonil ester ve karbonhidrojen, proteini temsil eden bağlar; amid grubu, karbonhidratı varlığını gösteren bağ ise COH grupları olup, HOH bağlanması da su absorpsiyonunu göstermektedir (Erdoğan & Mazlum, 2020).

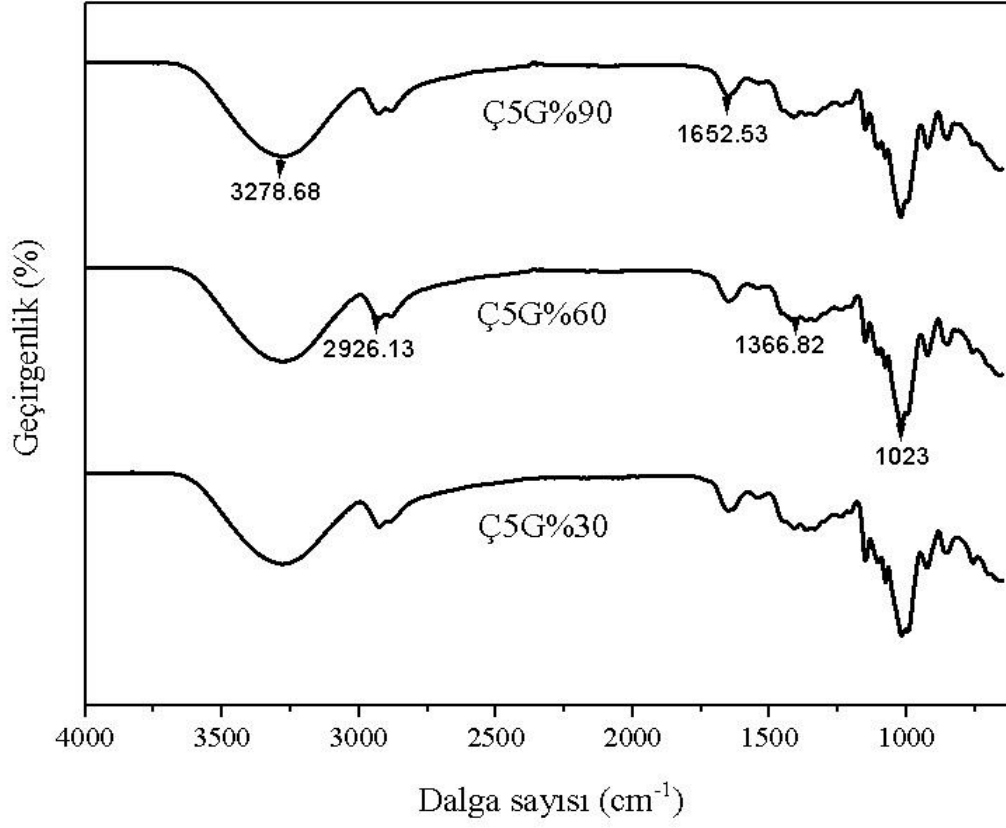
Çavdar unu ve sorbitol filmlerin FTIR eğrileri Şekil 4.13’de verilmiştir. Bütün filmlerin spektrumları EK-6 karşılık gelen spektrum değerleri ile kıyaslanarak fonksiyonel grupları belirlenmiştir. Filmlerin FTIR’sı incelendiğinde; plastikleştiricilerin miktarı arttıkça % geçirgenliği artmıştır, spektrumları birbirine yakın olduğu için değerlendirmeler Tablo 4.5’ te gösterilmiştir.



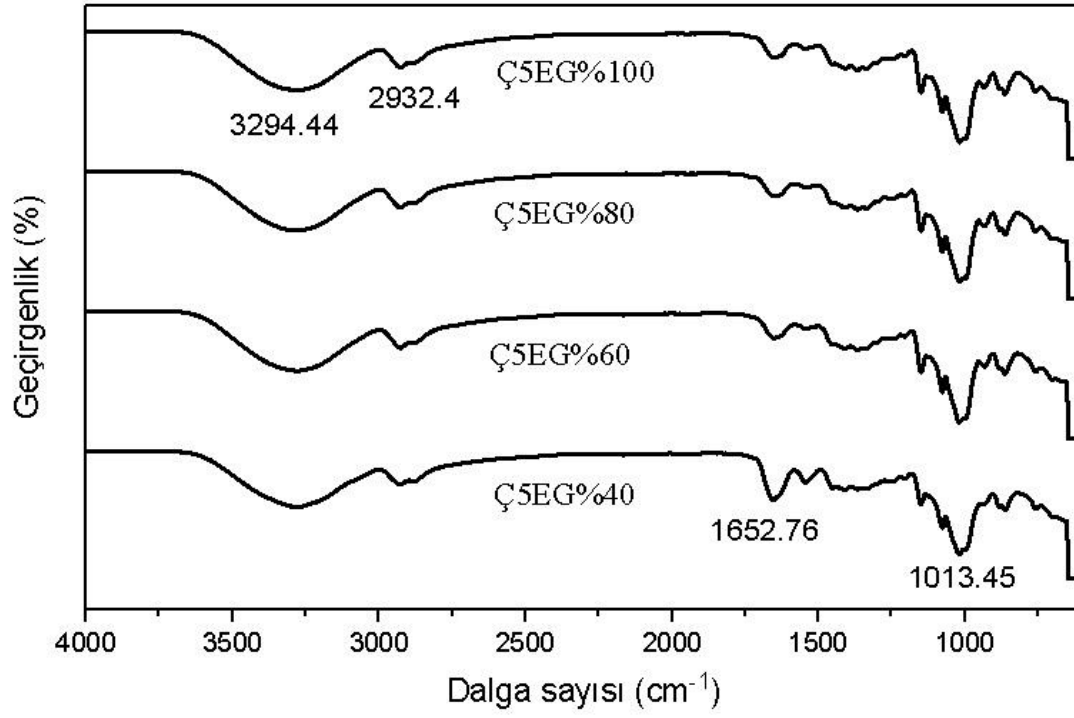
Şekil 4.13. Çavdar unu ve sorbitol filme ait FTIR diyagramı



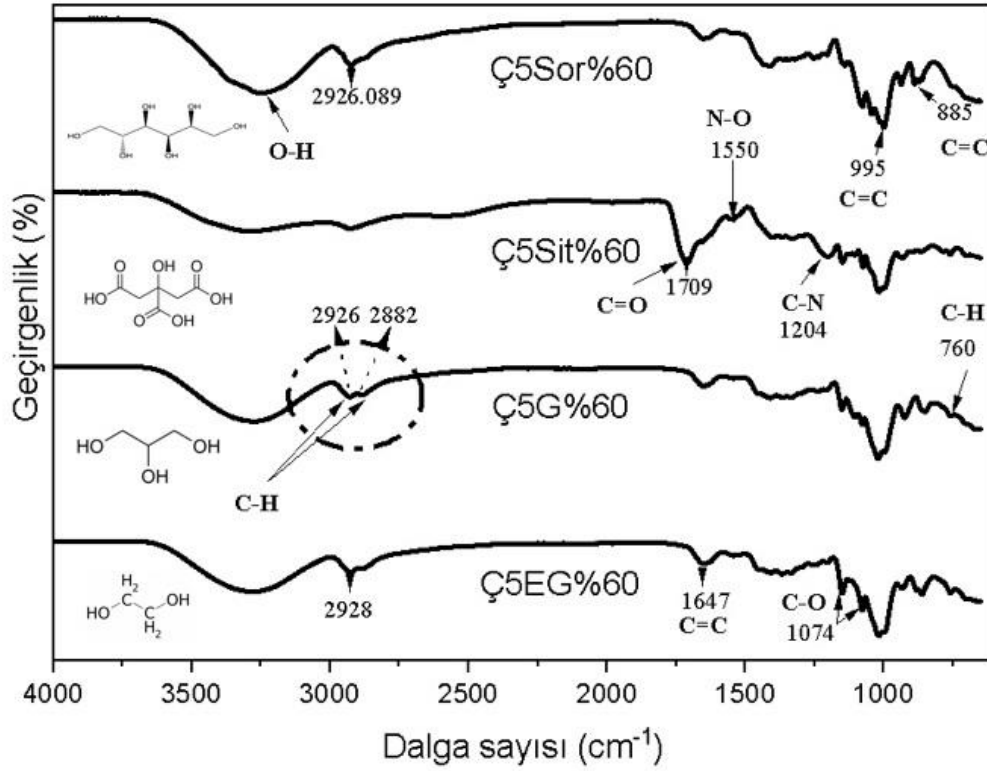
Şekil 4.14. Çavdar unu ve sitrik asit filme ait FTIR diyagramı



Şekil 4.15. Çavdar unu ve gliserol filme ait FTIR diyagramı



Şekil 4.16. Çavdar unu ve etilen glikol filme ait FTIR diyagramı



Şekil 4.17. Çavdar unu ve farklı plastikleştiriciler (%60 (a/a un)) filme ait FTIR diyagramı

Tablo 4.5. FTIR absorbands sayıları ve fonksiyonel grupları

Absorbans sayısı (cm ⁻¹)	Bağ	Fonksiyonel grup	Sorbitol	Sitrik asit	Gliserol	Etilen glikol
3500-3200 (s, b)	O-H gerilim bandı, H-bağı	Alkol, fenollar	3365,79 3226,92	3383	3278,68	3294,44
3000-2850 (m)	C-H gerilim bandı	Alkanlar	2924,7	2930	2926,13	2932,4
1710-1665 (s)	C=O gerilim bandı	α,β - doymamış aldehyitler, ketonlar	1652,3	1702	1652,53	1652,76
1550-1475 (s)	N-O asimetrik gerilim bandı	Nitro bileşikler	-	1550,553	1549,58	1546,695
1500-1400 (m)	C-C gerilim bandı	Aromatikler	1431,33	1401,09	1408,8	1453,16
1370-1350 (m)	C-H	Alkanlar	1362,519	-	1366,82	
1250-1020 (m)	C-N gerilim bandı	Alifatik aminler	1090,112 1046,24	1199,075 1148,45 1023	1147,968 1079,98 1023	1149,41 1012,45
1000-650 (s)	=C-H bükülme bandı	Amenler	999,7	929,56	922,81	934
950-910 (m)	O-H bükülme bandı	Karboksilik asit	931,97	929,56	922,81	934

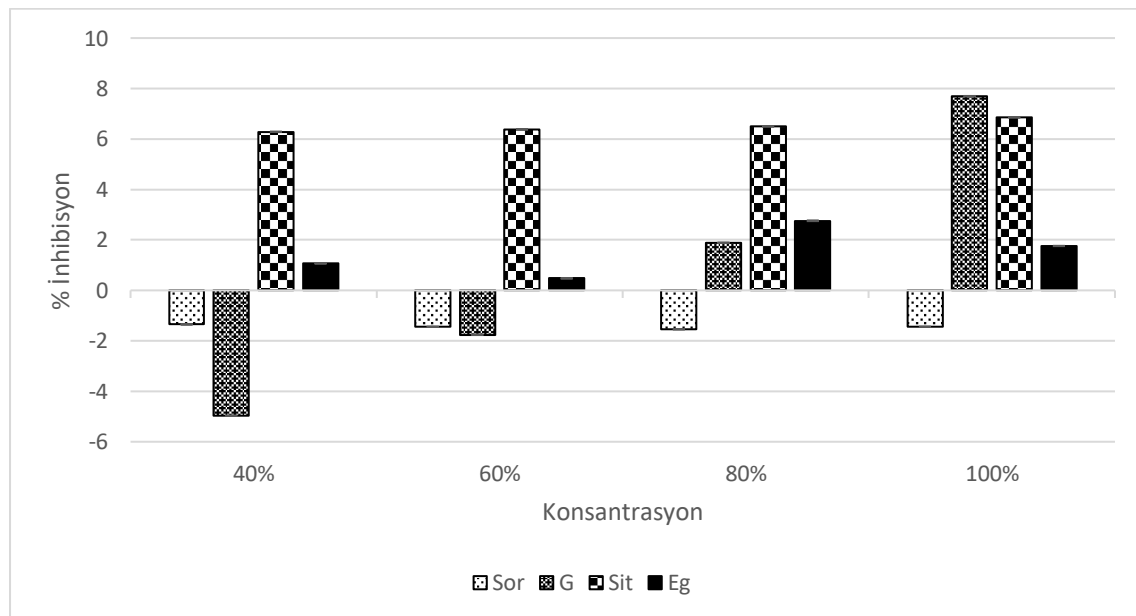
Çıkan sonuçlar literatür ile uyumlu çıkmıştır. Örneğin, 3100-3500 cm^{-1} arasında değişen geniş bant; O-H ve H-N bağlarının gerilmesine karşılık gelmektedir (Martins & Cerqueira, 2012). Bütün filmlerde bu fonksiyonel gruplar var olduğundan spektrumların hepsinde görünmektedir. Benzer şekilde, her spektrumda gözlenen metil grubunun ($-\text{CH}_3$) gerilme titreşimi 2924 cm^{-1} 'de seçilmektedir (Sucheta & Rai, 2019). Ayırt edici özellik olarak, 1703 cm^{-1} 'de gözükten pik sitrik asidin karbonil grubunun $\text{C}=\text{O}$ gerilme titreşimini temsil ettiği için sadece sitrik asit spektrumunda görünmektedir (Shi & Zhang, 2007).

4.2.5. Antioksidan ve Toplam Fenolik Madde Analiz Sonuçları

Çavdar ununa ilave edilen plastikleştiriciler ile üretilen yenilebilir filmlerin antioksidan aktiviteleri ve toplam fenolik içerikleri incelenmiştir.

4.2.5.a. DPPH

Antioksidanlar oksidasyonu engelleyip/ azaltan ve dokularda meydana gelen serbest radikallerin zararlı etkileri engelleyerek çeşitli hastalıklar (kanser, kalp krizi gibi) karşı koruyucu etkisi olan kimyasal bileşenler olarak nitelenmektedir (Baykuş & Ocak, 2019). Şekil 4.18'de çavdar ununa farklı derişimlerde (%40-60-80-100 (a/a un)) plastikleştiriciler (sorbitol, sitrik asit, gliserol ve etilen glikol) ile üretilen filmlerin antioksidan analiz sonuçları gösterilmiştir.



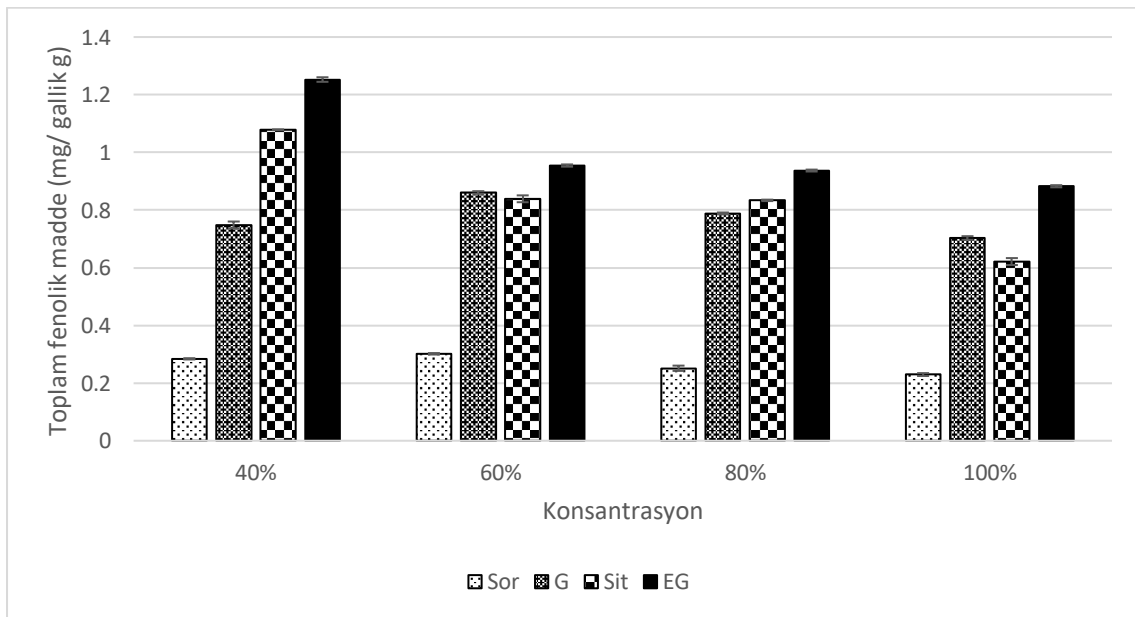
Şekil 4.18. Çavdar unu ve farklı plastikleştiriciler ile oluşturulan filmlerin antioksidan aktivite değerleri

Sıfırın altına düşen değerler filmin antioksidan özelliğinin olmadığını göstermektedir. Buna göre sorbitollu filmlerin antioksidan etkisi olmamakla beraber, bu özellik artan plastikleştirici miktarı ile değişmemektedir. Gliserollu filmlerin konsantrasyonu arttıkça antioksidan değerleri de arttığı gözükmemektedir. Fakat %40 ve %60 (a/a un) gliserol içeren filmlerin antioksidan etkileri bulunmamaktadır. Literatür çalışmalarında nohut unu ve gliserol ile yapılmış filmin %DPPH'ı incelendiğinde %1 (a/h un) gliserol ilave edilen filmde pH 7 olan filmin %DPPH değeri $3,8 \pm 0,22$ ve pH 10 olan filmin %DPPH değeri $6,66 \pm 0,34$ bulunmuştur (Diaz & Ferreira, 2019). Bu değerler bizim çalışmamızda bulduğumuz değerler aralığındadır. Sitrik asitli filmlerin antioksidanları incelendiğinde, sitrik asidin tek başına antioksidan etkisi olması ve sitrik asit miktarlarının artması ile antioksidan aktivite de artmaktadır. Bundan dolayı diğer filmlerden daha yüksek antioksidan etkiye sahiptir. Etilen glikolün % inhibisyonu, plastikleştirici miktarıyla uyumlu olmamakla birlikte, $0,48 \pm 0,0056$ ile $2,76 \pm 0,014$ değerleri arasında bulunmuştur.

Sonuç olarak sitrik asit, gliserol ve etilen glikol için; diğer antioksidan katkı maddelerine gerek kalmadan antioksidan aktivite gösterdiği gözükmemiştir.

4.2.5.b. Toplam fenolik madde miktarı

Çavdar unu ve farklı plastikleştiriciler ile elde edilen filmlerin toplam fenolik madde miktarı Folin- Ciocalteu kolorimetrik yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Şekil 4.19'de gösterilen sonuçlara göre bütün filmler toplam fenolik madde içermektedir.



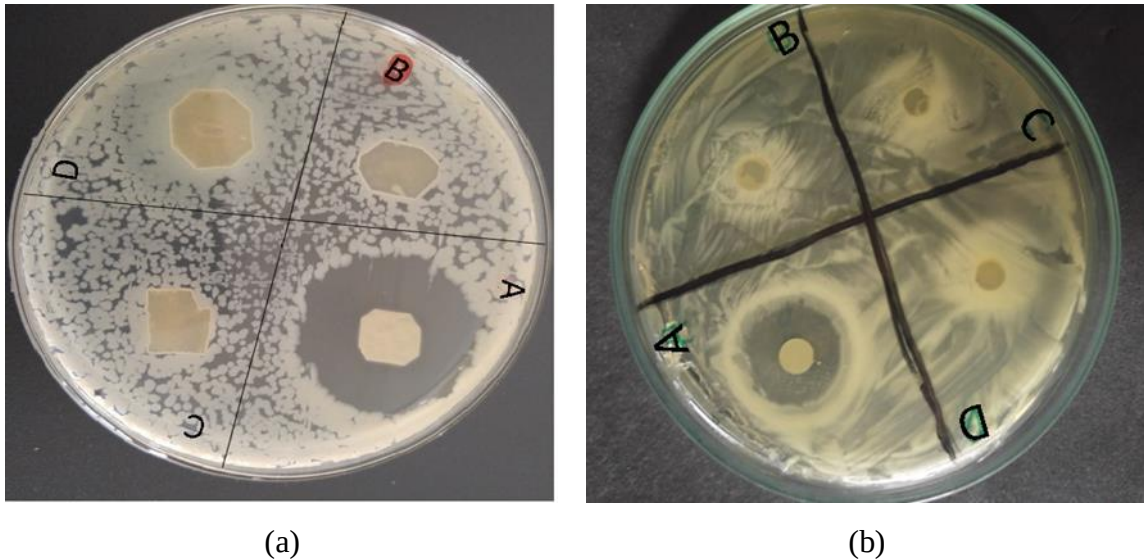
Şekil 4.19. Çavdar unu ve farklı plastikleştiriciler ile oluşturulan filmlerin toplam fenolik madde içeriği

En çok toplam fenolik madde içeren film $1,253 \pm 0,0079$ ile $0,883 \pm 0,0037$ arasındaki değerler ile etilen glikollü filmidir. Sonrasında $1,078 \pm 0,001$ ile $0,62 \pm 0,012$ değerler arasında sitrik asitli filmler yer almıştır. Ardından gliserol ve sorbitollu filmler gelmektedir. Genel olarak bakıldığında plastikleştiricilerin miktarlarının artması, filmlerin içerdiği seyreltici etkisi olmakta ve ölçülen toplam fenolik madde miktarı azaltmaktadır.

4.2.6. Filmlerin Antimikrobiyal Duyarlılık Test Sonuçları

Çavdar unu ve plastikleştiriciler ile yapılan filmlerin antimikrobiyal analizi, Bölüm 3.5.12’de belirtildiği gibi Disk Difüzyon yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. İnkübasyon süresi bitiminde petrilerin fotoğrafları çekilmiştir, film disklerin etrafında oluşan zonları kumpas ile ölçülmüştür. Farklı plastikleştiriciler (sorbitol, sitrik asit, gliserol ve etilen glikol (%100 (a/a un))) ile yapılan filmlerin antimikrobiyal testleri Şekil 4.20’ de gösterilmiştir. Film disklerin etrafındaki berrak bölgeler mikroorganizmaların üremediği kısmı göstermektedir.

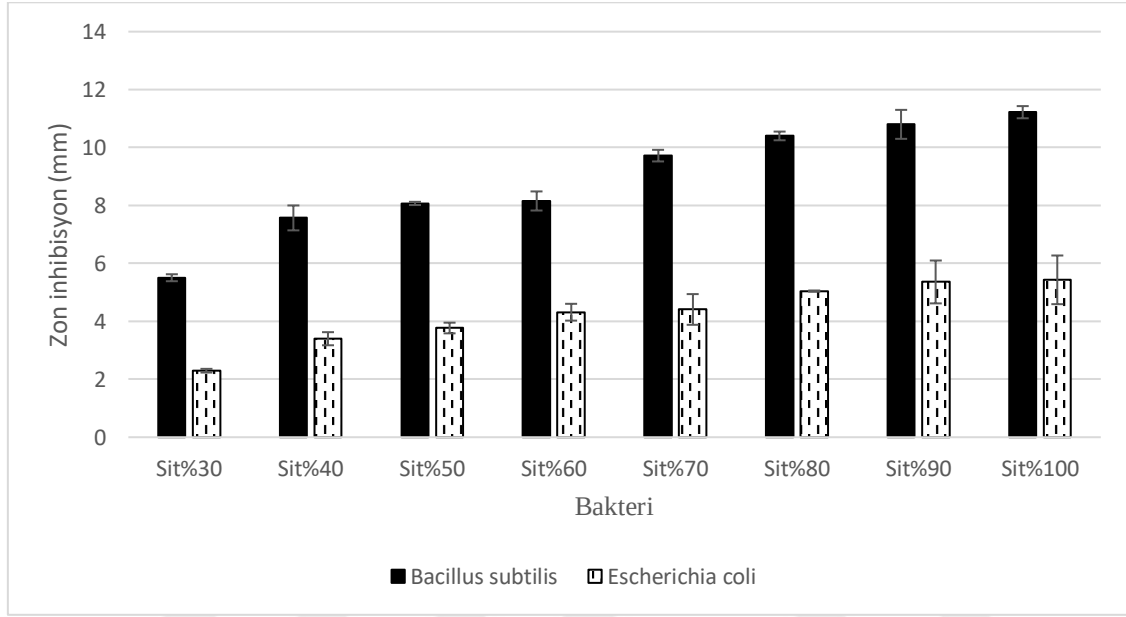
Sorbitol, gliserol ve etilen glikol içeren filmler mikroorganizmaların hiçbirine karşı antibakteriyel etki göstermemiştir. Sadece sitrik asitli filmler *Bacillus subtilis* Gram (+) ve *Escherichia coli* Gram (-) bakterilerine etki göstermiştir. Bundan dolayı sonraki antibakteriyel analizler sitrik asitli filmlerde yapılmıştır.



Şekil 4.20. Disk difüzyon metoduyla a) *Bacillus subtilis* b) *Escherichia coli*'a karşı antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi (A: Ç5Sit%100, B: Ç5EG%100, C: Ç5Sor%100, D: Ç5G%100)

Sitrik asit miktarındaki artış inhibisyona gösterdiği etki ve bakterileri birbiri ile kıyaslamak amacıyla Şekil 4.21’ da sonuçlar çizilmiştir.

Yapılan çalışmalar göstermektedirki sitrik asidin miktarı arttıkça mikroorganizmaya gösterilen inhibasyon etkisi de yükselmiştir. Ayrıca inhibasyon gram (+) bakterisinin gram (-) bakterisinden fazla çıkmıştır. Literatürde yapılan çalışmalar da bunu desteklemektedir (Wu, 2019).



Şekil 4.21. *Bacillus subtilis* ve *Escherichia coli* 'ye karşı antimikrobiyal aktivitenin zon inhibisyonu (mm)

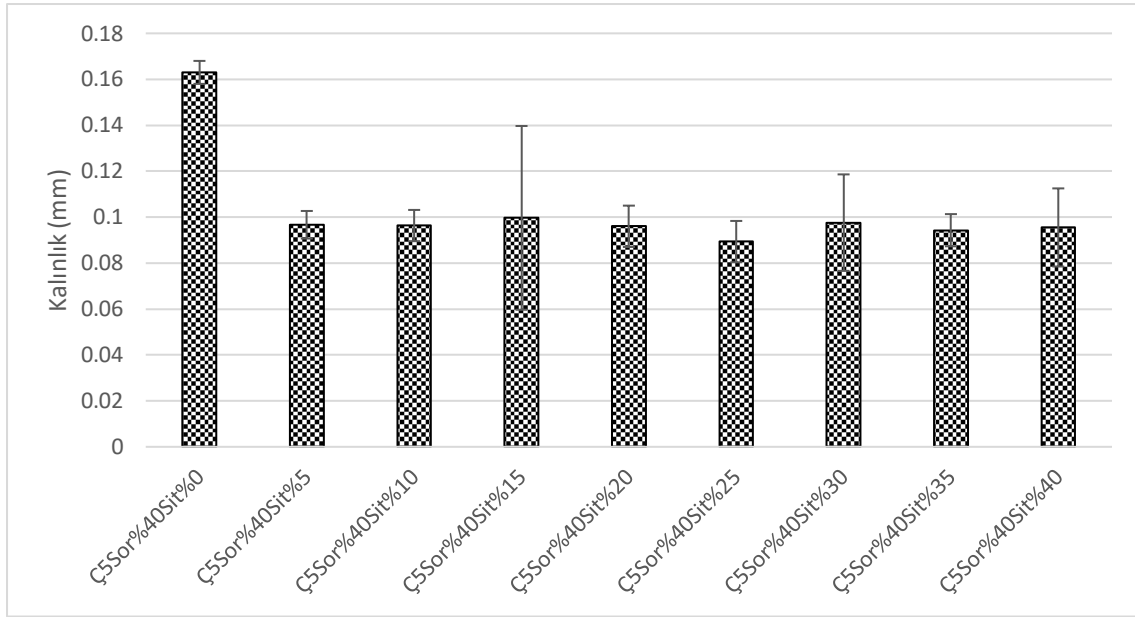
4.3.İki Plastikleştiricinin Birleşimi ile Hazırlanan Filmlerin Karakterizasyonu

Sorbitollu filmin sağlamlığı, sitrik asitli filmin antibakteriyel özelliği olmasından dolayı iki plastikleştiriciyi birleştirip film yapılmıştır. Bir plastikleştirici %40 (a/a un) derişimde sabit tutulurken, diğer plastikleştiricinin derişimi, %5’er aralıklarla arttırılarak, %0’dan %40’a (a/a un) kadar konsantrasyonlarla film kompozisyonları oluşturulmuştur. Petriden çıkarılan filmlerin karakterizasyon sonuçlar Ek-8 ’de verilmiştir.

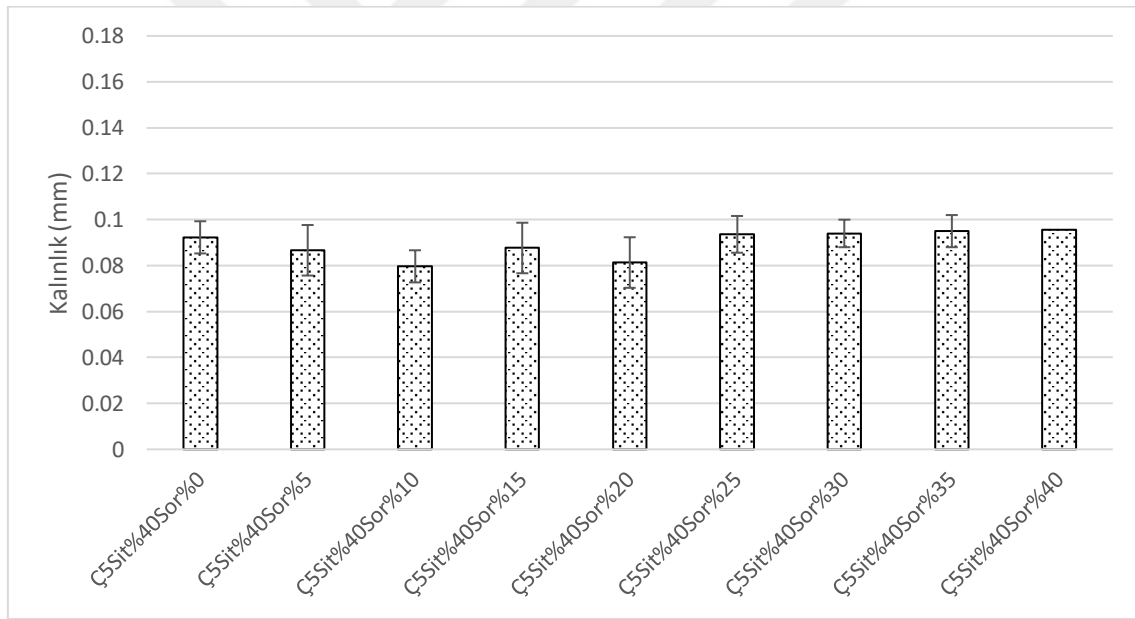
4.3.1. Filmlerin Kalınlık, Opaklık, Su buhar Geçirgenliği ve Çözünürlükleri

4.3.1.a. Kalınlık

Sorbitol ve sitrik asit birleşimi ile oluşturulan filmlerin kalınlık değerleri Şekil 4.22’de gösterilmiştir. Şekilde de anlaşıldığı üzere, sadece sorbitol %40 (a/a un) içeren filmin kalınlık değeri yüksek çıkmış, diğer filmlerin kalınlık değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Ayrıca film kalınlığının azalması ile su buhar geçirgenlik değerlerinin de azalmasında etken olmuştur.



(a)



(b)

Şekil 4.22. (a): Sor (%40 a/a un) + Sit (%0,5,10...), (b) Sit (%40 a/a un) + Sor (%0,5,10...) İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin kalınlık (mm) değerleri

Sorbitolun miktarını sabit tutup sitrik asidin ilave edilmesi kalınlık değerlerinin düşmesine ve sitrik asit ilavesi devam ettiğine bu değerlerin birbirine yakın çıktığı gözükmemektedir ($0,08933 \pm 0,009$ mm ile $0,0976 \pm 0,009$ mm). Quiroz (2018) çalışmasında 1,5 (a/h distile su) metilselüloz (MC) maddesine 0,25, 0,75 a/h sorbitol ve sitrik asit %1,5,10 (a/a MC) yaptığı

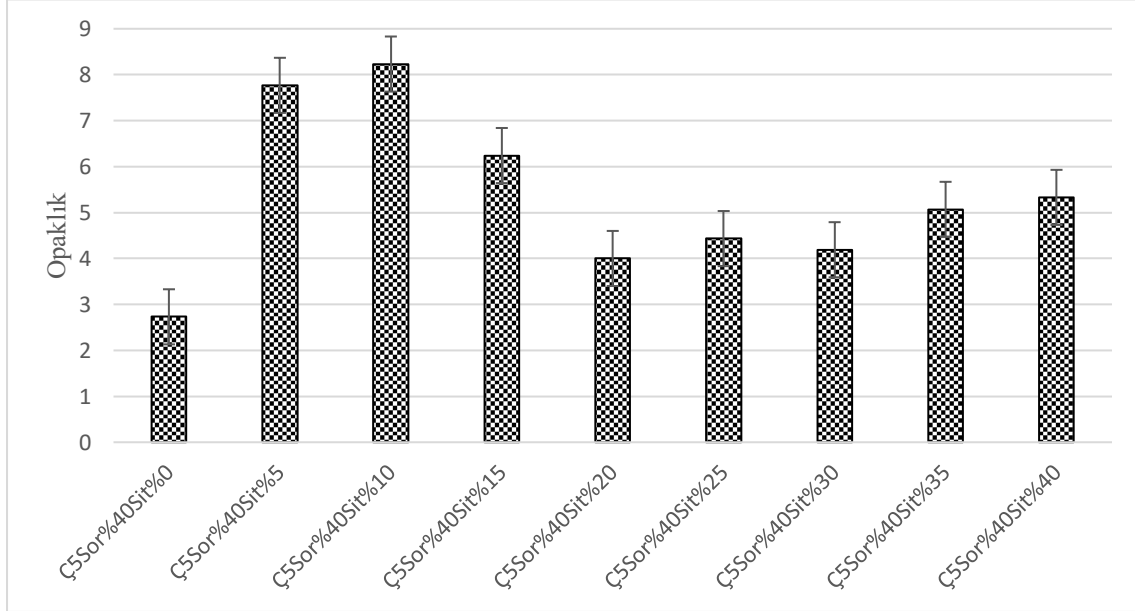
filmlerin kalınlık değerleri de birbirine yakın çıkmıştır (Quiroz, Diaz, & Bertola, 2018). Sitrik asit miktarını sabit tutup sorbitol ilave ettiğimizde değerlerin birbirine yakın çıktığı gözükmiştir. Literatürde yapılan çalışmalarda sitrik asit miktarını sabit tutup sorbitol eklendiğinde ve sorbitol miktarının artmasında filmlerin kalınlık değerleri yakın çıktığı gözükmiştir (Bkz Tablo 4.6) (Kusumaningtyas & Putri, 2018). Kullanılan ham maddelerin değişmesi kalınlık değerlerin değişmesine neden olmaktadır. Genel olarak yaptığımız çalışmada ve literatür incelendiğinde sorbitol ve sitrik asidin ilave edilmesi kalınlık değerlerini fazla değiştirmemektedir.

Tablo 4.6. Literatürde yapılan çalışmaların kalınlık değerleri

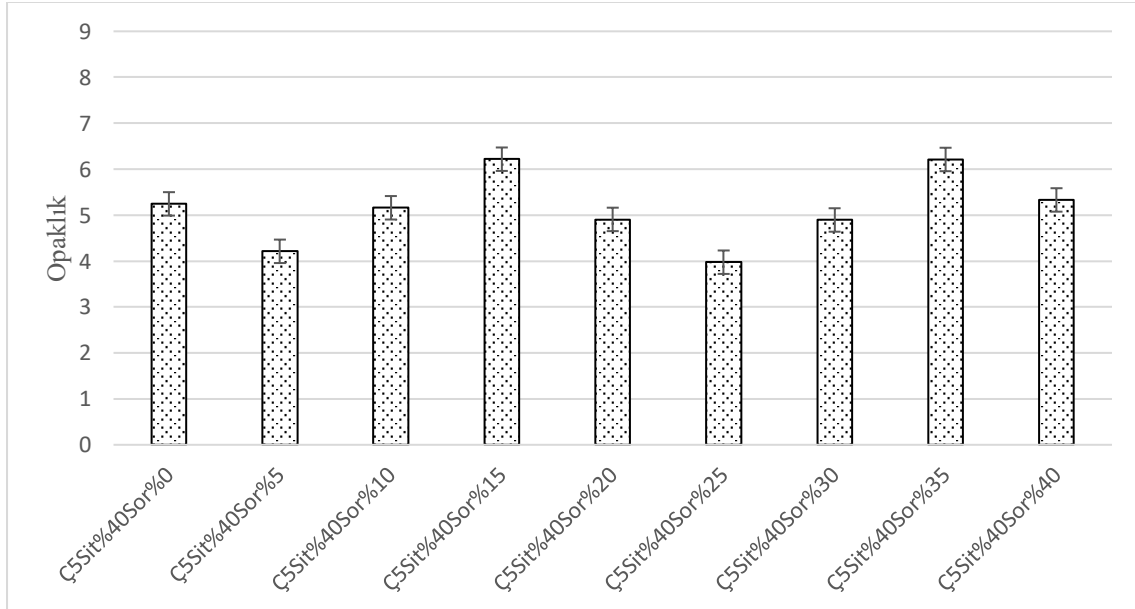
Ana materyal		Plastikleştirici		Diğer materyal		Kalınlık (mm)	Referans
Sorgum nişastası	%5 a/h distile su	Sorbitol	%20 a/a	Sitrik asit	%10 a/a nişasta	0,15	(Kusumaningtyas & Putri, 2018)
			%40 a/a			0,154	
			%60 a/a			0,156	
Metil selüloz (MC)	%1,5 a/h	Sorbitol	0,25 a/h	Sitrik asit	%1 a/a MC	0,0582±0,00675	(Quiroz, Diaz, & Bertola, 2018)
			0,25 a/h		%5 a/a MC	0,0695±0,00173	
			0,75 a/h		%1 a/a MC	0,0635±0,00342	
			0,75 a/h		%5 a/a MC	0,0635±0,0052	
			0,25 a/h		%10 a/a MC	0,0652±0,0070	
			0,75 a/h		%10 a/a MC	0,064±0,0053	

4.3.1.b. Opaklık

Sorbitol ve sitrik asit karışımı ile oluşturulan filmlerin opaklık değerleri Şekil 4.23’de gösterilmiştir. Opaklık değerlerinin, sorbitolun içerisine sitrik asit eklenmesiyle film üzerinde yaklaşık %31,75 ile %66,83 artmasına neden olmuştur. Ancak sitrik asitli filmlere sorbitolun ilavesiyle film üzerinde opaklık değerlerinde artış olduğu gibi azalan değerler de mevcuttur.



(a)

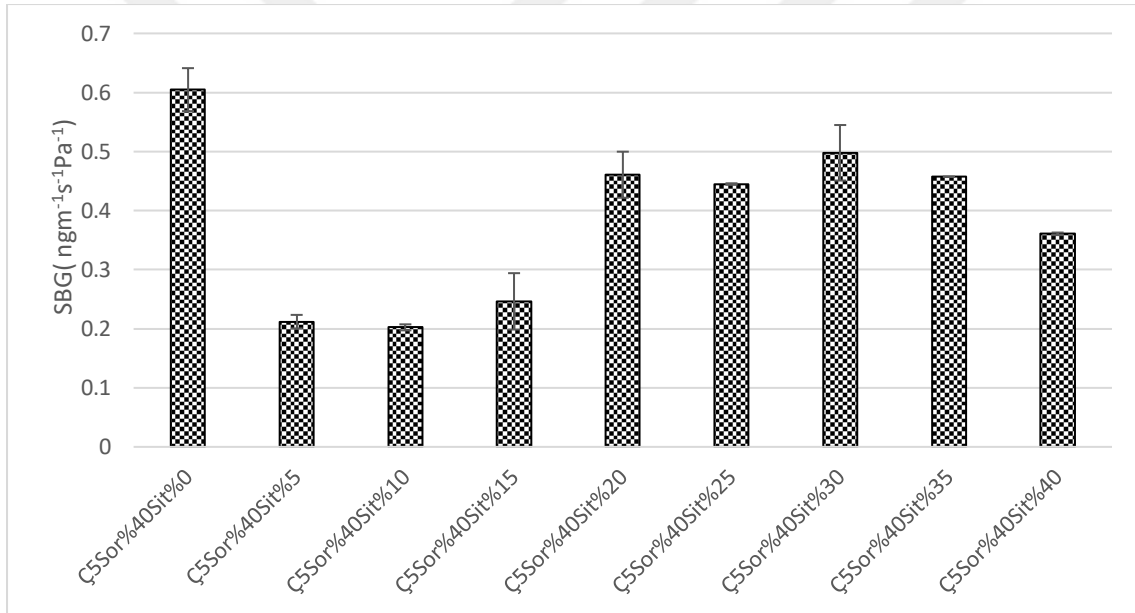


(b)

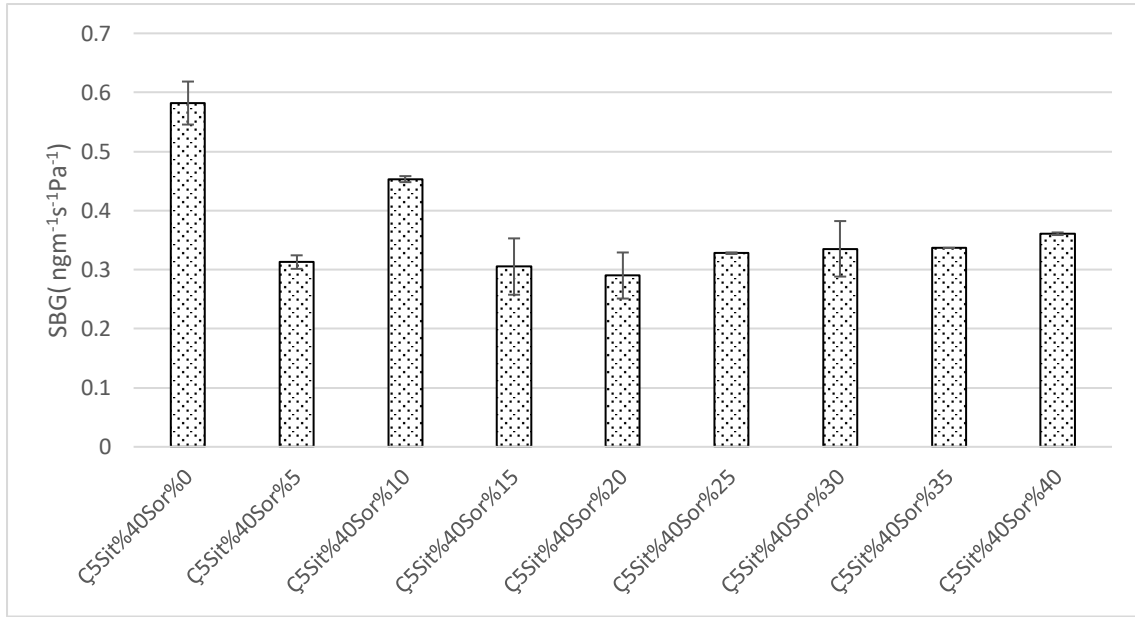
Şekil 4.23. (a): Sor (%40 a/a un) + Sit (%0,5,10...), (b) Sit (%40 a/a un) + Sor (%0,5,10...) İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin opaklık değerleri

4.3.1.c. Su buhar geçirgenliği (SBG)

Yenilebilir filmlerin su buhar geçirgenliğinin önemi Bölüm 4.2.1.c kısmında bahsedilmiştir. Sorbitol ve sitrik asit birleşiminden yapılan filmlerin su buhar geçirgenliği Şekil 4.24'de gösterilmiştir. Sorbitollu filmin su buhar geçirgenliği $0,605 \pm 0,04$ çıkarken, sitrik asidin ilavesiyle yaklaşık %65- %17 azalma gözükümüştür, Sitrik asitli filmlerinde su buhar geçirgenliğinde $0,582 \pm 0,004$ çıkarken sorbitolun ilavesiyle %50- %22 azalmıştır. Çıkan sonuçlara bakarak; bir filmin su buhar geçirgenliğini düşürmek için ikinci bir plastikleştiricinin ilave edilmesi olumlu sonuçlar vermektedir. Ayrıca su buhar geçirgenliğinde, filmin kalınlığı ile bağlantılı olduğunu Bölüm 4.2.1.c' de söz edilmişti. Bu bölümde de kalınlığın azalması ile su buhar geçirgenliği de azalmıştır.



(a)



(b)

Şekil 4.24. (a): Sor (%40 a/a un) + Sit (%0,5,10...), (b) Sit (%40 a/a un) + Sor (%0,5,10...) İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin su buhar geçirgenliği (ngm⁻¹s⁻¹Pa⁻¹)

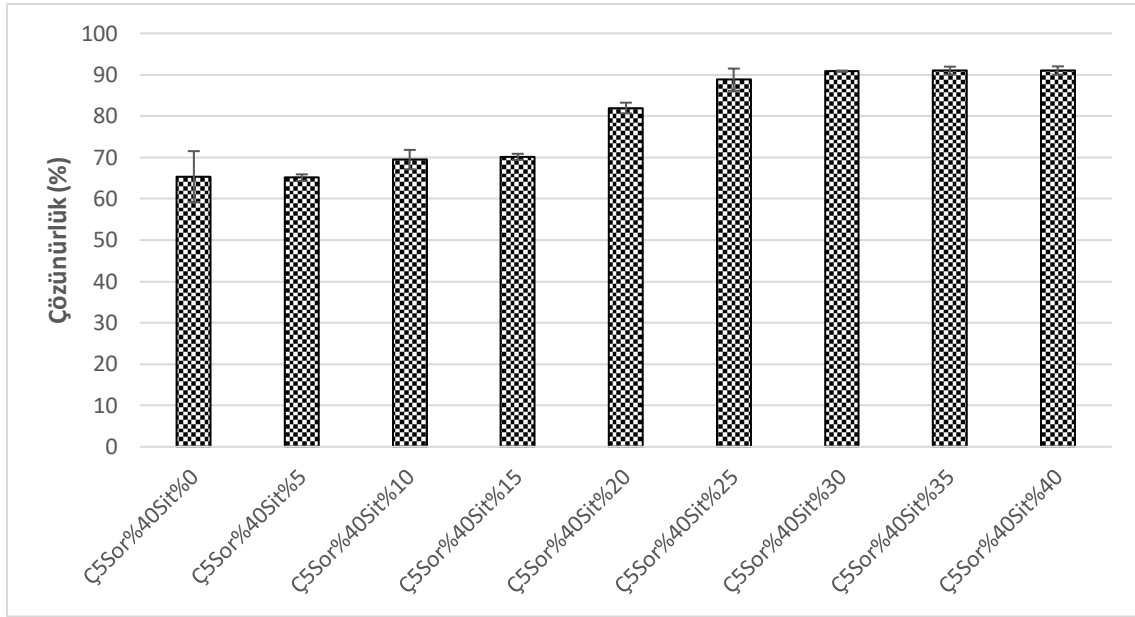
Tablo 4.7 literatür çalışmalarını incelediğimizde metil selüloz filmlerinde sorbitol konsantrasyonunun atmasıyla su buhar geçirgenliğinin de azaldığı gösterilmiştir. Sorbitol miktarını sabit tutup sitrik asit ilave edildiğinde ve sitrik asit konsantrasyonu arttığında 0,105 ngm⁻¹s⁻¹Pa⁻¹ den 0,094 ngm⁻¹s⁻¹Pa⁻¹ değerine düşmüştür, ancak sorbitolun konsantrasyonunu 0,75 a/h çıkartıldığında sitrik asidin ilavesiyle su buhar geçirgenliğini düşürdüğünü ama sitrik asit miktarını arttığında su buhar geçirgenliği artmıştır. Sitrik asit miktarını sabit tutup sorbitol eklendiğinde filmlerin su buhar geçirgenliği üzerinde ki etkileri incelendiğinde 0,519, 0,105, 0,0106 ngm⁻¹s⁻¹Pa⁻¹ değerler elde edildiğini gözükmüş ve yaptığımız çalışma da olduğu gibi su buhar geçirgenliği azalmıştır (Quiroz, Diaz, & Bertola, 2018). Ayrıca yaptığımız çalışmada bulduğumuz değerler, Quiroz (2018) yaptığı çalışma da bulduğu değerler aralığında çıkmış ve Zuo (2019) yaptığı çalışmada bulduğu su buhar geçirgenlik değerinden yüksek çıkmıştır (Zuo & Song, 2019). Bunun neden kullanılan materyallerin farklılığı, plastikleştiricilerin miktar farklılığından kaynaklanmaktadır.

Tablo 4.7. Literatürde yapılan çalışmaların su buhar geçirgenliği (ngm⁻¹s⁻¹Pa⁻¹)

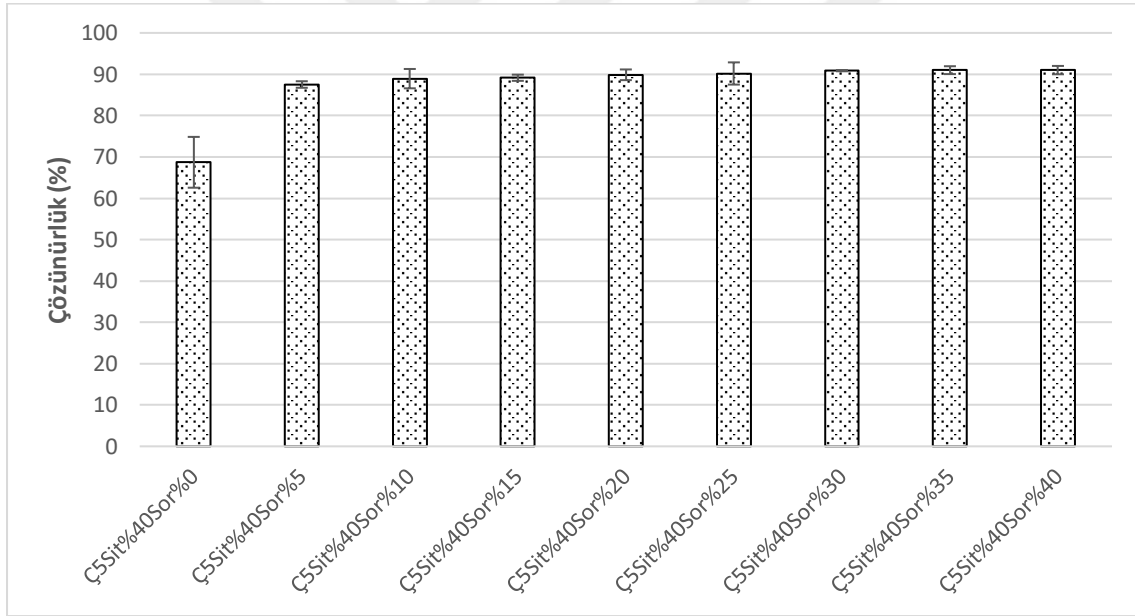
Ana materyal		Plastikleştirici		Diğer materyal		SBG ($\text{ngm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$)	Referans
Metil selüloz (MC)	%1,5 a/h	Sorbitol	0,25 a/h	Sitrik asit	%1 a/a MC	0,105	(Quiroz, Diaz, & Bertola, 2018)
			0,25 a/h		%5 a/a MC	0,094	
			0,75 a/h		%1 a/a MC	0,0106	
			0,75 a/h		%5 a/a MC	0,1038	
			0,0 a/h		%1 a/a MC	0,5198	
			0,0 a/h		%5 a/a MC	0,03664	
			0,25 a/h		%10 a/a MC	0,05337	
			0,75 a/h		%10 a/a MC	0,0922	
			0,0 a/h		%10 a/a MC	0,0502	
Mısır nişastası + buğday nişastası (2:3)	%6 a/h distile su	Sorbitol	%0,6 a/h distile su	Sitrik asit	%2,5 a/h su	0,0889	(Zuo & Song, 2019)

4.3.1.d. Çözünürlük

İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin çözünürlük değerleri Şekil 4.25’de gösterilmiştir. Sorbitollu filmlerin çözünürlük değeri %65,36 iken sitrik asidin ilavesiyle %28 artarak çözünürlük %91 çıkmıştır. Aynı durum sitrik asitli filmler içinde geçerlidir. Sitrik asitli filmlerin çözünürlüğü %68,70 çıkarken sorbitolun ilavesiyle %24 artmıştır.



(a)



(b)

Şekil 4.25. (a): Sor (%40 a/a un) + Sit (%0,5,10...), (b) Sit (%40 a/a un) + Sor (%0,5,10...) İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin (%) çözünürlük değerleri

Literatür çalışmaları Tablo 4.8 çözünürlük için bildirilen değerler incelendiğinde Kusumaningtyas (2018) sorgum nişastasası ile yaptığı filmlerde sitrik asit miktarını sabit tutup sorbitolun miktarını arttırmış ve bulduğu sonuçlar, sorbitol miktarının artmasıyla çözünürlük değeri yaptığımız çalışmada olduğu gibi artmıştır (Kusumaningtyas & Putri, 2018). Yaptığımız çalışmada bulduğumuz değerler yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni suda gösterdiği direnç,

kullanılan maddeler, plastikleştiricinin farklı miktarlara sahip olması ve film solüsyonunun yapılma aşamasının farklılığından kaynaklanmaktadır.

Wilpiszewska (2019) yaptığı karboksimetil nişasta bazlı film çalışmasında gliserol ve sitrik asit ile yapılan filmlerde de sitrik asit konsantrasyonu arttığında çözünürlüğün arttığı gösterilmiştir (Wilpiszewska & Antosik, 2019)

Genel olarak bakıldığında ikinci plastikleştirici/ diğer madde eklendiğinde plastikleştirici miktarın artmasıyla çözünürlük değerleri de artmıştır.

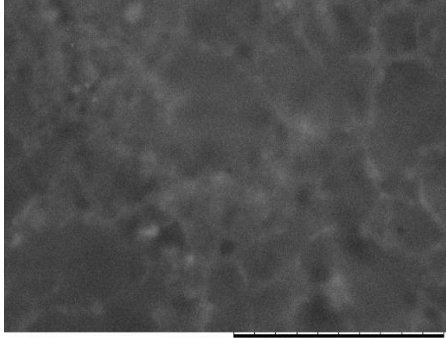
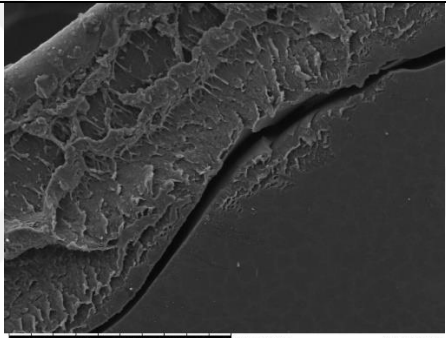
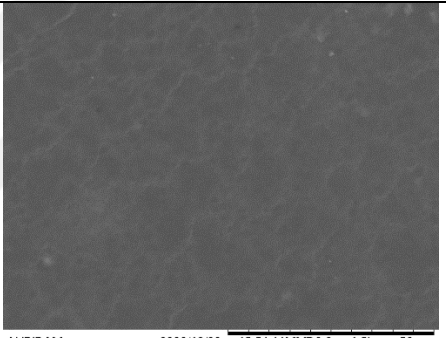
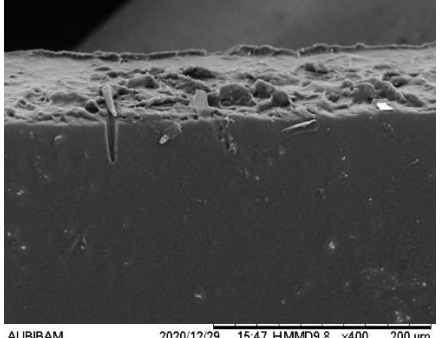
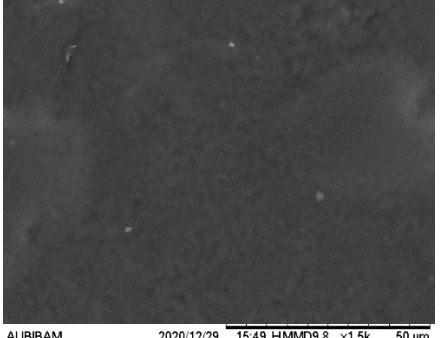
Tablo 4.8. Literatürde yapılan çalışmaların çözünürlük değerleri

Ana materyal		Plastikleştirici		Diğer materyal		Çözünürlük (%)	Referans
Sorgum nişastası	%5 a/h distile su	Sorbitol	%20 a/a	Sitrik asit	%10 a/a nişasta	30	(Kusumaningtyas & Putri, 2018)
			%40 a/a			38	
			%60 a/a			40	

4.3.1.e. SEM

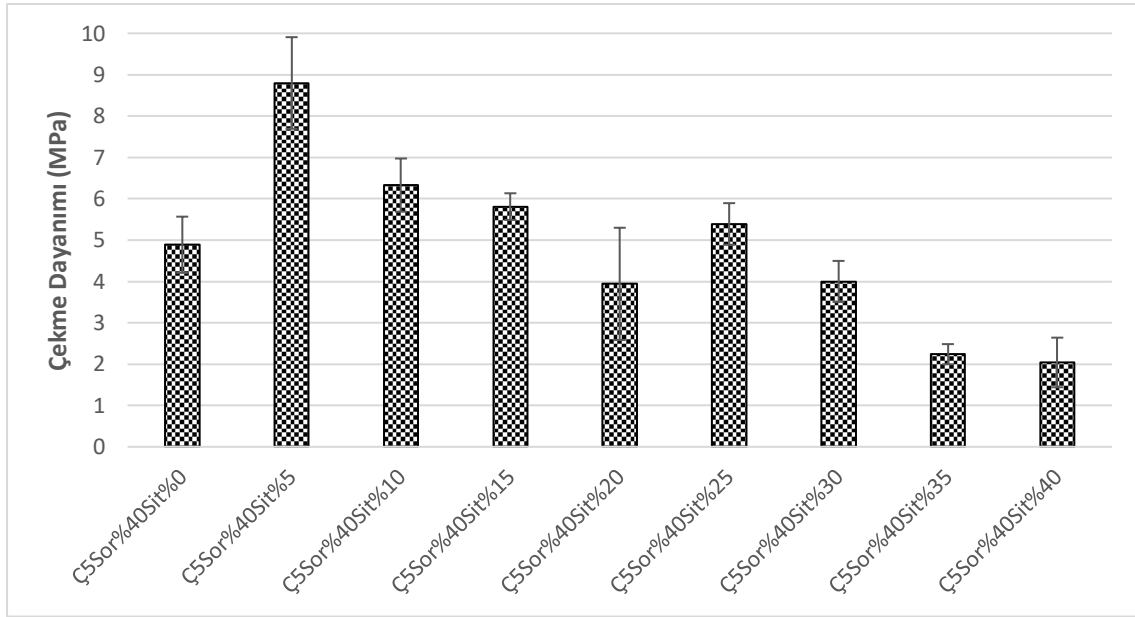
Sitrik asit ve sorbitol karışımından hazırlanan filmlerin SEM görüntüleri Tablo 4.9’de verilmiştir.

Tablo 4.9. İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin SEM görüntüleri

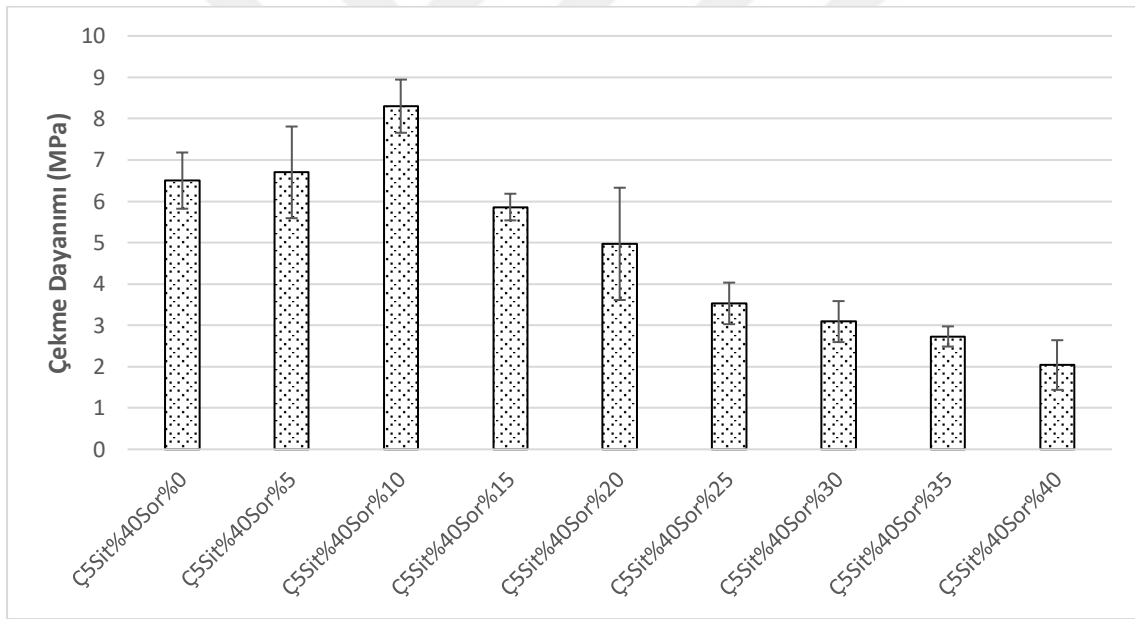
Diğer plastikleştirici	Sitrik asit (%40 a/a un)	Sorbitol (%40 a/a un)
%0 (a/a un)		
%20 (a/a un)		
%40 (a/a un)		

4.3.2. Filmlerin Mekanik Özellikleri

Sorbitollu filmlerin çekme dayanımı $4,887 \pm 0,68$ MPa iken sitrik asidin ilavesiyle önce %44 artmış sonrasında %24 azaldığı gözükmektedir. Sitrik asitli filmlerde çekme dayanımı $6,5 \pm 3,44$ MPa çıkmıştır. Sorbitolun ilave edilmesiyle maksimum $8,3 \pm 2,21$ değerine kadar çıkarken sonrasında azalmaya başlamış ve minimum $2,04 \pm 0,6$ değerine kadar azalmıştır (Bkz Şekil 4.26).



(a)



(b)

Şekil 4.26. (a): Sor (%40 a/a un) + Sit (%0,5,10...), (b) Sit (%40 a/a un) + Sor (%0,5,10...) İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin çekme dayanımı (MPa)

Tablo 4.10 incelendiğinde Kusumanıngtyas (2018) sorgum nişastasası ile yaptığı filmlerde sitrik asit miktarını sabit tutup sorbitolun miktarı arttığında çekme dayanımı ilk artmış sonra azalmıştır ancak değerler birbirine çok yakın çıkmıştır ve yaptığımız çalışmada bulduğumuz

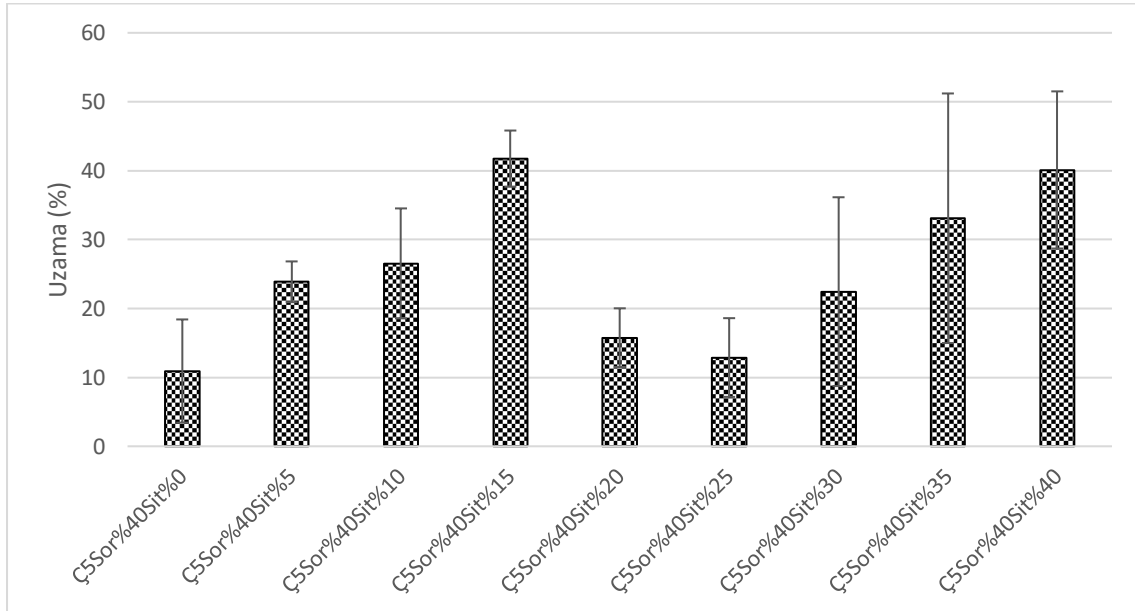
değerlerden düşük çıkmıştır (Kusumaningtyas & Putrı, 2018). Bu da bizim yaptığımız filmlerin çekme dayanımının sorgum nişasta ile yapılan filmlerden iyi olduğu gösterir.

Kumar (2019) yaptığı patates nişastası (%3 a/h) sorbitol (%25 a/a nişasta) ve farklı sitrik asit (%0,5, %1, %3, %5 ve %7 a/a toplam nişasta) konsantrasyonlarında hazırladığı filmlerin çekme dayanımı grafiğinde ilk arttığı sonra azaldığı gösterilmiştir (Kumar & Ghoshal, 2019).

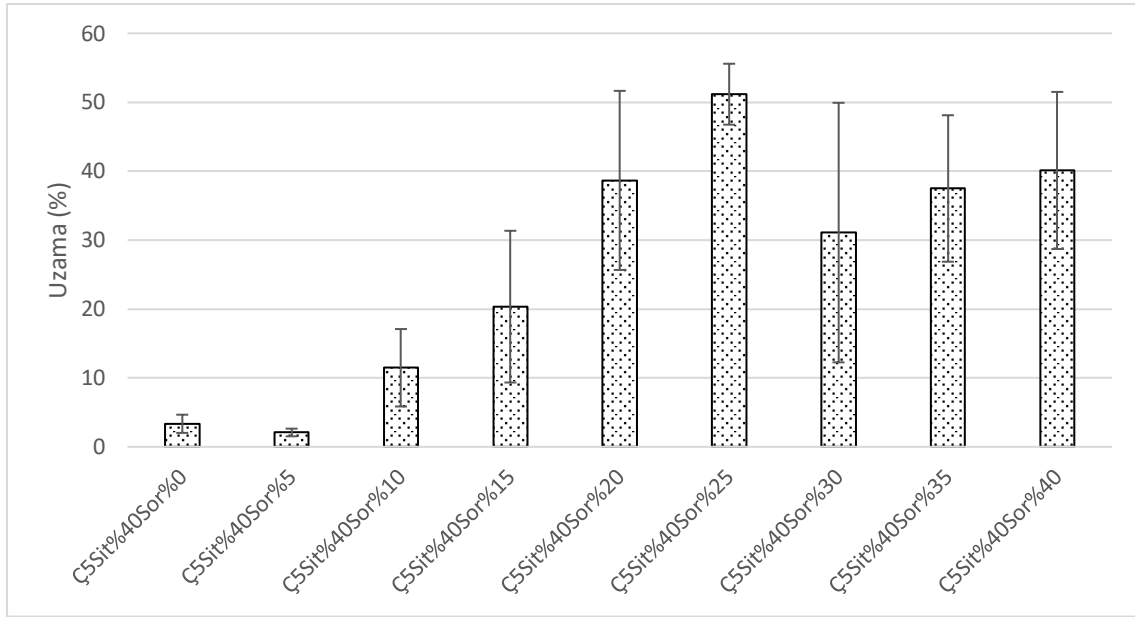
Tablo 4.10. Literatürde yapılan çalışmaların çekme dayanımı (MPa)

Ana materyal		Plastikleştirici		Diğer materyal		Çekme dayanımı (MPa)	Referans
Sorgum nişastası	%5 a/h distile su	Sorbitol	%20 a/a	Sitrik asit	%10 a/a nişasta	1,008	(Kusumaningtyas & Putrı, 2018)
			%40 a/a			1,009	
			%60 a/a			0,984	

Sorbitollu filmlerin % uzama değeri $10,91 \pm 7,49$ çıkarken sitrik asidin ilavesiyle maksimum $41,74 \pm 4,078$ değerine kadar çıktığı fakat sonrasında azalıp tekrar artış göstermiştir. Aynı durum sitrik asitli filme sorbitolun ilavesinde de rastlanmıştır (Şekil 4.27).



(a)



(b)

Şekil 4.27. (a): Sor (%40 a/a un) + Sit (%0,5,10...), (b) Sit (%40 a/a un) + Sor (%0,5,10...) İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin uzama (%) değerleri

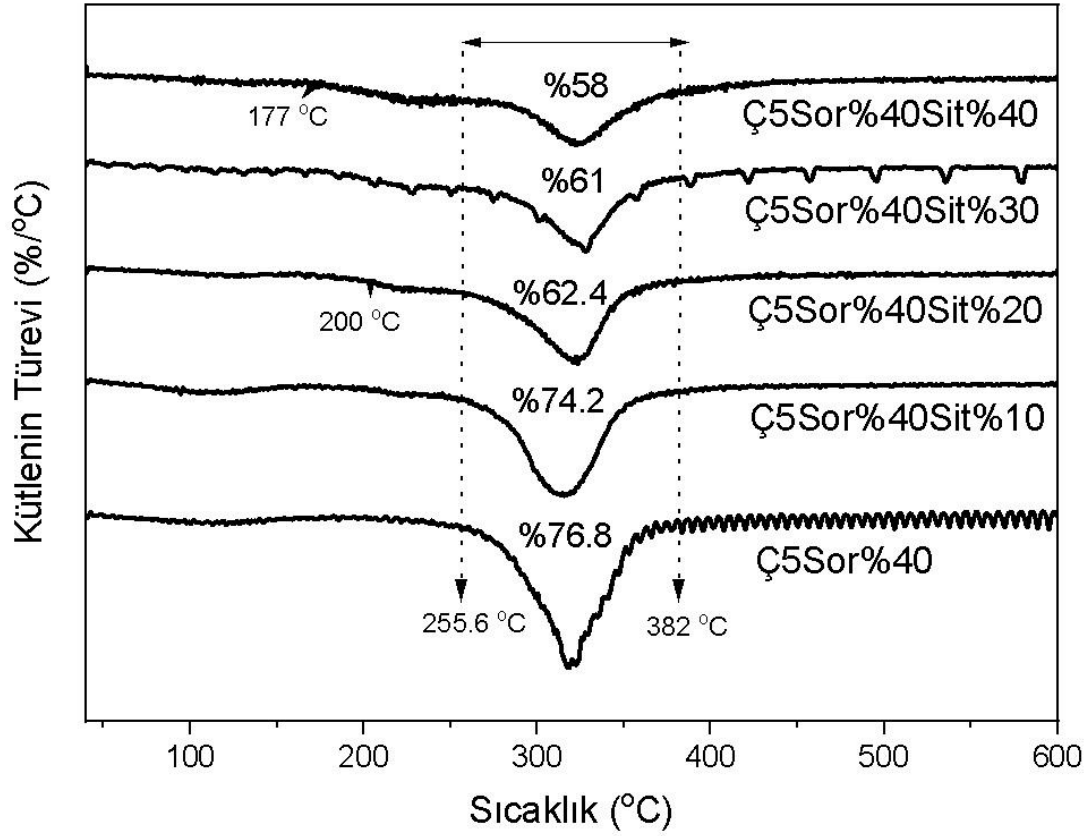
Çalışmamız da bulduğumuz değerler literatürde yapılan filmlerin % uzama değerleri incelendiğinde birbirlerine benzer sonuçlara rastlanmıştır (Bkz Tablo 4.11).

Tablo 4.11. Literatürde yapılan çalışmaların uzama (%) değeri

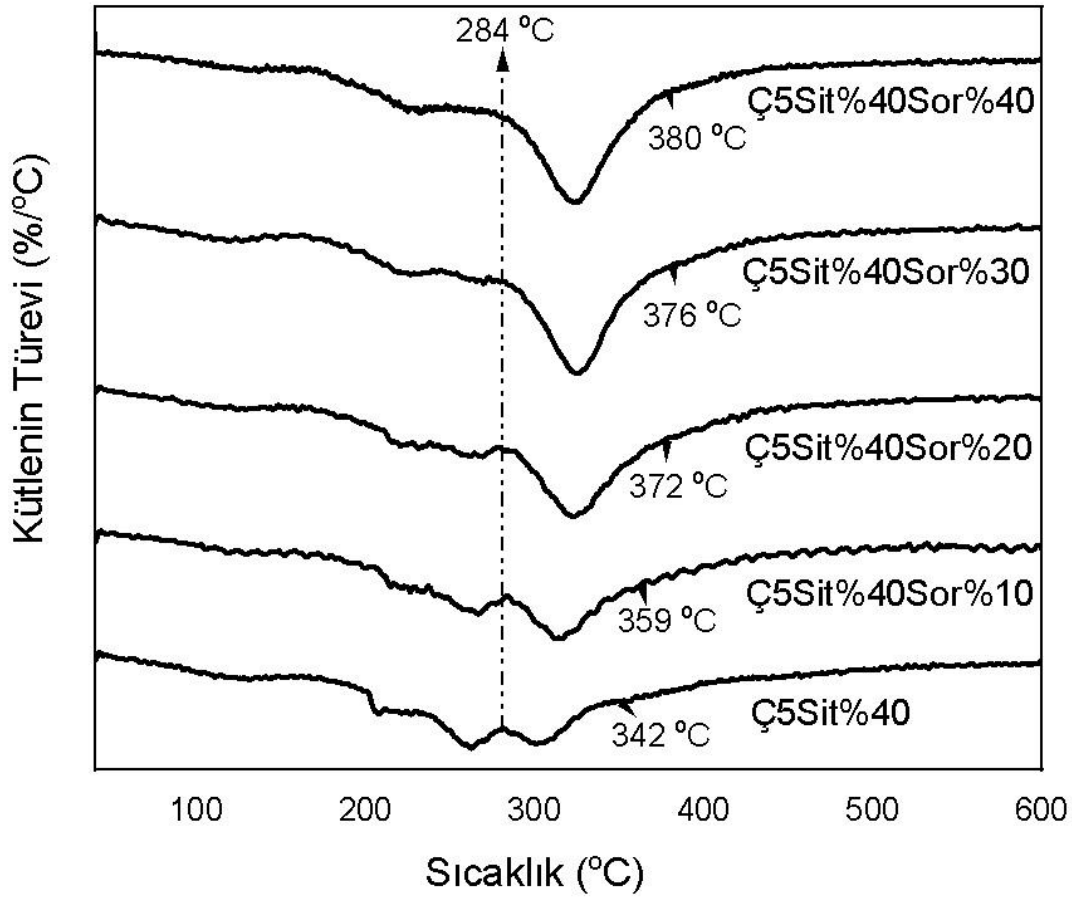
Ana materyal		Plastikleştirici		Diğer materyal		Uzama (%E)	Referans
Sorgum nişastasası	%5 a/h distile su	Sorbitol	%20 a/a	Sitrik asit	%10 a/a nişasta	30	(Kusumaningtyas & Putri, 2018)
			%40 a/a			35	
			%60 a/a			45	
Mısır nişastasası + buğday nişastasası (2:3)	%6 a/h distile su	Sorbitol	%0,6 a/h distile su	Sitrik asit	%2,5 a/h su	40-50 arası	(Zuo & Song, 2019)

4.3.3. TGA Termogramlarının Yorumlanması

Sitrik asit ve sorbitol birleşimi ile oluşturulan filmlerin kütlelerinin türevleri Şekil 4.28’de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 4.28. (a): Sor (%40 a/a un) + Sit (%0,5,10...), (b) Sit (%40 a/a un) + Sor (%0,5,10...) İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin kütlenin türev eğrileri

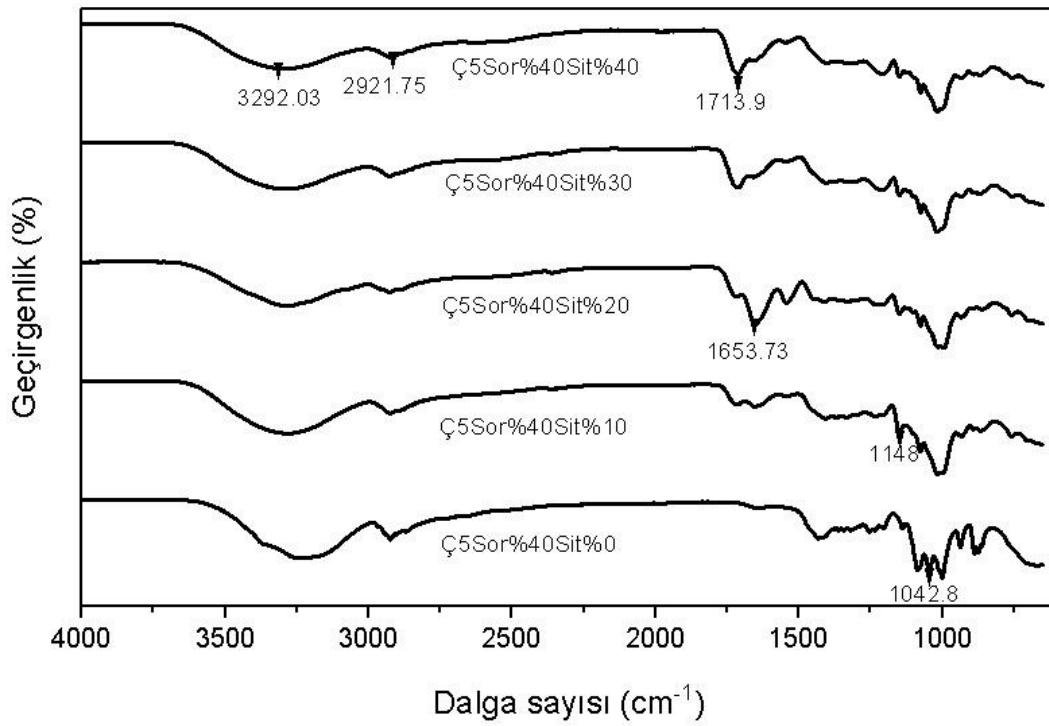
Şekil 4.28.a incelediğimizde suyun buharlaşma sıcaklığı 128 °C' den 85 °C' ye düşmüştür. Suyun buharlaşmasıyla %3 ile %9 ağırlık kaybetmiştir. 2. pikin başlangıç sıcaklığında da düşmeler meydana gelmiştir bu durum erken bozulmanın meydana geldiğini gösterir. İlave edilen sitrik asit konsantrasyonu arttıkça başlangıç sıcaklık değerleri yaklaşık 170-200 °C arasında değişmektedir. Sorbitollu filmin ikinci pikte bozulan miktarı, sitrik asit ilavesiyle %76,8'dan %58'e doğru azalmıştır. TGA bitiminde kalan % miktar sorbitollu filmlerden fazladır. Ayrıca ilave edilen sitrik asit konsantrasyonu ile kalan % miktar artmıştır. Yaklaşık %14-23 arasında ağırlık kalmıştır.

Şekil 4.28.b incelediğimizde suyun buharlaşma sıcaklığı 81 °C' den 99 °C' a yükselmiştir. Kaybedilen ağırlık miktarı da yaklaşık %11' den %4' e düşmüştür. İlave edilen sorbitol miktarı

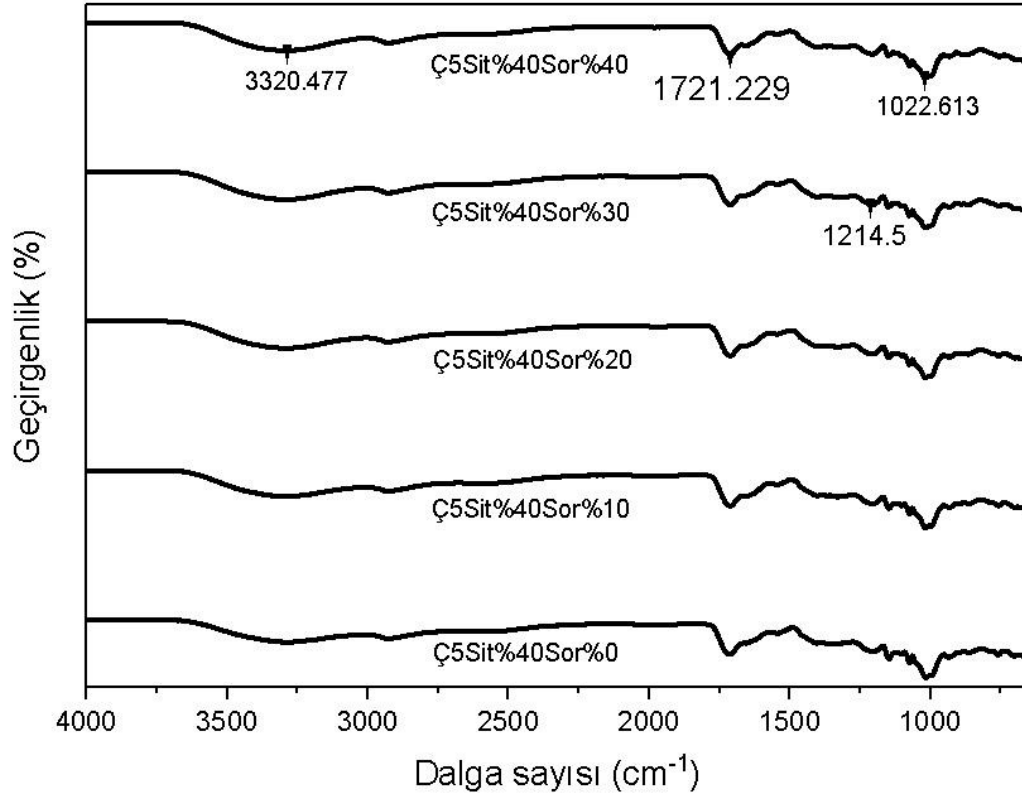
ile suyun buharlaşmasıyla kaybedilen değer azalmıştır. 3. pikin başlangıç sıcaklığında fazla değişikliğe rastlanmamıştır. 3. bozulmanın bitiş sıcaklığı bakıldığında sorbitolun ilavesiyle bozulma sıcaklığı da artmıştır. Bozunan miktar değeri %59-70 arasında değişmektedir. Analiz bitiminde yaklaşık %20 ile %29 arasında film miktar kalmıştır.

4.3.4. FT-IR Spektrumlarının Yorumlanması

Sitrik asit ve sorbitol birleşiminden oluşan filmlerin FTIR'sı Şekil 4.29' de verilmiştir. Gösterilen spektrum değerlerine karşılık gelen fonksiyonel gruplar Tablo 4.12 ve Tablo 4.13' de gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 4.29. (a): Sor (%40 a/a un) + Sit (%0,5,10...), (b) Sit (%40 a/a un) + Sor (%0,5,10...) İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin FTIR diyagramı

Tablo 4.12. *Sitrik asit (%40 (a/a un)) ve farklı miktarlarda sorbitol eklenen filmlerin FTIR absorbands sayıları ve fonksiyonel grupları*

Absorbans sayısı (cm ⁻¹)	Bağ	Fonksiyonel grup	Ç5Sit%40	Ç5Sit%40So r%10	Ç5Sit%40So r%20	Ç5Sit%40So r%30	Ç5Sit%40So r%40
3500-3200 (s, b)	O-H gerili m bandı, H-bağı	Alkol, fenollar	3320,477	3320,477	3320,477	3320,477	3320,477
3000-2850 (m)	C-H gerili m bandı	Alkanlar	2936,214	2936,214	2936,214	2936,214	2936,214
1740-1720 (s)	C=O gerili m bandı	Aldehitler, doymuş alifatik	1721,229	1721,2229	1721,2229	1721,2229	1721,2229
1650-1580 (m)	N-H bükülme bandı	1° aminler	1636,373	1636,373	1636,373	1636,373	1636,373
1550-1475 (s)	N-O asimetrik gerili m bandı	Nitro bileşikler	1546,695	1546,695	1546,695	1546,695	1546,695
1500-1400 (m)	C-C gerili m bandı	Aromatikler	1398,679	1398,679	1398,679	1398,679	1398,679

Tablo 4.12. (Devam) *Sitrik asit (%40 (a/a un)) ve farklı miktarlarda sorbitol eklenen filmlerin FTIR absorbands sayıları ve fonksiyonel grupları*

1250-1020 (m)	C-N gerili m bandı	Alifatik aminler	1214,5 1155,2 1075,2 1022,6	1214,5 1155,2 1075,2 1022,6	1214,5 1155,2 1075,2 1022,6	1214,5 1155,2 1075,2 1022,6	1214,5 1155,2 1075,2 1022,6
1000-650 (s)	=C-H bükül me bandı	Amenler	934,4 855,3 754,06 709	934,4 855,3 754,06 709	934,4 855,3 754,06 709	934,4 855,3 754,06 709	934,4 855,3 754,06 709
950-910 (m)	O-H bükül me bandı	Karboksi lik asit	934,4	934,4	934,4	934,4	934,4
900-675 (s)	C-H	Aromatik ler	855,3 754,06 709	855,3 754,06 709	855,3 754,06 709	855,3 754,06 709	855,3 754,06 709

Tablo 4.13. Sorbitol(%40 (a/a un)) ve farklı miktarlarda sitrik asit eklenen filmlerin FTIR absorbands sayıları ve fonksiyonel grupları

Absorbans sayısı (cm ⁻¹)	Bağ	Fonksiyonel grup	Ç5Sor%40	Ç5Sor%40Si t%10	Ç5Sor%40Si t%20	Ç5Sor%40Si t%30	Ç5Sor%40Si t%40
3500-3200 (s, b)	O-H gerili m bandı, H-bağı	Alkol, fenollar	3365,79 3226,92	3292,03	3292,03	3292,03	3292,03
3000-2850 (m)	C-H gerili m bandı	Alkanlar	2924,7	2921,75	2921,75	2921,75	2921,75
1730-1715 (s)	C=O gerili m bandı	α , β -doymamış esterler	-	-	1714,961	1714,961	1714,961
1760-1690 (s)	C=O gerili m bandı	Karboksilik asitler		1713,9			
1650-1580 (m)	N-H bükülme bandı	1° aminler	1653,73	1653,73 1542,83	1653,73 1542,83	1653,73 1542,83	1653,73 1542,83
1500-1400 (m)	C-C gerili m bandı	Aromatikler	1431,33	1454,6 1405,9	1405,9	1405,9	1405,9
1370-1350	C-H	Alkanlar	1362,51 9	1359	-	-	-

Tablo 4.13. (Devam) Sorbitol(%40 (a/a un)) ve farklı miktarlarda sitrik asit eklenen filmlerin FTIR absorbands sayıları ve fonksiyonel grupları

1250-1020 (m)	C-N gerili m bandı	Alifatik aminler	1090,11 2 1046,24	1209,68 1148 1073,23 1019,72	1209,68 1148 1073,23 1019,72	1209,68 1148 1073,23 1019,72	1209,68 1148 1073,23 1019,72
1000-650 (s)	=C-H bükülme bandı	Amenler	999,7	994,2 926,67 861,09 759,85 702	994,2 926,67 861,09 759,85 702	994,2 926,67 861,09 759,85 702	994,2 926,67 861,09 759,85 702
950-910 (m)	O-H bükülme bandı	Karboksilik asit	931,97	926,67	926,67	926,67	926,67
900-675 (s)	C-H	Aromatikler	873,15	861,09 759,85 702	861,09 759,85 702	861,09 759,85 702	861,09 759,85 702

Dai (2020)' in yaptığı çalışma da 30 ml distile suya 2 g jelatin ile karıştırılıp, %5 (a/h) sorbitol ilave edilip farklı miktarlarda sitrik asit (%0, 0,2, 0,5, 1,5 ve 5 a/h) ile film yapılmış ve filmlerin FTIR analizi yapmışlardır. Çıkan sonuçlar Tablo 4.14'da verilmiştir (Dai & Li, 2020). Yaptığımız çalışmalarda bulduğumuz spektrum değerlerine yakın çıkmıştır.

Tablo 4.14. Literatürde yapılan çalışmaların FTIR değeri

Film	Sitrik asit konsantrasyonu (%)	Amide A (cm ⁻¹)	Amide I (cm ⁻¹)	Amide II (cm ⁻¹)	Referans
Jelatin	0	3419	1637	1550	(Dai & Li, 2020)
	0,2	3421	1638	1550	
	0,5	3427	1636	1551	
	1,5	3432	1637	1552	
	5	3442	1634	1551	

4.3.5. Antioksidan ve Toplam Fenolik Madde Analiz Sonuçları

Tablo 4.15’de iki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin %DPPH inhibisyonu ve toplam fenolik madde miktarları gösterilmiştir.

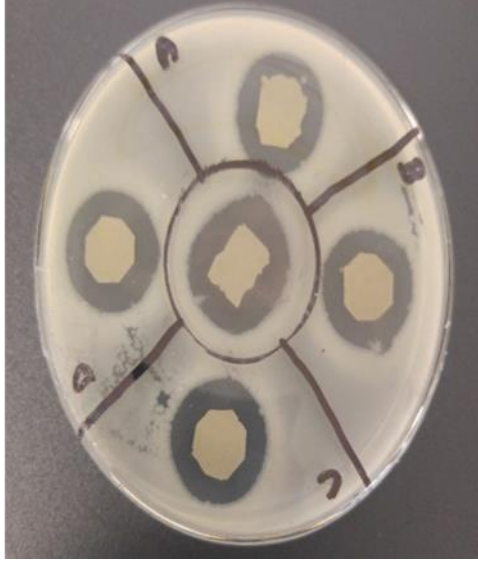
Tablo 4.15. İki plastikleştirici ile oluşturulan filmlerin antioksidan aktivite değerleri ve toplam fenolik madde içeriği

Film	% İnhibisyon	Toplam fenolik madde miktarı (mg/ gallik asit g)
Ç5Sor%40Sit%0	-1,34875±0,00057	0,284±0,002
Ç5Sor%40Sit%10	-0,81549±0,008	0,108±0,007
Ç5Sor%40Sit%20	-0,71356±0,004	0,165±0,008
Ç5Sor%40Sit%30	-0,30581±0,006	0,112±0,26
Ç5Sor%40Sit%40	-0,56065±0,0073	0,126±0,009
Ç5Sit%40Sor%0	4,181774±0,007	1,078±0,001
Ç5Sit%40Sor%10	-1,27421±0,01	0,169±0,007
Ç5Sit%40Sor%20	-0,35678±0,012	0,137±0,0057
Ç5Sit%40Sor%30	-1,27421±0,0015	0,127±0,0038
Ç5Sit%40Sor%40	-0,56065±0,0073	0,126±0,009

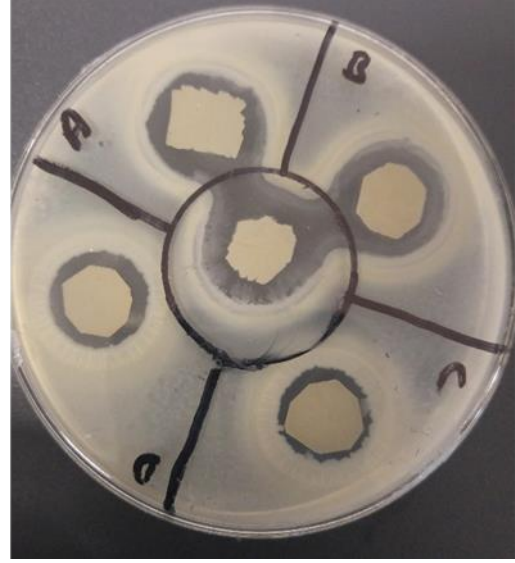
Tablo incelendiğinde sitrik asidin tek başına antioksidan içerdiğini Bölüm 4.2.5.a kısmında bahsedilmiştir. Sitrik aside sorbitolun ilavesi antioksidanı negatif etki göstermiştir. Ayrıca toplam fenolik madde içeriğini baktığımızda ikinci plastikleştiricinin eklenmesiyle toplam fenolik madde miktarının azaldığı gözükmemektedir.

4.3.6. Filmlerin Antimikrobiyal Duyarlılık Test Sonuçları

Sitrik asit ve sorbitol ilave edilmesiyle üretilen filmlerin gram (+) ve gram (-) bakterilerine karşı gösterdiği etki Şekil 4.30 ve Şekil 4.31 gösterilmiştir. Zon inhibisyonları kumpas ile ölçülüp Şekil 4.32’ de gösterilmiştir.



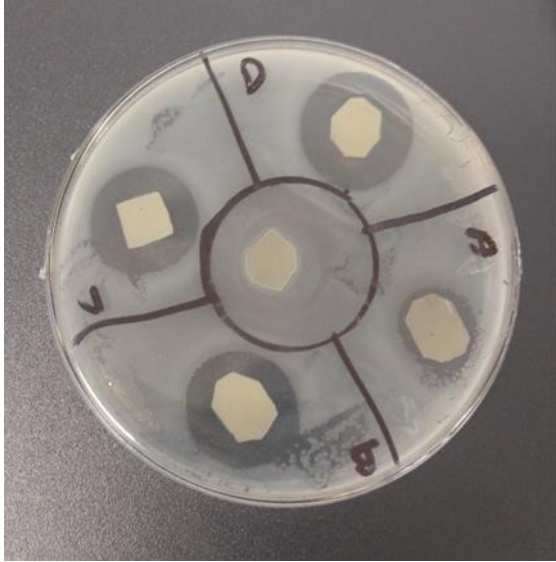
(a)



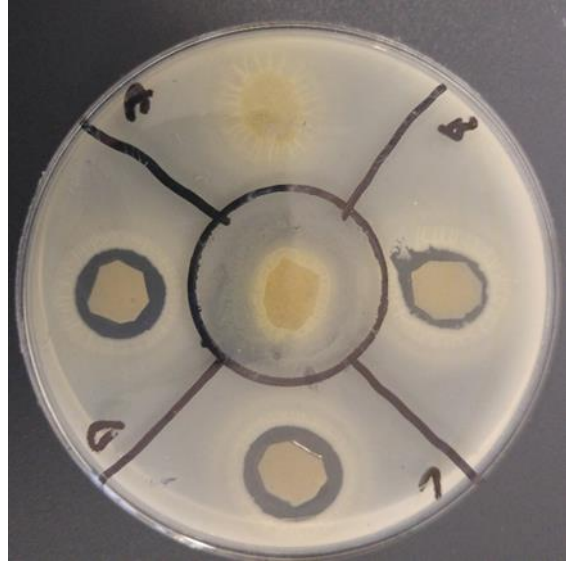
(b)

Şekil 4.30. Disk difüzyon metoduyla a) *Bacillus subtilis* gram (+) b) *Escherichia coli* gram (-) karşı antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi (A: Ç5Sit%40Sor%10, B: Ç5Sit%40Sor%20, C: Ç5Sit%40Sor%30, D: Ç5Sit%40Sor%40, E: Ç5Sit%40Sor%0)

Sitrik asitli filme sorbitol ilave edilmesi her iki bakteride gösterdiği etkinin düşmesine neden olmuştur. Sitrik asitli filmin tek başına gösterdiği etki daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.



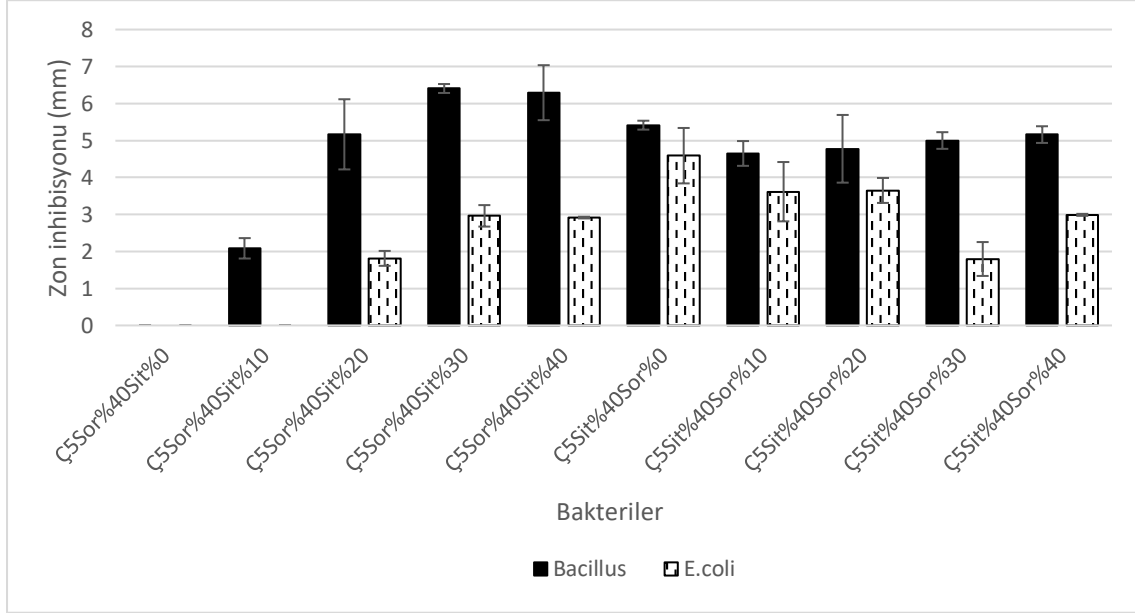
(a)



(b)

Şekil 4.31. Disk difüzyon metoduyla a) *Bacillus subtilis* gram (+) b) *Escherichia coli* gram (-) karşı antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi (A: Ç5Sor%40Sit%10, B: Ç5Sor%40Sit%20, C: Ç5Sor%40Sit%30, D: Ç5Sor%40Sit%40, E: Ç5Sor%40Sit%0)

Sorbitollu filmler tek başına antibakteriyel özellik göstermemiştir. %10 (a/a un) sitrik asidin ilavesiyle gram (+) bakterisinde etki gözükmeye başlamış ve sitrik asidin konsantrasyonunun artmasıyla bu etki artmıştır. Gram (-) bakterisine %20 (a/a un) sitrik asit ilavesinden sonra etki göstermeye başlanmıştır.



Şekil 4.32. a) *Bacillus subtilis* b) *Escherichia coli* 'a karşı antimikrobiyal aktivitenin zon inhibisyonu (mm)

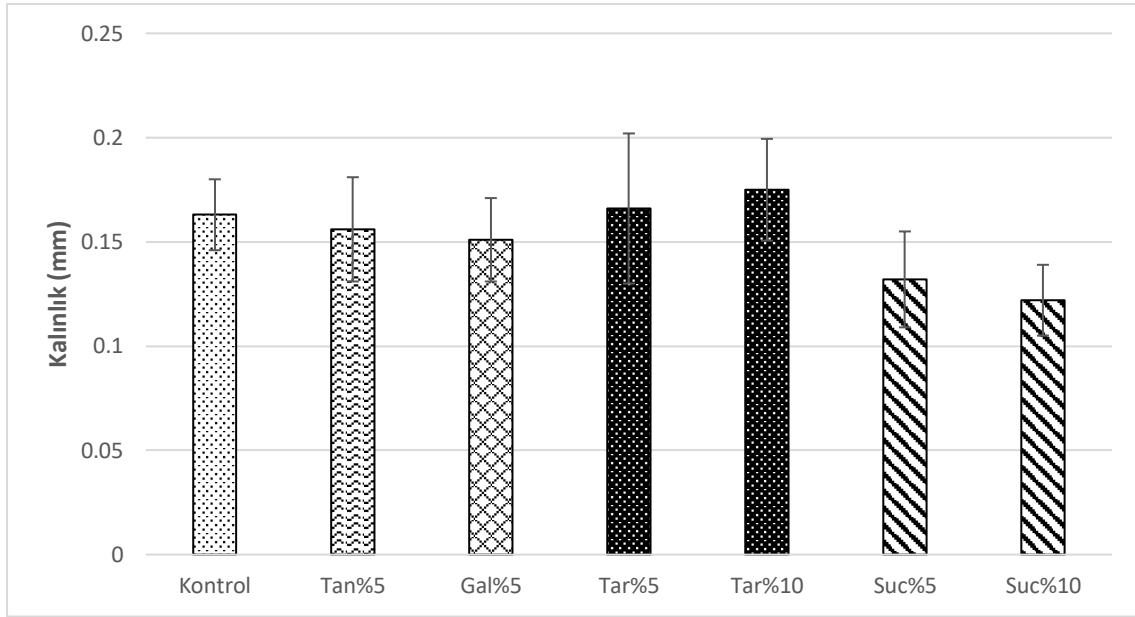
4.4.Organik Asitleri ile Hazırlanan Filmlerin Karakterizasyonu

4.4.1. Filmlerin Kalınlık, Opaklık, Su buhar Geçirgenliği ve Çözünürlükleri

4.4.1.a. Kalınlık

Yenilebilir filmlerin oluşumunda esneklik için plastikleştirici ilave edildiği gibi diğer maddelerde ilave edilmektedir. Yaptığımız çalışmalarda sorbitollu filmlerin bakterilere karşı gösterdiği etki gözükmemiştir (Bkz Bölüm 4.2.6). Bundan dolayı sorbitollu filmlere antibakteriyel özellik sağlamak amacıyla organik asitleri ilave edilerek filmlerin karakterizasyonları ve antibakteriyel özellikleri incelenmiştir.

Sorbitol miktarı sabit tutularak farklı konsantrasyonlarda (%5 ve %10 a/a un) organik asitleri ilave edilerek üretilen filmlerin kalınlık değerleri Şekil 4.33'de gösterilmiştir. Tannik asit ve gallik asit miktarını arttırdığımızda film üretimi gerçekleşmemiştir.

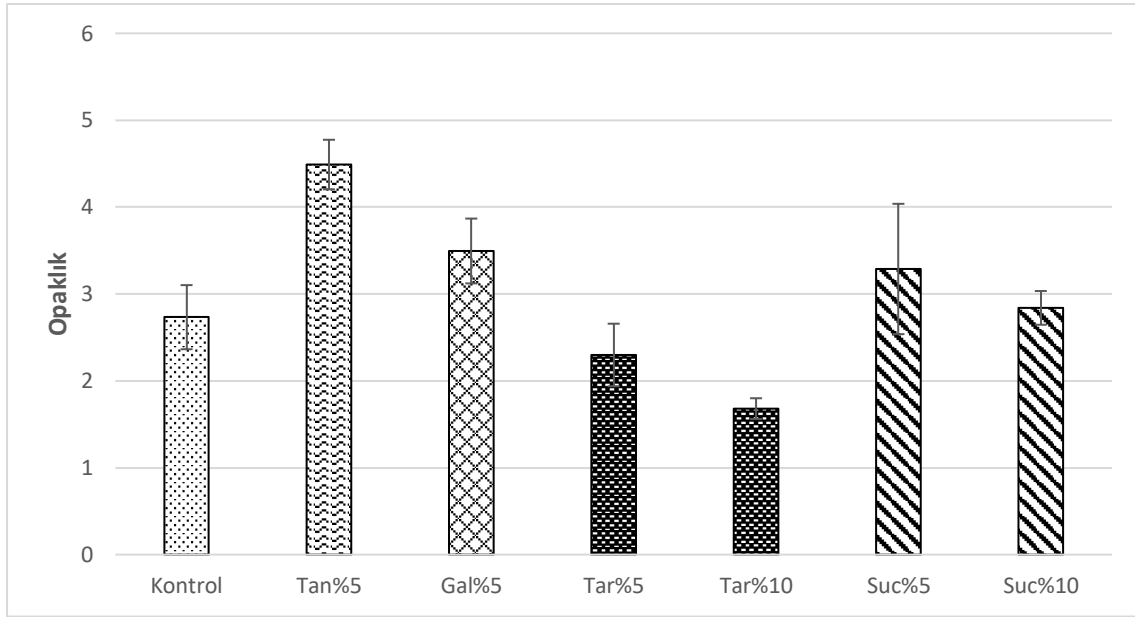


Şekil 4.33. Organik asit katkılı filmlerin kalınlık (mm) değerleri

Sorbitollu filmin kalınlık değeri $0,163 \pm 0,017$ çıkmıştır. %5 (a/a un) ilave edilen tannik, gallik ve süksinik asitlerde kalınlık değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Tartarik asidin kalınlık değeri $0,166 \pm 0,036$ ile sorbitollu filmlerin kalınlık değerine yakın çıkmıştır. Tartarik asit miktarı arttığında kalınlık değerinde %5 artış göstermiştir. Fakat aynı durum süksinik asitte olmamıştır. Süksinik asit miktarının artması kalınlık değerini düşürmüştür. Bunun nedeni süksinik asidin çapraz bağlanma yoluyla su iletim kapasitesini azaltan ester bağlarındaki hidrofobik yapılardan kaynaklanıyor olabilir (Thessrimuang & Prachayawarakorn, 2019).

4.4.1.b. Opaklık

Organik asitleri ilave edilen filmlerin opaklık değerleri Şekil 4.34’de gösterilmiştir. Opaklık değerlerini incelediğimizde %10 (a/a un) içeren tartarik ve süksinik asitli filmlerin opaklık değerleri düşük çıkmıştır. %5 (a/a un) içeren tannik, gallik ve süksinik asitli filmlerin opaklık değerleri sorbitollu filmde yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.34. Organik asit katkılı filmlerin opaklık değerleri

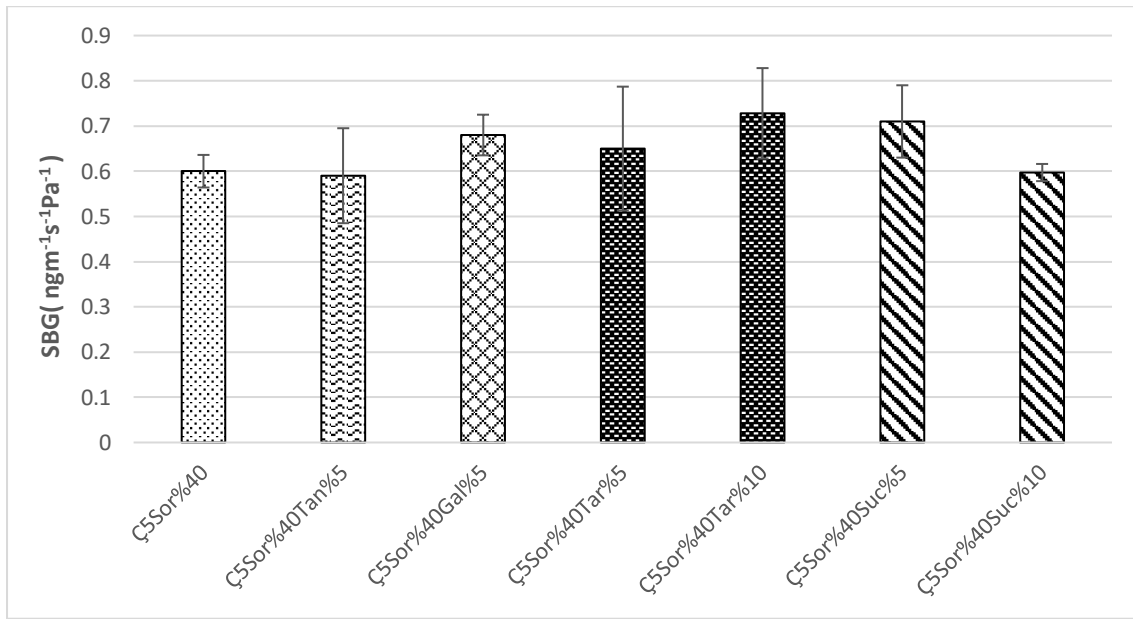
Raspo (2018) oluşturduğu sorbitol ve gallik asitli filmlerin opaklık değerleri Tablo 4.16’da verilmiştir. Elde ettiği değerlerde %1 wt sorbitol ve %0,75 wt gallik asit ile yaptığı filmin opaklık değeri $3,24 \pm 1,4$ olarak bildirilmiş ve yaptığımız sorbitol ve gallik asitli flmin opaklık değerine $0,349 \pm 0,373$ yakın çıkmıştır. Ayrıca Raspo’nun yaptığı çalışmada sorbitol sabit tutarak gallik asidin miktarını düşürdüğünde opaklık değeri artmıştır (Raspo & Gomez, 2018). Bizim çalışmamızda da tartarik ve süksinik miktarlarını düşürdüğümüzde opaklık değeri arttığı gözlemlenmiştir.

Tablo 4.16. Organik asit ilaveli filmlerin literatürde yapılan çalışmaların opaklık değerleri

Ana materyal		Plastikleştirici		Diğer maddeler (Organik asitler)		Opaklık	Referans
Kitosan çözeltisi	%1 wt	Sorbitol	%3 wt	Gallik asit	%1 wt	$0,88 \pm 0,3$	(Raspo & Gomez, 2018)
			%3 wt		%0,5 wt	$1,69 \pm 0,1$	
			%7 wt		%1 wt	$0,58 \pm 0,2$	
			%7 wt		%0,5 wt	$0,98 \pm 0,4$	
			%1 wt		%0,75 wt	$3,24 \pm 1,4$	
			%9 wt		%0,75 wt	$0,65 \pm 0,1$	

4.4.1.c. Su buhar geçirgenliği (SBG)

Organik asitleri ilave edilen filmlerin su buhar geçirgenliği Şekil 4.35’de gösterilmiştir. Su buhar geçirgenliğini incelediğimizde sorbitollu filme yakın değerler çıkmıştır. Aynı miktarlarda ilave edilen organik asitler kıyaslandığında; minimum su buhar geçirgenliği tannik asit (%5 a/a un) filminde çıkarken, maksimum su buhar geçirgenliği süksinik asit (%5 a/a un) filminde çıkmıştır.



Şekil 4.35. Organik asit katkılı filmlerin su buhar geçirgenliği (ngm⁻¹s⁻¹Pa⁻¹)

Literatür çalışmalarından Raspo (2018) yaptığı sorbitol ve gallik asit ile ürettiği filmlerin su buhar geçirgenliğinin sonuçları Tablo 4.17’de verilmiştir (Raspo & Gomez, 2018). Sonuçlar incelediğinde; su buhar geçirgenlik değerini 0,5±0,04 ile 1,292±0,1 arasında bildirdiği ve bu değerler yaptığımız çalışmada su buhar geçirgenlik değerleri 0,59±0,019 ile 0,728±0,1 aralığında çıktığı gözükmiştir. Sorbitol sabit tutulup gallik asit miktarının artmasıyla üretilen filmlerin su buhar geçirgenliğinin de arttığı bildirirmiştir. Benzer sonuçlar tartarik asit ile yaptığımız filmlerde gözükmiştir. Tartarik asit miktarının artmasıyla su buhar geçirgenliğinin değeri %1 artmıştır. Fakat süksinik asidin miktarının artması su buhar geçirgenliğini arttırmamıştır. Bunun nedeni film kalınlığı ile alakalıdır.

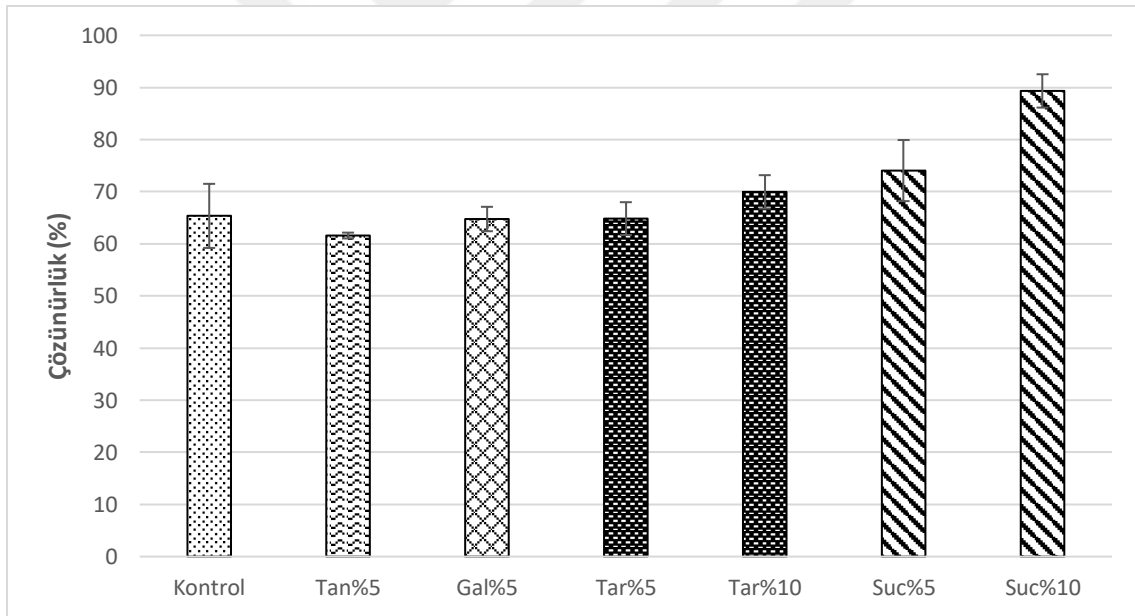
Tablo 4.17. Organik asitli ilave filmlerin literatürde yapılan çalışmaların su buhar geçirgenliği

Ana materyal	Plastikleştirici	Diğer maddeler	SBG	Referans
--------------	------------------	----------------	-----	----------

				(Meyve asitler)		(ngm ⁻¹ s ⁻¹ Pa ⁻¹)		
Kitosan çözeltisi	%1 wt	Sorbitol	%3 wt	Gallik asit	%1 wt	0,771±0,04		(Raspo & Gomez, 2018)
			%3 wt		%0,5 wt	0,667±0,01		
			%7 wt		%1 wt	1,021±0,09		
			%7 wt		%0,5 wt	0,812±0,06		
			%1 wt		%0,75 wt	0,50±0,04		
			%9 wt		%0,75 wt	1,292±0,1		

4.4.1.d. Çözünürlük

Şekil 4.36’de sorbitol ve meye asit ilave edilmiş filmlerin çözünürlükleri gösterilmiştir. Aynı miktar eklenen %5 (a/a un) organik asit ile oluşturulan filmlerin çözünürlük değerleri sorbitollu filmlerin çözünürlük değerine yakın çıkmıştır. Tannik asitli filmin çözünürlük değeri sorbitollu filme göre %6 azalmış, süksinik asitli film ise %11 artış göstermiştir. Tartarik asit ve süksinik asit miktarları arttırarak yapılan filmlerin çözünürlük değeri de artmıştır.



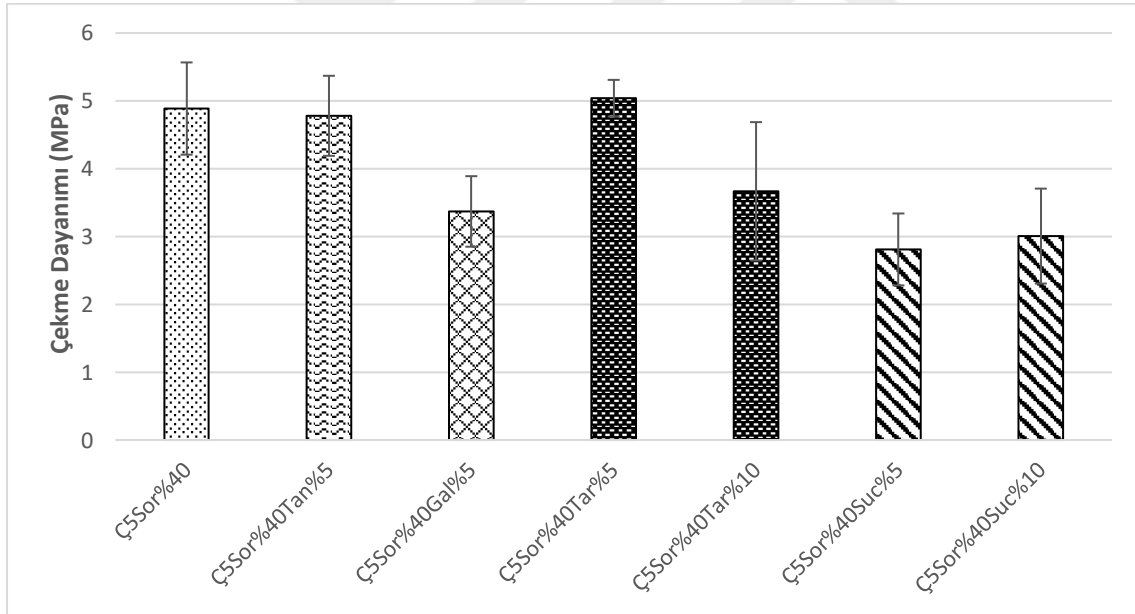
Şekil 4.36. Organik asit katkılı filmlerin (%) çözünürlük değerleri

Literatür çalışmalarında organik asit ile yapılan filmlerde genellikle plastikleştirici olarak gliserol kullanılmaktadır. Örneğin, sırasıyla ham materyal+ plastikleştirici+ meyve asidi olacak şekilde sırasıyla: bezelye unu+ gliserol+ gallik asit; nohut unu gliserol+ gallik asit; nişasta ve polivinil alkol karışımı+ gliserol+ süksinik /tartarik asit; kitosan+ gliserol+ tannik asit ((Yildiz & Sumnu, 2021) (Kocakulak, Sumnu, & Sahin, 2019) (Yoon & Chough, 2005) (Rivero & Garcia, 2010)). Bu çalışmaların çözünürlük değerlerini sırasıyla incelediğimiz:

$36,660 \pm 0,267$ - $41,208 \pm 0,345$; $37,25 \pm 2,19$ - $46,91 \pm 2,54$; yaklaşık %20- 50; %10- %20 değerler arasında olduğu bildirilmiştir. Kocakulak (2019) yaptığı çalışmada farklı miktarda nohut unu, gliserol ve gallik asit ilave edilerek oluşturduğu filmlerin çözünürlükleri incelendiğinde nohut unu, gliserol miktarı sabit tutulup gallik asit miktarı arttığında çözünürlük değeri artmıştır. Filmlerin çözünürlük değerleri %37,25 ile 46,91 arasında çıktığı bildirilmiştir (Kocakulak, Sumnu, & Sahin, 2019).

4.4.2. Filmlerin Mekanik Özellikleri

Sorbitollu filmlere organik asit ilave edilmiş yenilebilir filmlerin çekme dayanımı Şekil 4.37’de gösterilmiştir. Organik asit katkılı ve ilavesiz filmleri kıyasladığımız zaman aynı miktarda %5 (a/a un) organik asit katkılı filmlerin çekme dayanımı; süksinik asit %42, gallik asit %31, tannik asit %2 azalırken tartarik asit ilaveli filmlerin %3 arttığı gözükmemektedir. Ayrıca tartarik asit miktarını arttırarak oluşturulan filmlerin, film oluşum bağlarını zayıflatarak çekme dayanımı azalmıştır. Süksinik asitli filmde ise bunun tersi gözlemlenmiş çekme dayanımı artmıştır.



Şekil 4.37. Organik asit katkılı filmlerin çekme dayanımı (MPa)

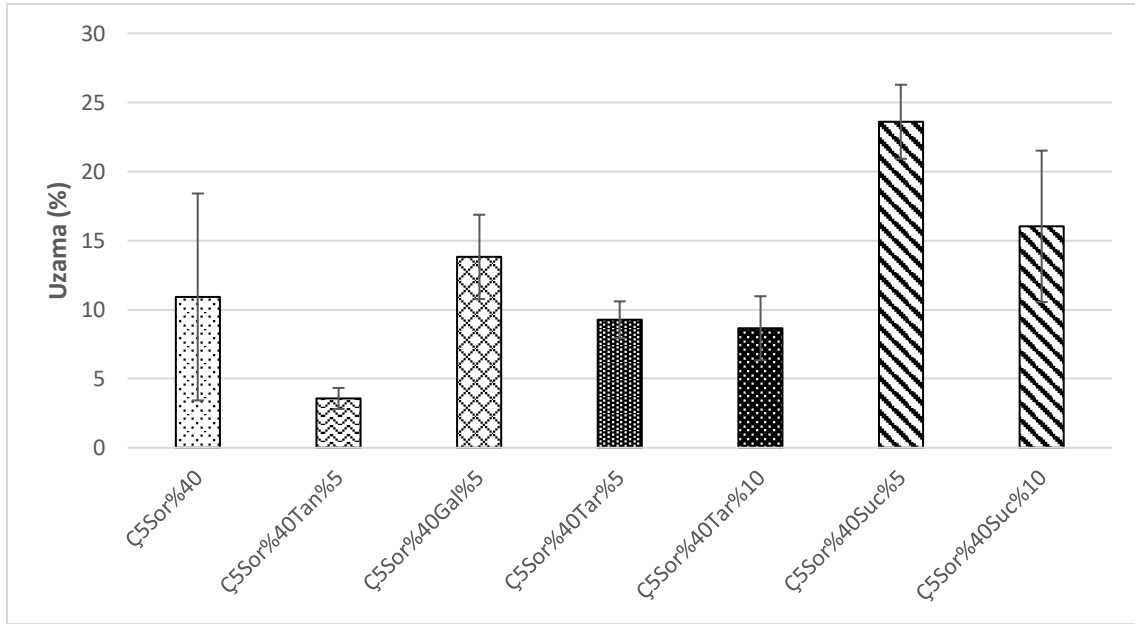
Çalışmamızda gallik asitli filmin çekme dayanımı $3,37 \pm 0,52$ MPa bulunmuştur. Bulduğumuz çekme dayanımı değerleri, literatürde bildirilen çekme dayanımı değerleri aralığında çıkmıştır (Bkz Tablo 4.18) (Yildiz & Sumnu, 2021). Raspo (2018) yaptığı kitosan, sorbitol ve gallik asit ile film üretiminin çekme dayanımları incelediğimizde sorbitol miktarı sabitken gallik asidin artması çekme dayanımını arttırırken azalttığını da göstermiştir (Raspo &

Gomez, 2018). Benzer sonuçlar buğday glüten tozu ile yapılan filmlerde de rastlanmıştır. Gallik asit miktarı arttıkça çekme dayanımı azalmış, tannik asit miktarı arttıkça çekme dayanımı artmıştır (Hager & Arendt, 2012).

Tablo 4.18. Organik asitli ilave filmlerin literatürde yapılan çalışmaların çekme dayanımı

Ana materyal		Plastikleştirici		Diğer maddeler (Meyve asitler)		Çekme dayanımı (MPa)	Referans
Kitosan çözeltisi	%1 wt	Sorbitol	%3 wt	Gallik asit	%1 wt	4,1±1,9	(Raspo & Gomez, 2018)
			%3 wt		%0,5 wt	4,5±0,8	
			%7 wt		%1 wt	1,8±0,1	
			%7 wt		%0,5 wt	1±0,1	
			%1 wt		%0,75 wt	8,5±1,4	
			%9 wt		%0,75 wt	0,9±0,3	
Bezelye unu	%8 a/h distile su	Gliserol	%2,5 a/h	Gallik asit	%10 a/a	5,39±0,396	(Yildiz & Sumnu, 2021)
Buğday glüten tozu	2,2 g (13,5 ml %100 etanol)	Gliserol	0,9 g	Gallik asit	%5 a/a gluten	0,85±0,1	(Hager & Arendt, 2012)
					%10 a/a gluten	0,53±0,07	
				Tannik asit	%5 a/a gluten	1,36±0,33	
					%10 a/a gluten	2,14±0,37	

Şekil 4.38’de sorbitollu film ve sorbitollu filme organik asit ilave edilmiş filmlerin % kopma da uzaması gösterilmiştir. Tannik asit ve tartarik asitte % uzama azalırken, süksinik asit ve gallik asitte artış gözükümüştür.



Şekil 4.38. Organik asit katkı filmlerin uzama (%) değerleri

Tartarik asit ve süksinik asit miktarlarının artmasıyla üretilen filmlerin % uzama değeri düşmüştür. Literatür çalışmasında gallik asit miktarının artırarak üretilen filmin % uzama miktarının azaldığı bildirilmiştir. Bulduğumuz sonuçlar literatürde bulunan değerler aralığında çıkmıştır (Tablo 4.19) (Raspo & Gomez, 2018) (Yildiz & Sumnu, 2021).

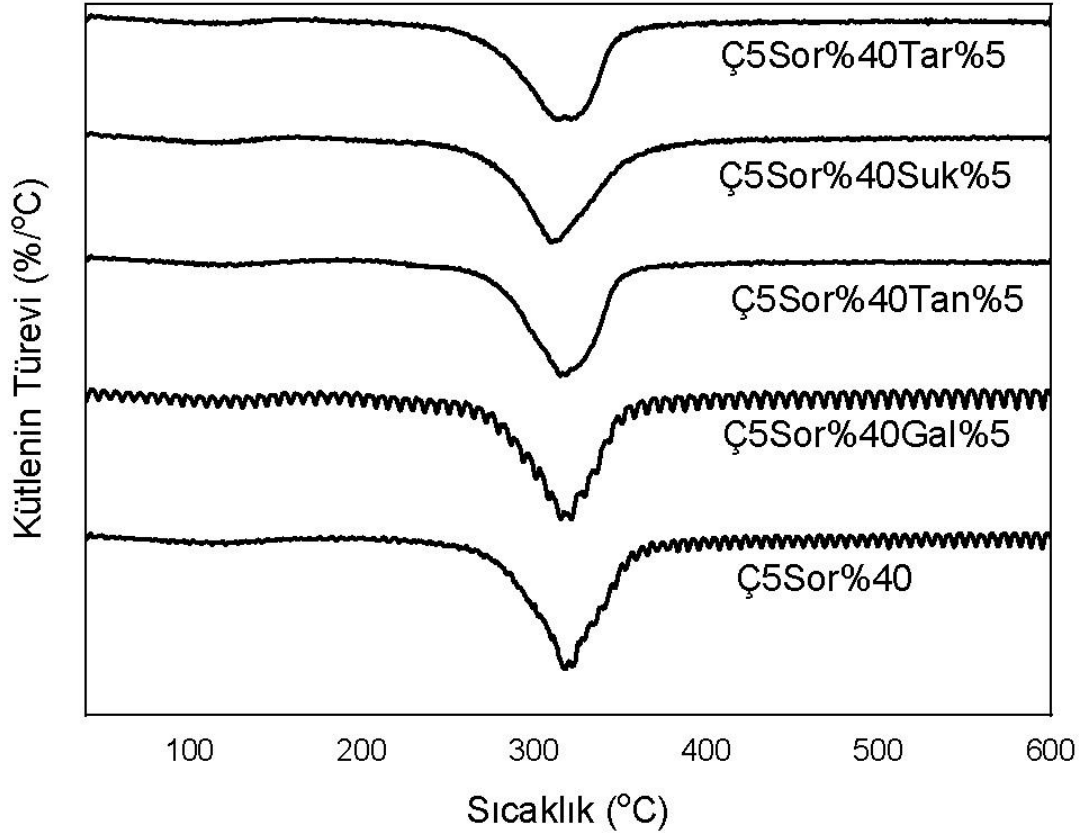
Tablo 4.19. Organik asitli ilave filmlerin literatürde yapılan çalışmaların uzama değerleri

Ana materyal		Plastikleştirici		Diğer maddeler (Meyve asitler)		Uzama (%E)	Referans
Kitosan çözeltisi	%1 wt	Sorbitol	%3 wt	Gallik asit	%1 wt	23±2	(Raspo & Gomez, 2018)
			%3 wt		%0,5 wt	40±1	
			%7 wt		%1 wt	54±1	
			%7 wt		%0,5 wt	35±1	
			%1 wt		%0,75 wt	3±0	
			%9 wt		%0,75 wt	44±1	
Bezelye unu	%8 a/h distile su	Gliserol	%2,5 a/h	Gallik asit	%10 a/a	20,21±0,28	(Yildiz & Sumnu, 2021)

4.4.3. TGA Termogramlarının Yorumlanması

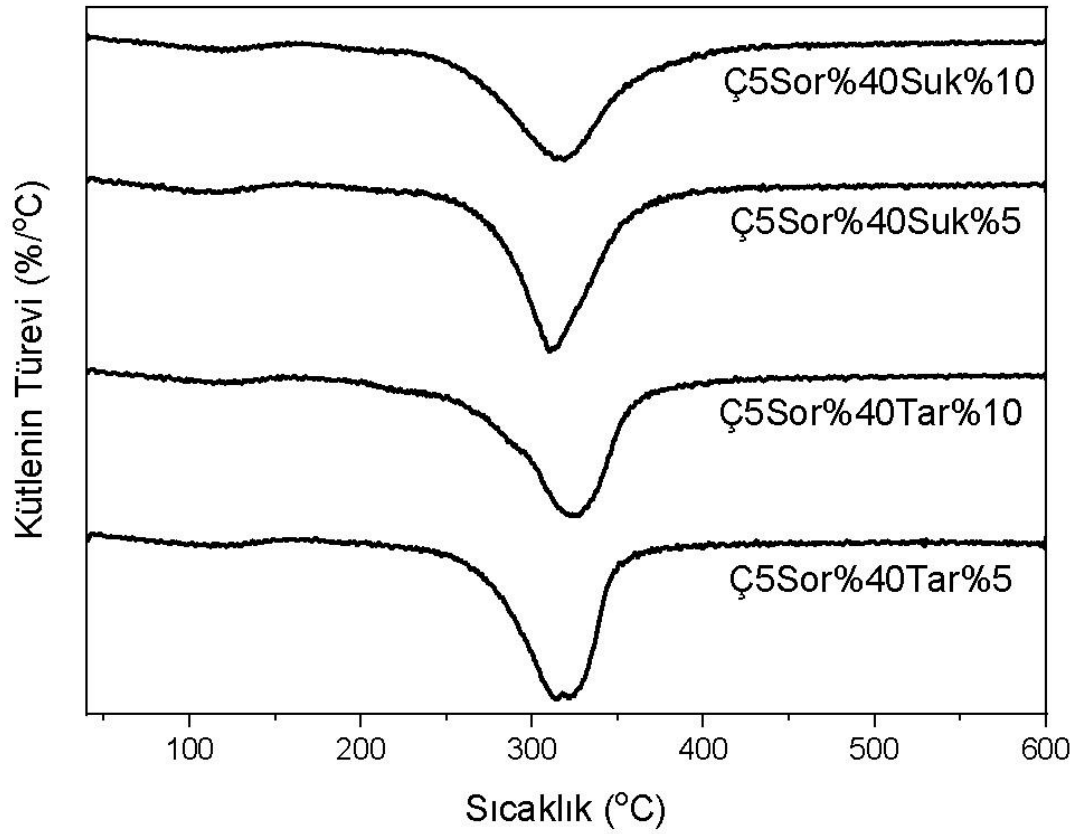
Organik asitleriyle üretilen yenilebilir filmlerin kütlenin türev eğrileri Şekil 4.39'de gösterilmiştir. Genel olarak 2 ayrı bozunma basamağı gözlemlenmiştir. İlk bozunma basamağı

75-175 °C aralığında olup yaklaşık %4 kütle kaybı gözükmemektedir. Bu kaybın nedeni suyun buharlaşmasıyla gerçekleşmektedir. İkinci bozunma basamağı yaklaşık 260-350 °C sıcaklık aralığında olup film yapısının bozulmaya başlanmasıdır. Film yapısının bozulmasıyla yaklaşık %70 kütle kaybı gerçekleşmiştir (Bahtimur & Tanyolaç, 2018).



Şekil 4.39. Aynı miktarlar ile ilave edilen organik asitli filmlerin kütlenin türev eğrileri

Aynı miktarda %5 (a/a un) eklenen organik asitlere baktığımızda suyun buharlaşmasıyla kaybedilen ağırlık miktarı süksinik asit ve gallik asitte fazla gözükmiştir. 2. bozulmanın başladığı sıcaklık orijinal filmde ki sıcaklık değerine yakın çıkmıştır. Süksinik asitli filmin bozulması geç başlarken tannik asit erken başlamıştır. Anand (2013) yaptığı çalışmada sorbitol ve süksinik asitli filmin TGA çalışmasında ikinci bozulmanın başlangıç sıcaklığının 229 °C olarak bildirilmiştir (Anand & Kulkarni, 2013). 2. bozulmanın bitiş sıcaklığı, organik asit ile üretilen filmlerin sıcaklığı sorbitollu filmin sıcaklığından yüksek çıkmıştır. TGA bitişinde kalan % miktarında, organik asit eklenen bütün filmlerde kalan miktar, sorbitollu filmde kalan miktardan fazla çıkmıştır.

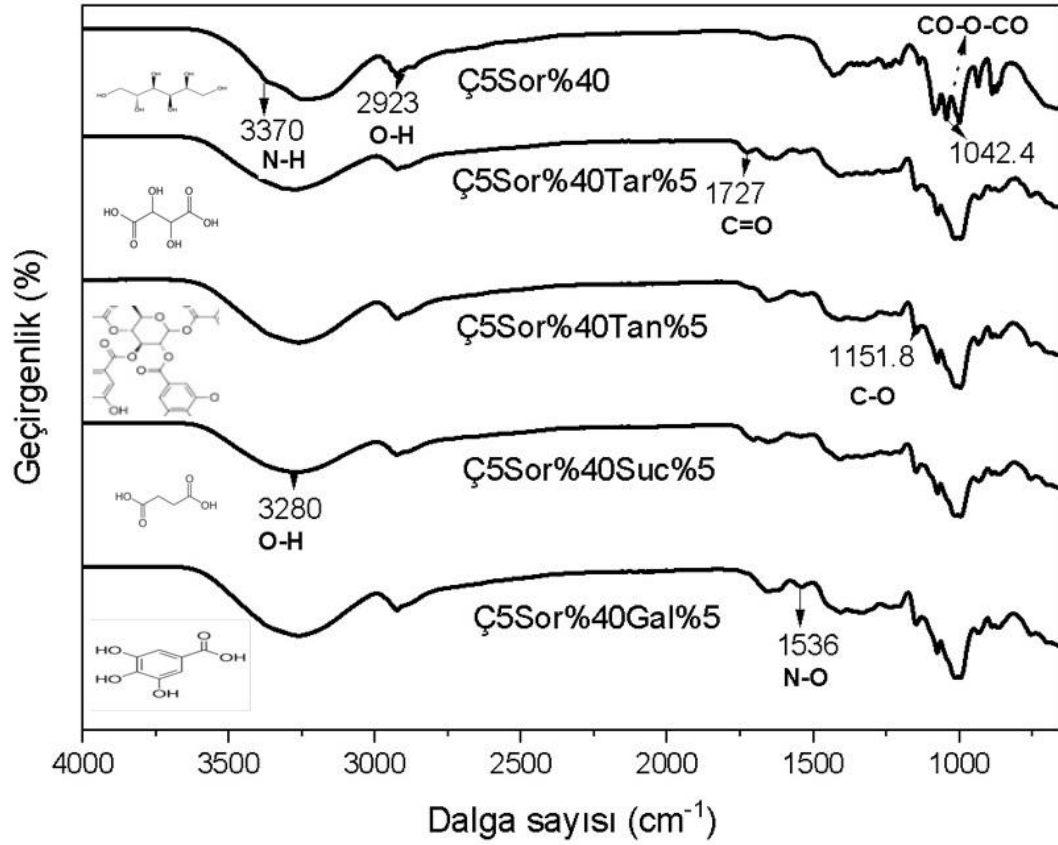


Şekil 4.40. Farklı miktarlar ile ilave edilen tartarik ve süksinik asitli filmlerin kütlenin türev eğrileri

Tartarik ve süksinik asit miktarının arttırarak üretilen filmlerin kütlesinin türev eğrileri Şekil 4.40’da verilmiştir. Tartarik ve süksinik asit miktarı arttıkça ikinci bozulmanın başlangıç ve bitiş sıcaklığında belli bir fark gözükmemiştir. TGA bitişinde kalan % miktarı incelediğimizde; tartarik asit miktarı arttıkça kalan % miktarı azalırken, süksinik asit miktarı arttıkça kalan % miktarı artmıştır.

4.4.4. FT-IR Spektrumlarının Yorumlanması

Sorbitollu filmlere organik asitlerin ilavesiyle oluşturulan filmlerin FTIR’sı Şekil 4.41 ve Şekil 4.42’ de verilmiştir.



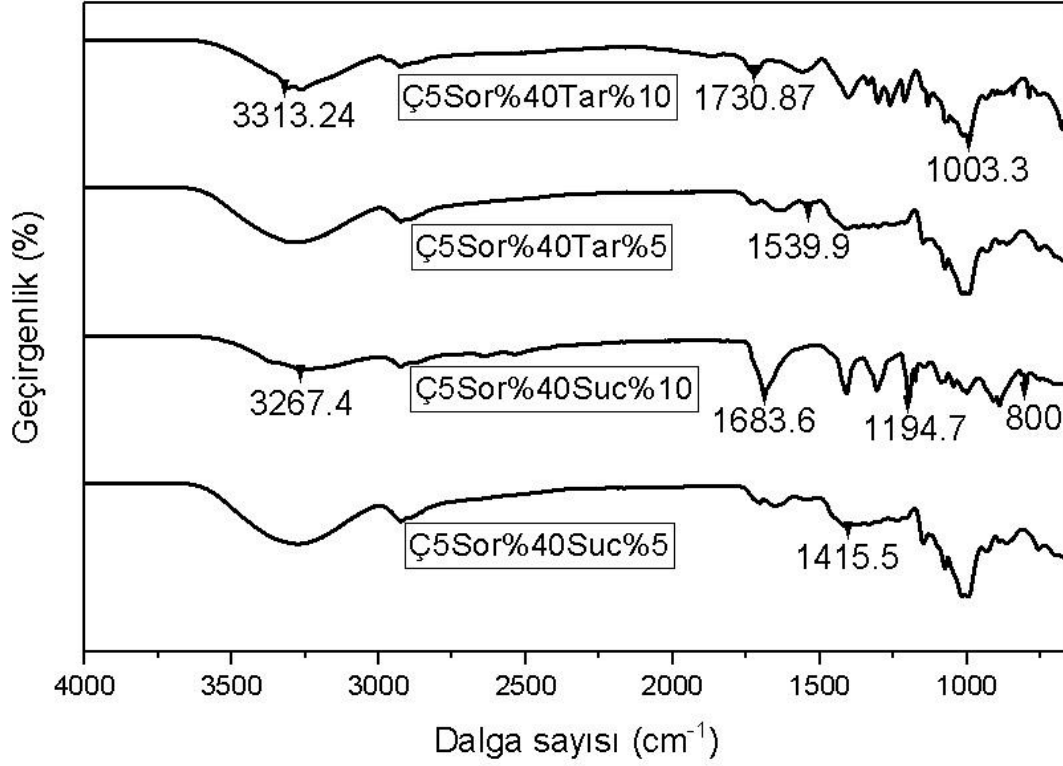
Şekil 4.41. Aynı miktarlar ile ilave edilen organik asitli filmlere ait FTIR diyagramı

Meyve asit eklenen filmlerin pikleri orijinal filmin piklerine benzer çıkmıştır. Gallik asit eklenen filmler ile orijinal filmi incelediğimizde; $1636,37\text{ cm}^{-1}$ de bulunan genişlemiş pik - C=C- gerilim bandı ile alkenleri temsil etmektedir. $1545,25\text{ cm}^{-1}$ de keskin pik oluşmuştur N-O asimetric gerilim bandı ile nitro bileşikler göstermektedir. Orijinal filmde gözükken $1139,29\text{ cm}^{-1}$ gallik asidin eklenmesiyle $1146,04\text{ cm}^{-1}$ ’e kaymıştır. Orijinal filmde bulunan $1090,112$, $1042,4$ ve $999,7\text{ cm}^{-1}$ ait 3 tane keskin pik gözükürken gallik asit ilavesiyle $1073,72\text{ cm}^{-1}$ keskin ve $1013,93\text{ cm}^{-1}$ orta olmak üzere iki tane pik gözükmiştir. $931,97$ ve $873,15\text{ cm}^{-1}$ bulunan keskin pikler azalmıştır.

Süksinik asit eklenen film ile orijinal filmi incelediğimizde; $1705,8\text{ cm}^{-1}$ keskin pik oluşmuştur. $1545,25\text{ cm}^{-1}$ ’de orta pik gözükmiştir. Gallik asitli filmde olduğu gibi $1042,4\text{ cm}^{-1}$ de olan pik kaybolmuştur. $931,97$ ve $873,15\text{ cm}^{-1}$ de bulunan pikler de gallik asitli filmde olduğu gibi azalmıştır.

Genel olarak organik asit eklenmiş filmlerin hepsinde $1042,4\text{ cm}^{-1}$ de olan pik kaybolmuştur. $931,97$ ve $873,15\text{ cm}^{-1}$ de bulunan piklerde de azalma gözükmiştir. Süksinik

asit 1705,8 cm^{-1} ve tartarik asitte 1718,034 cm^{-1} oluşan pikler C=O gerilim bantları ile α , β -doymamış esterler ve aldehitleri temsil etmektedir.



şekil 4.42. Farklı miktarlar ile ilave edilen tartarik ve süksinik asitli filmlere ait FTIR diyagramı

Tartarik asit miktarının artmasıyla 1539,9 ile 1003,3 cm^{-1} arasında olan pikler belirginleşmiştir. Bunlar alkollar, karboksilik asitleri temsil etmektedir. Aynı durum süksinik asidin miktarının artmasında da gözükmemektedir.

4.4.5. Antioksidan ve Toplam Fenolik Madde Analiz Sonuçları

Tablo 4.20’de organik asitleri ile oluşturulan filmlerin %DPPH inhibisyonu ve toplam fenolik madde miktarları gösterilmiştir.

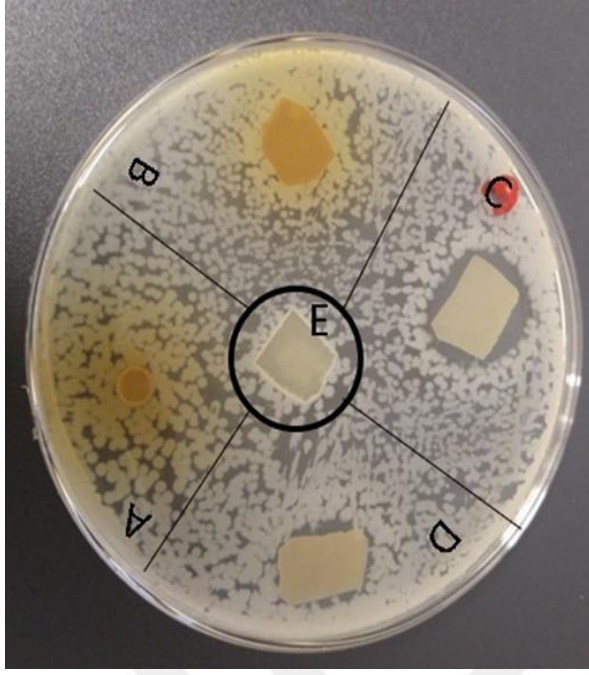
Tablo 4.20. Organik asit katkılı filmlerin antioksidan aktivite değerleri ve toplam fenolik madde içeriği

Film	% İnhibisyon	Toplam fenolik madde miktarı (mg/ gallik asit g)
Ç5Sor%40	-1,34875±0,00057	0,284±0,002
Gallik %5	75,53±0,041	2,01±0,234
Tannik %5	19,047±0,042	1,68±0,16
Tartarik asit %5	-57,47±0,019	0,87±0,016
Tartarik Asit %10	-62,2±0,0005	-0,0097±0,0377
Süksinik Asit %5	-63,63±0,0038	-0,124±0,038
Süksinik Asit %10	-14,13±0,34	-0,09±0,023

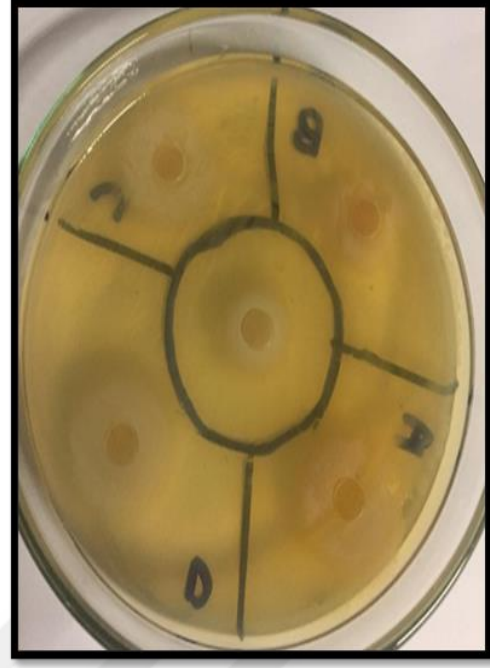
Gallik asit ve tannik asidin kendinden olan antioksidanlık özelliği, sorbitolun antioksidan özelliği taşımayan özelliğini yok ederek antioksidan özellik kazandırmıştır. Tartarik ve süksinik asitte antioksidan aktivite özelliği yoktur. Filmlerin toplam fenolik madde içeriği incelendiğinde, sorbitola eklenen gallik, tannik ve tartarik asitli filmlerin içerdiği fenolik maddeyi arttırmıştır. Süksinik asitte ve yüksek miktarda eklenen tartarik asit ile üretilen filmlerde fenolik maddeye rastlanmamıştır.

4.4.6. Filmlerin Antimikrobiyal Duyarlılık Test Sonuçları

Sorbitola organik asit ilave edilmesiyle üretilen filmlerin gram (+) ve gram (-) bakterilerine karşı gösterdiği etki Şekil 4.43 ve Şekil 4.44 gösterilmiştir. Zon inhibisyonları kumpas ile ölçülüp Tablo 4.21 de gösterilmiştir.

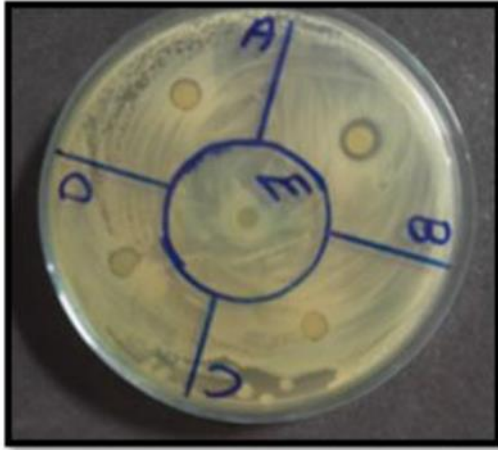


(a)

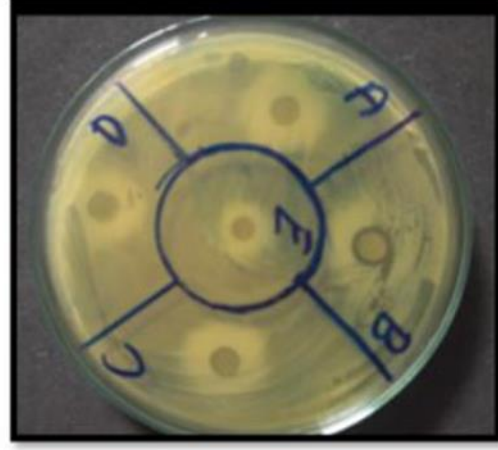


(b)

Şekil 4.43. Disk difüzyon metoduyla A) *Bacillus Subtilis* B) *Salmonella typhimurium*'a karşı antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi (A: Gallik asit %5, B: Tannik asit %5, C: Tartarik Asit %5, D: Süksinik Asit %5, Orta: Kontrol-asit içermeyen film)



(a)



(b)

Şekil 4.44. Disk difüzyon metoduyla *Bacillus sp.* karşı (B): Disk difüzyon metoduyla *Salmonella typhimurium*'a karşı antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi (A: Tartarik asit %5, B: Tartarik Asit %10, C: Süksinik Asit %5, D: Süksinik Asit %10, Orta: Kontrol (asit içermeyen film))

Tablo 4.21. Organik asitli filmlerin *Bacillus subtilis* ve *Salmonella typhimurium* karşı antimikrobiyal aktivitenin zon inhibisyonu (mm)

Film	<i>Bacillus sp.</i>	<i>Salmonella typhimurium</i>
Tartarik asit %5	0,53±0,1	0,2±0,1
Tartarik Asit %10	1,47±0,13	1,085±0,05
Süksinik Asit %5	0,27±0,1	0,3±0,1
Süksinik Asit %10	0,655±0,2	0,32±0,1
Ç5Sor%40	0	0

4.5.Kudret narı kabuğu tozu ile Hazırlanan Filmlerin Karakterizasyonu

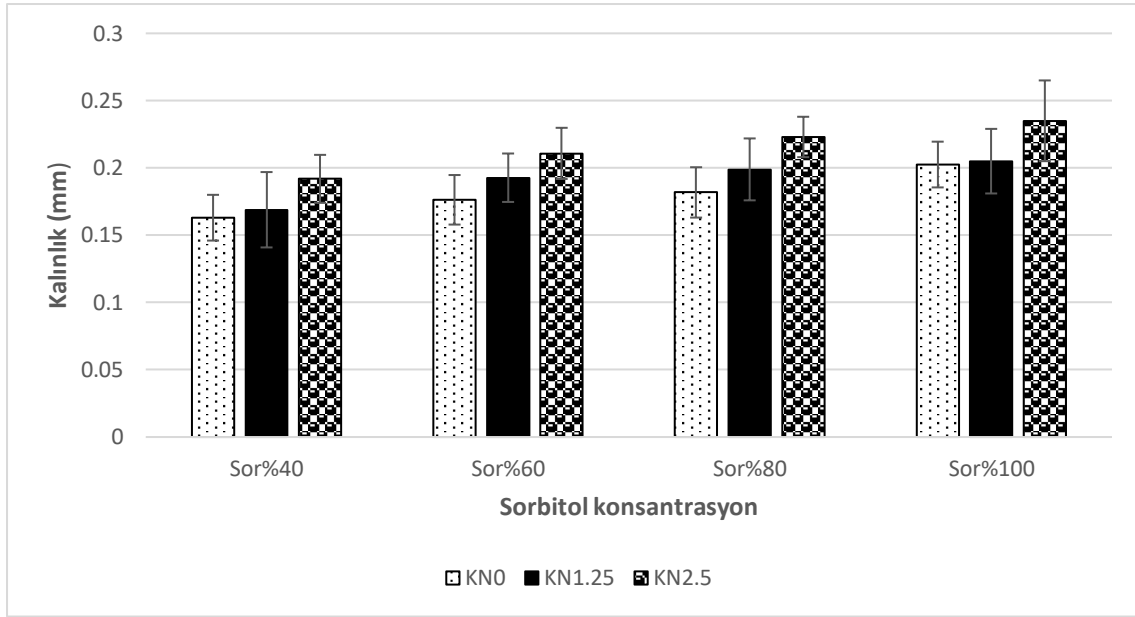
Birçok gıdanın meyvesini tüketirken; çekirdeği ve kabuğu çöpe atılmaktadır ya da toprağa karışıp yok olmaktadır. Oysa ki meyvesinde bulunan vitamin, selüloz ve antioksidan gibi bileşenler kabuk ve çekirdekte de bulunmaktadır. Bundan dolayı yenilebilir filmin antioksidanı, antibakteriyel özelliğini güçlendirmek ve atıkta bulunan mikrofibrilleri oluşturulması için gerekli olan hidrojen bağların etkisiyle yenilebilir filmin mekaniksel olarak güçlenmesi amacıyla yenilebilir film üretiminde kullanılmaktadır.

Bölüm 4.4’de yaptığımız çalışmada sorbitollu filmlere meyve asitleri eklediğimizde antibakteriyel etkilerin olduğu gösterilmişti. Bu yüzden bu bölümde sorbitollu filmlere kudret narı kabuğu tozu ilave ettiğimizde filmin karakterizasyonu, antibakteriyel ve antioksidan özellikleri incelenmiştir. Bölüm 4.2’de yaptığımız farklı plastikleştiriciler ile üretilen filmlerde sitrik asitli filmlerin bakterilere karşı gösterdiği direnç fazla çıkmıştır, antibakteriyel özelliğin daha fazla olması amacıyla kudret narı kabuğu tozu eklenerek film üretimi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca etilen glikollü filmlerin mekanik özellikleri diğer plastikleştirici (sorbitol, sitrik asit, gliserol) filmlerden yüksek çıkmıştır. Kudret narı kabuğu tozunun etilen glikollü filmlere ilave edilerek üretildiğinde filmlerin mekanik özellik etkisi incelenmiştir.

4.5.1. Filmlerin Kalınlık, Opaklık, Su buhar Geçirgenliği, Çözünürlükleri ve SEM

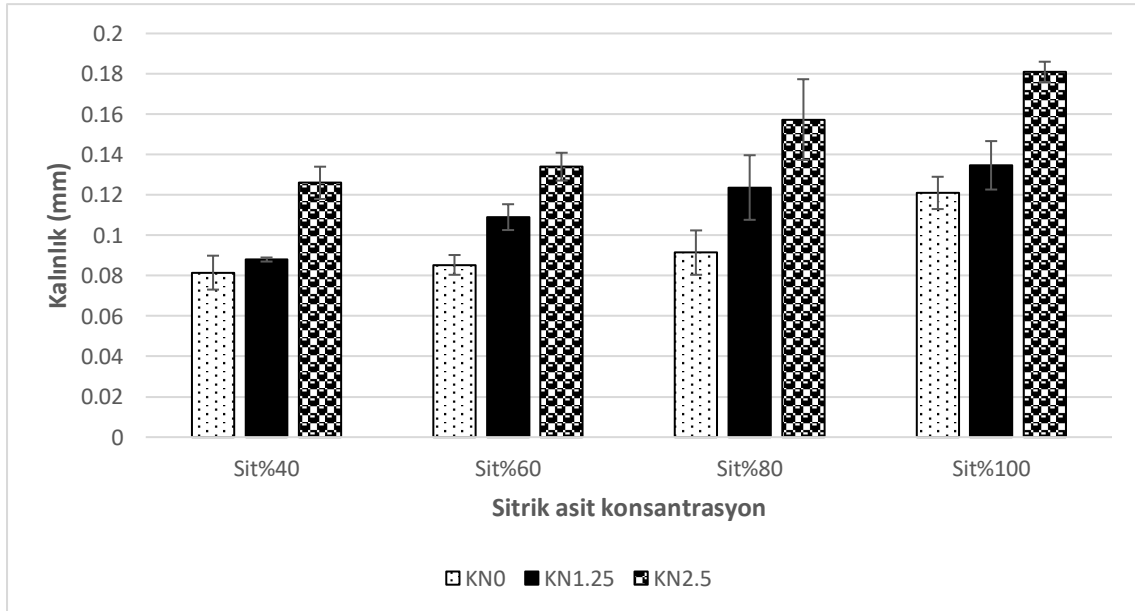
4.5.1.a. Kalınlık

Farklı miktarlarda %40-60-80-100 (a/a un) sorbitol, sitrik asit ve etilen glikollü filmlere farklı miktarda 1,25 ve 2,5 g kudret narı kabuğu tozu ilave edilerek üretilen filmlerin kalınlıkları sırasıyla Şekil 4.45, Şekil 4.46 ve Şekil 4.47’de gösterilmiştir.



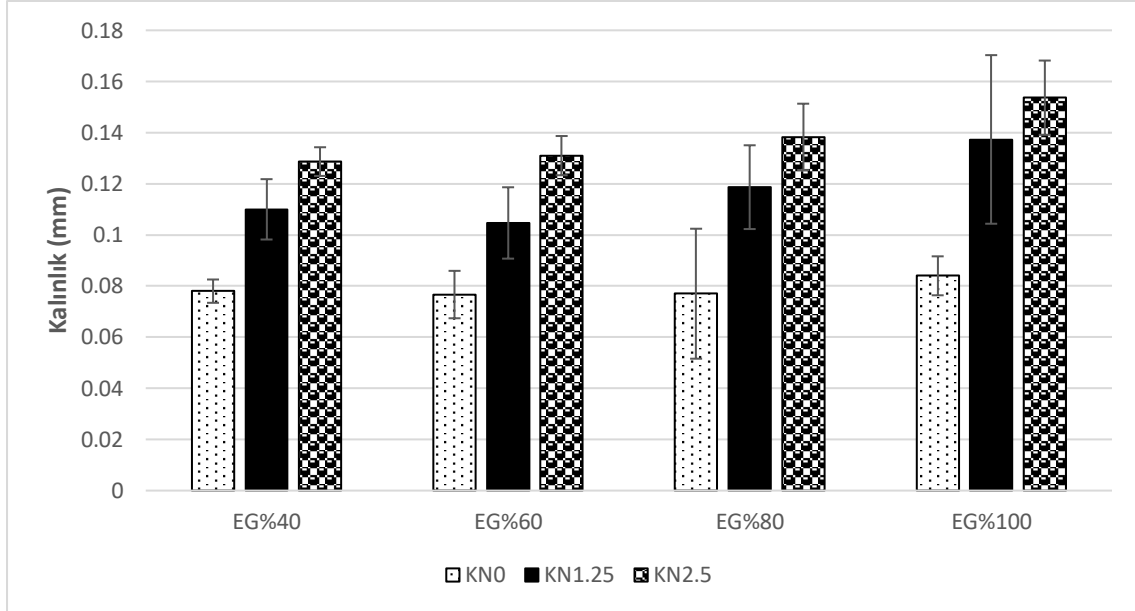
Şekil 4.45. Sorbitol ve kudret narı kabuğu tozu katkı filmlerin kalınlık (mm) değerleri

Sorbitolun konsantrasyonu arttıkça filmlerin kalınlık değerlerindeki artışı Bölüm 4.2.1.a’da gösterilmişti. Sorbitola kudret narı kabuğu tozu eklenerek üretilen filmlerin kalınlığı artmaktadır. En az film kalınlığını etkileyen film; sorbitol konsantrasyonu yüksek olan (%100 a/a un) filmde 1,25 g kudret narı eklendiğinde filmin kalınlığını %1 arttırmıştır.



Şekil 4.46. Sitrik asit ve kudret narı kabuğu tozu katkı filmlerin kalınlık (mm) değerleri

Sitrik asitli filmlerin kalınlık değerleri $0,0815 \pm 0,0084$ ile $0,121 \pm 0,008$ mm arasında değişmekteydi. Kudret narı kabuğu tozunun ilavesiyle bu değer maksimum $0,181 \pm 0,005$ mm çıkmıştır.



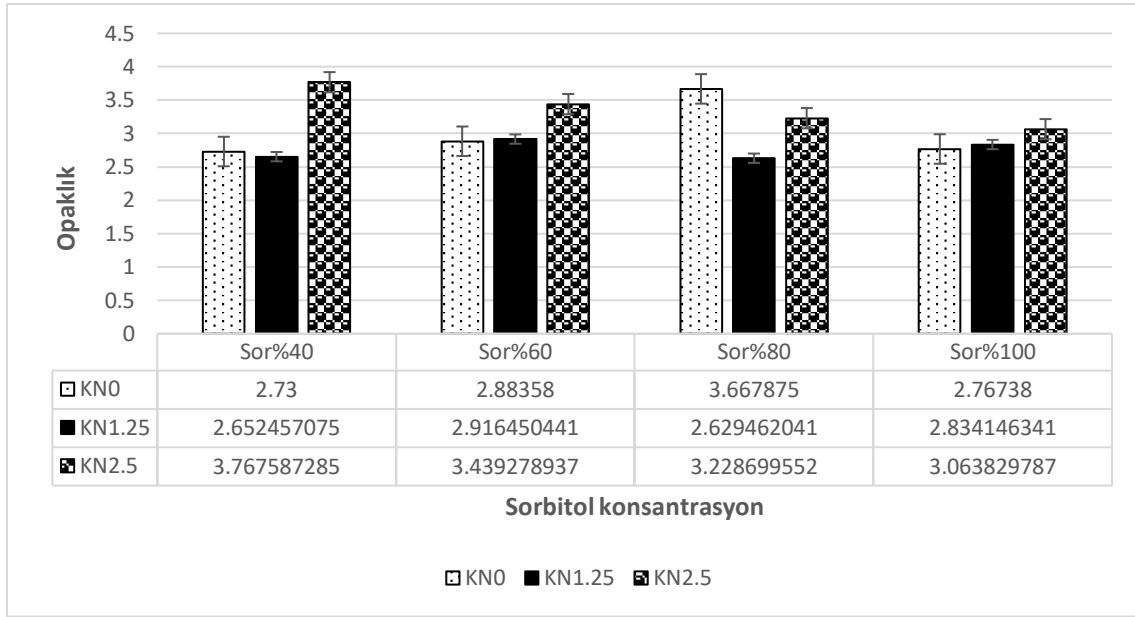
Şekil 4.47. Etilen glikol ve kudret narı kabuğu tozu katkı filmlerin kalınlık (mm) değerleri

Etilen glikol filmlerin kalınlık değerleri sitrik asitli filmlerin kalınlık değer aralığında olup, $0,078 \pm 0,004$ ile $0,084 \pm 0,0068$ mm arasında değişmekteydi ($p < 0,05$). Kudret narı kabuğu tozunun ilavesiyle bu değer maksimum $0,15367 \pm 0,003$ çıkmıştır.

Genel olarak plastikleştirici miktarının artması filmlerin kalınlık değerlerinin arttırmaktadır ayrıca kudret narı kabuğu tozunun ilave edilmesi ve kudret narı kabuğu tozunun miktarının artırılması da filmlerin kalınlık değerlerini arttırmaktadır.

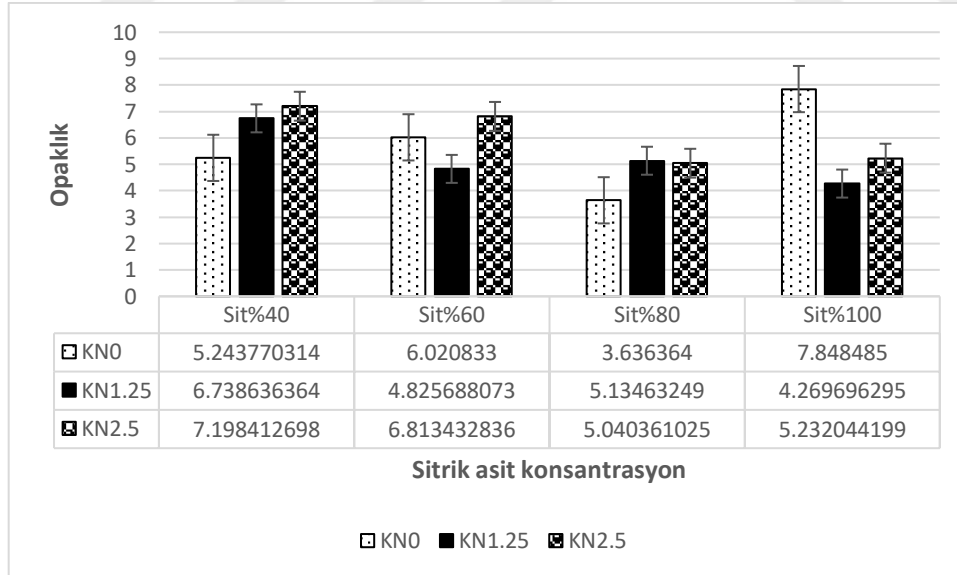
4.5.1.b. Opaklık

Farklı miktarlarda %40-60-80-100 (a/a un) sorbitol, sitrik asit ve etilen glikollü filmlere farklı miktarda 1,25 ve 2,5 g kudret narı kabuğu tozu ilave edilerek üretilen filmlerin opaklıkları sırasıyla Şekil 4.48, Şekil 4.49 ve Şekil 4.50’da gösterilmiştir.



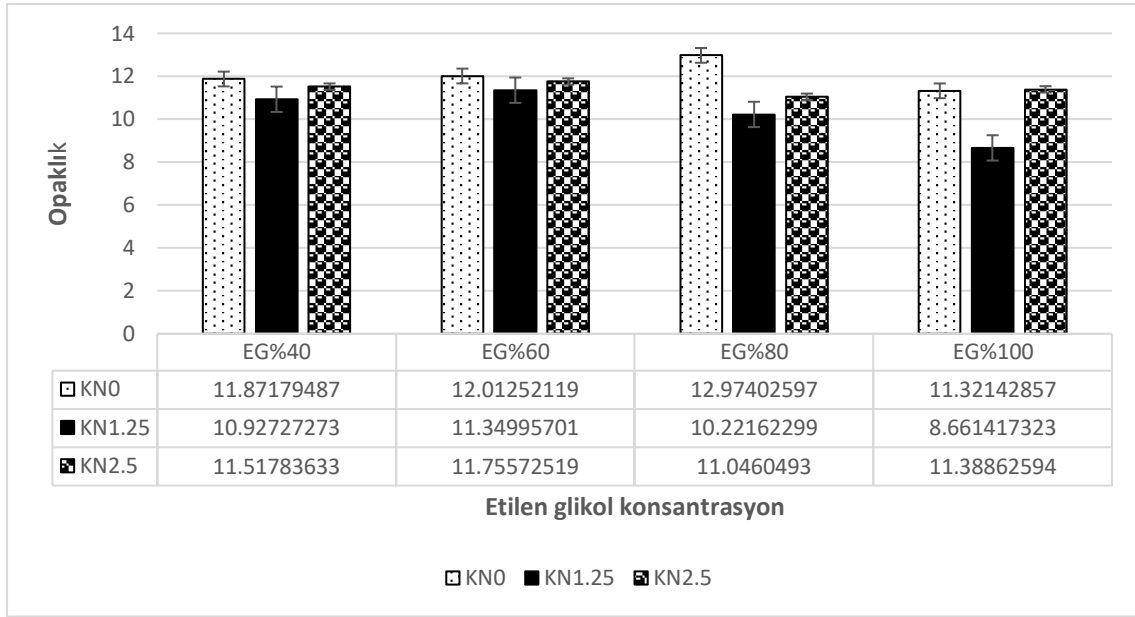
Şekil 4.48. Sorbitol ve kudret narı kabuğu tozu katkı filmlerin opaklık değerleri

Plastikleştiriciler arasında en düşük opaklığa sahip sorbitollu filmlerdi. Sorbitollu filmlere kudret narı kabuğu tozu ilave edildiğinde opaklık değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Ayrıca kudret narı kabuğu tozu miktarının artmasıyla opaklık değerleri de artmıştır.



Şekil 4.49. Sitrik asit ve kudret narı kabuğu tozu katkı filmlerin opaklık değerleri

Sitrik asitli filmlere kudret narı kabuğu tozu ilave edildiğinde opaklık değerleri %40 ve %60 (a/a un) filmlerde artmıştır. Ayrıca kudret narı kabuğu tozu miktarının artmasıyla opaklık değerleri de artmıştır.



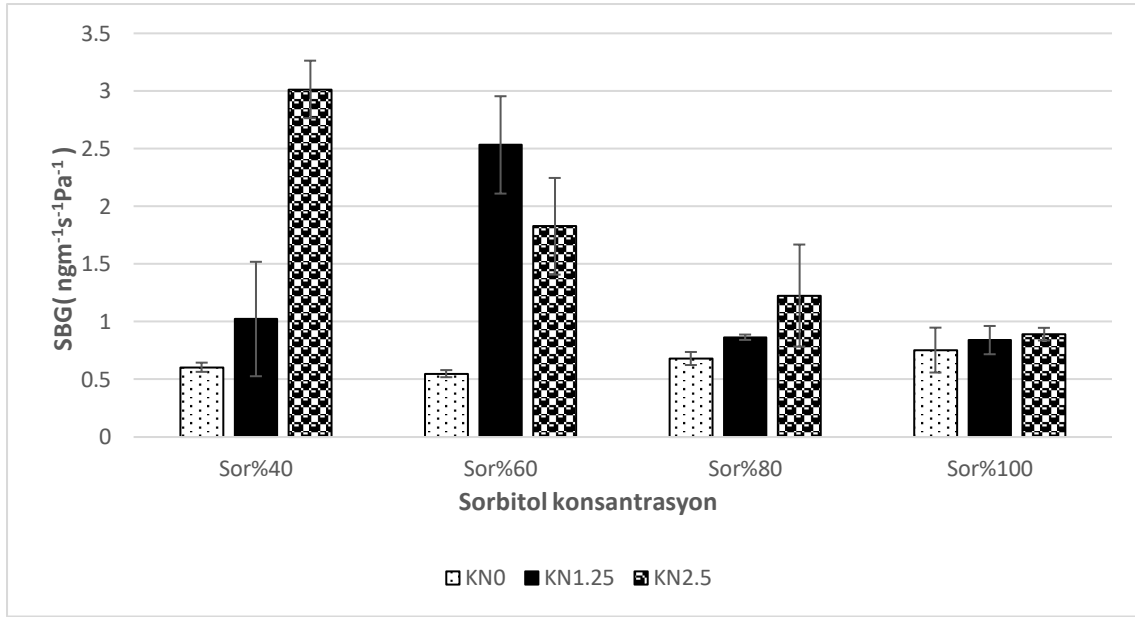
Şekil 4.50. Etilen glikol ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin opaklık değerleri

Etilen glikollü filmler plastikleştiriciler arasında yüksek opaklığa sahip filmlerdir. Etilen glikollü filmlere kudret narı kabuğu tozu ilave edildiğinde opaklık değerleri azalmıştır. Ayrıca kudret narı kabuğu tozu miktarının artmasıyla opaklık değerleri de artmıştır.

Genel olarak plastikleştiricilere kudret narı kabuğu tozu eklediğimizde opaklık değerleri plastikleştiricinin miktarına göre artmak ve azalmaktadır. Ancak eklenen kudret narı kabuğu tozunun miktarı arttığında opaklık değerleri bütün filmlerde artmıştır.

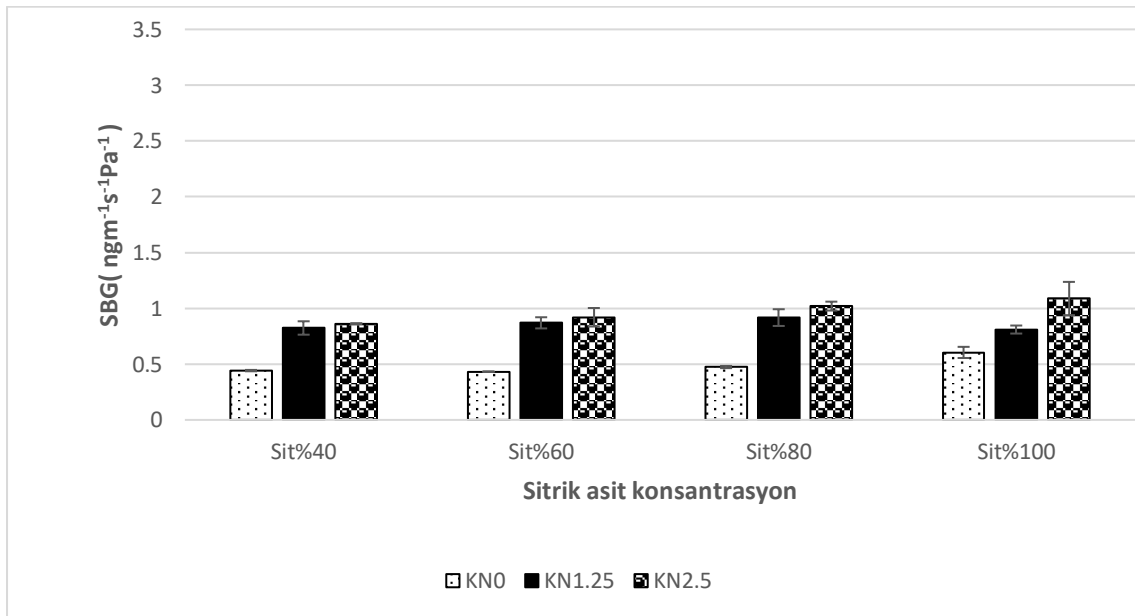
4.5.1.c. Su buhar geçirgenliği (SBG)

Farklı miktarlarda %40-60-80-100 (a/a un) sorbitol, sitrik asit ve etilen glikollü filmlere farklı miktarda 1,25 ve 2,5 g kudret narı kabuğu tozu ilave edilerek üretilen filmlerin su buhar geçirgenliği sırasıyla Şekil 4.51, Şekil 4.52 ve Şekil 4.53’de gösterilmiştir.



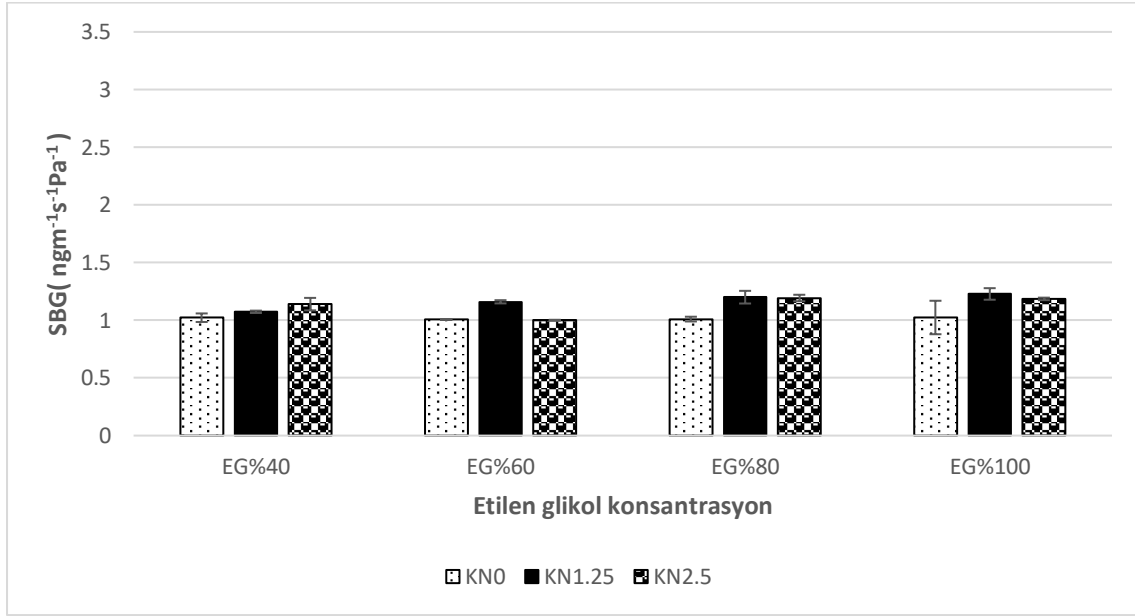
Şekil 4.51. Sorbitol ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin su buhar geçirgenliği ($\text{ngm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$)

Sorbitollu filmlerin su buhar geçirgenlikleri $0,604\pm0,036$ ile $0,754\pm0,19 \text{ ng m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ arasında çıkmıştır ($p<0,05$). Kudret narı kabuğunun ilavesiyle su buhar geçirgenliği artmıştır. Kudret narı kabuğu tozunun miktarı arttıkça %60 (a/a un) sorbitollu filmler hariç diğer filmlerde artış gözükmemiştir. Ayrıca sorbitol konsantrasyonu arttıkça 2,5 g ilave edilen kudret narı kabuğu tozu filmlerin su buhar geçirgenliği azalmıştır. En yüksek su buhar geçirgenliğini Ç5Sor%40KN2,5 filminde $3,0137\pm0,249 \text{ ng m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ değerinde gözükürken sorbitol miktarı arttığında Ç5Sor%100KN2,5 filminde $0,892\pm0,055 \text{ ng m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ gözükmemektedir.



Şekil 4.52. Sitrik asit ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin su buhar geçirgenliği ($\text{ngm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$)

Sitrik asitli filmlerde sitrik asit miktarının artması su buhar geçirgenliğini arttırmıştır. Kudret narı kabuğunun tozunun ilavesi ve kudret narı kabuğu tozunun miktarının artışı da su buhar geçirgenliğini arttırdığı gözükmemektedir. Sorbitollu filmlerde 2,5 g kudret narı kabuğunun tozunun ilavesi üretilen filmlerde plastikleştirici miktarı ile azalma gözükmemiştir. Ç5Sit%40KN2,5 filminde kudret narı kabuğu tozsuz filmde %95 artarken Ç5Sit%100KN2,5 filmlerde ise %79 artmıştır.

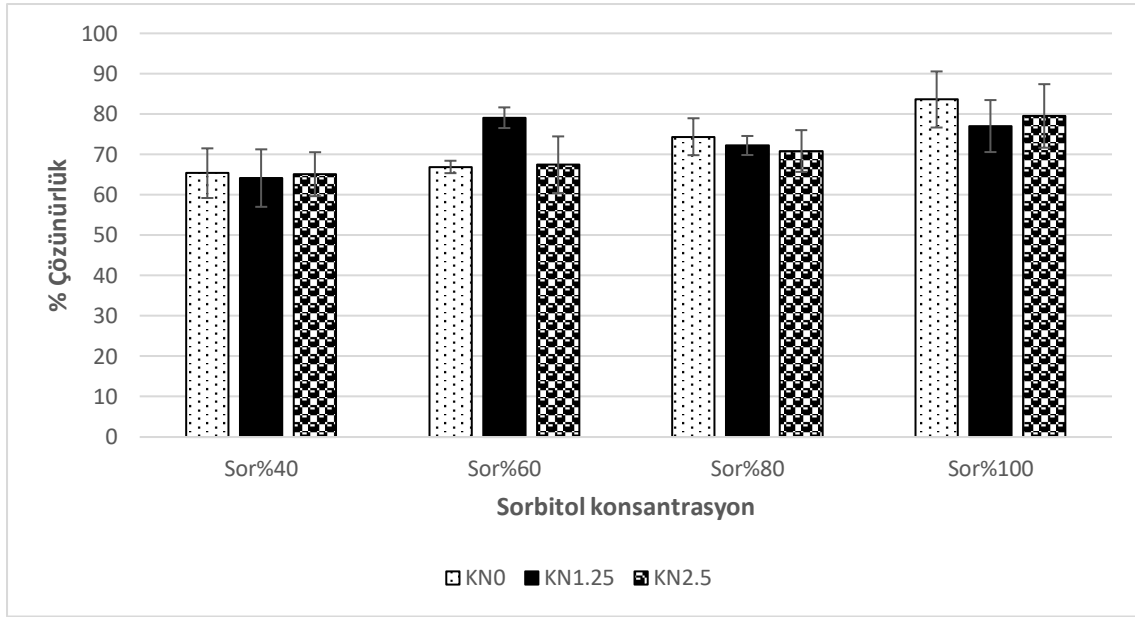


Şekil 4.53. Etilen glikol ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin su buhar geçirgenliği ($\text{ngm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$)

Plastikleştiriciler arasında en yüksek su buhar geçirgenliğine sahip olan etilen glikollü filmlerdi. $1,022\pm0,037$ ile $1,024\pm0,145$ arasında birbirine yakın değerlerde çıkmıştı. Kudret narı kabuğunun ilavesi erilen glikollü filmlerde de su buhar geçirgenliğini arttırmıştır. Kudret narı kabuğu tozunun miktarının artması sadece %40 (a/a un) etilen glikol içeren filmde arttırmıştır.

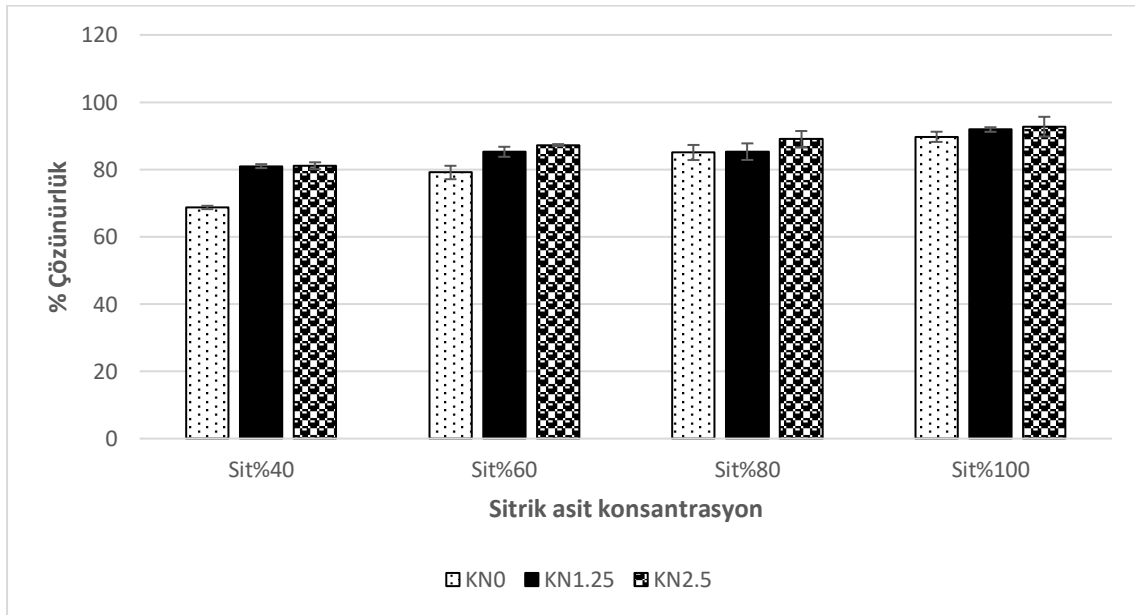
4.5.1.d. Çözünürlük

Farklı miktarlarda %40-60-80-100 (a/a un) sorbitol, sitrik asit ve etilen glikollü filmlere farklı miktarda 1,25 ve 2,5 g kudret narı kabuğu tozu ilave edilerek üretilen filmlerin çözünürlükleri sırasıyla Şekil 4.54, Şekil 4.55 ve Şekil 4.56'da gösterilmiştir.



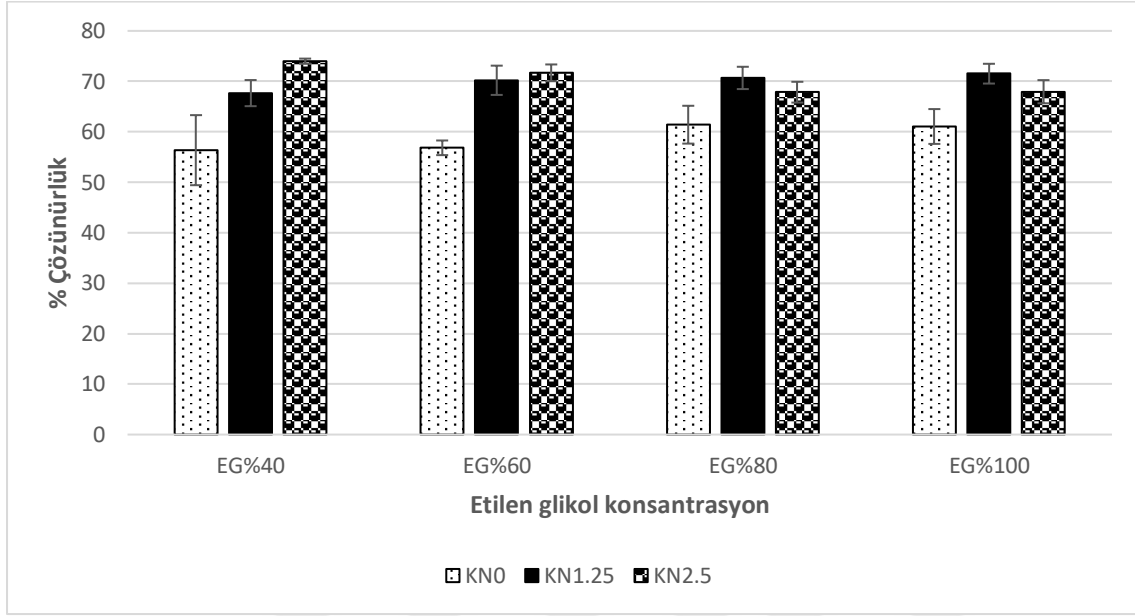
Şekil 4.54. Sorbitol ve kudret narı kabuğu tozu katkı filmlerin (%) çözünürlük değerleri

Sorbitollu filmlerde sorbitolün konsantrasyonu arttıkça çözünürlük değerleri artmıştır. Kudret narı kabuğu tozunun ilave edilmesiyle çözünürlük değerleri arttığı gibi azalmalarda meydana gelmiştir. 1,25 g kudret narı kabuğu tozunun ilavesiyle maksimum çözünürlük Ç5Sor%60KN1,25 filminde $79,1 \pm 2,56$ ile olmuştur. 2,5 g kudret narı kabuğu tozunun ilavesiyle maksimum çözünürlük Ç5Sor%100KN2,5 filminde $79,54 \pm 7,87$ ile olduğu gösterilmiştir.



Şekil 4.55. Sitrik asit ve kudret narı kabuğu tozu katkı filmlerin (%) çözünürlük değerleri

Sitrik asitli filmlerin konsantrasyonu arttıkça çözünürlük değeri artmıştır. Kudret narı kabuğu tozunun ilavesiyle ve kudret narı kabuğu toz miktarının artmasıyla çözünürlük değerleri de artmıştır.



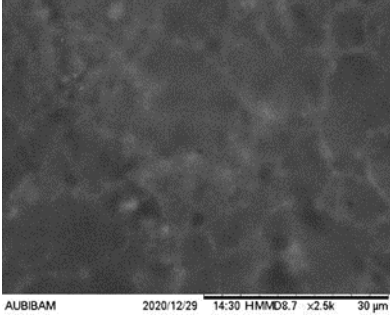
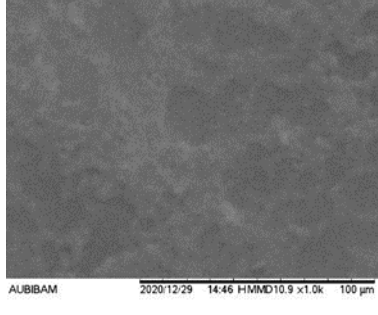
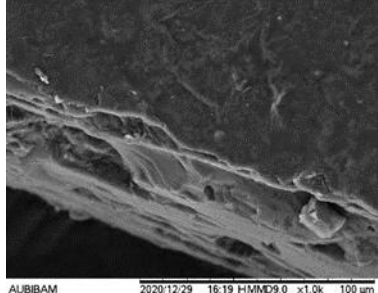
Şekil 4.56. Etilen glikol ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin (%) çözünürlük değerleri

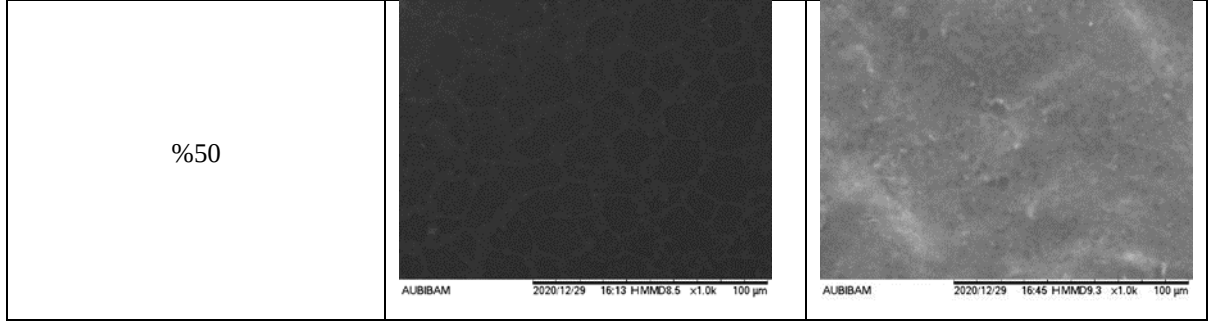
Etilen glikollü filmlerin konsantrasyonu arttıkça çözünürlük değeri artmıştır. Kudret narı kabuğu tozunun ilavesiyle çözünürlük artmıştır. Kudret narı kabuğu toz miktarının artmasıyla çözünürlük değerleri %40 (a/a un) etilen glikollü filmlerde artmıştır. 2,5 g kudret narı kabuğu tozlu filmlerde etilen glikol konsantrasyonu arttıkça çözünürlük azalmıştır.

4.5.1.e. SEM

Filmlerin SEM fotoğrafları Tablo 4.22’ de gösterilmiştir. Literatürlerde çavdar unlarında şişmiş nişasta granülleri görülebileceği ve bunun nedeninin film hazırlamak için kullanılan koşul altından kaynaklandığı ve nişastanın tamamen jelatinleşmediğinden bahsedilmiş. Filmlerin SEM görüntüleri kompozit bazlı un filmlerinin görüntülerine benzerlik göstermiştir. Bu nedenle filmlerde çatlak olmaksızın homojen ve sağlam bir yapıda olduğu gözükmemektedir (Drakos, Pelava, & Evageliou, 2018). Ayrıca kudret nar kabuğu tozu ilavesiyle filmlerin mikro yapısında liflerin birbirine daha sıkı bağlandığı ve bu yüzden daha sağlam olduğu gözükmiştir.

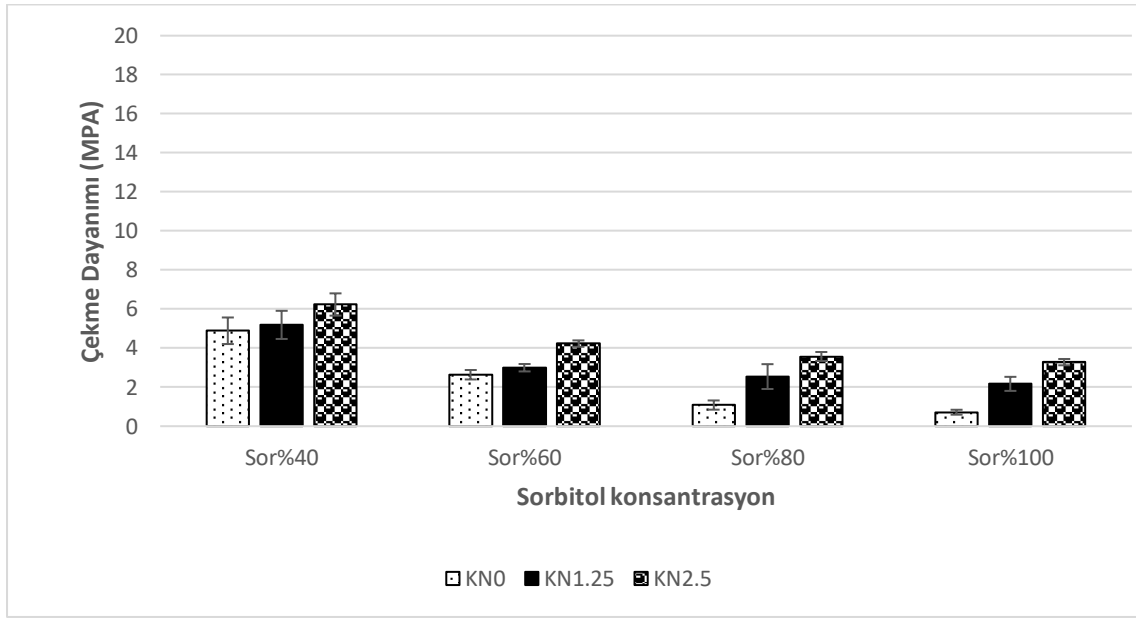
Tablo 4.22. Farklı konsantrasyonlu (%40-60 (a/a un) sitrik asitli ve kudret narı kabuğu tozu ilaveli filmlerin SEM görüntüleri

Kudret Narı Kabuğu Konsantrasyon\Sitrik Konsantrasyonu	%40	%60
0		
%25		



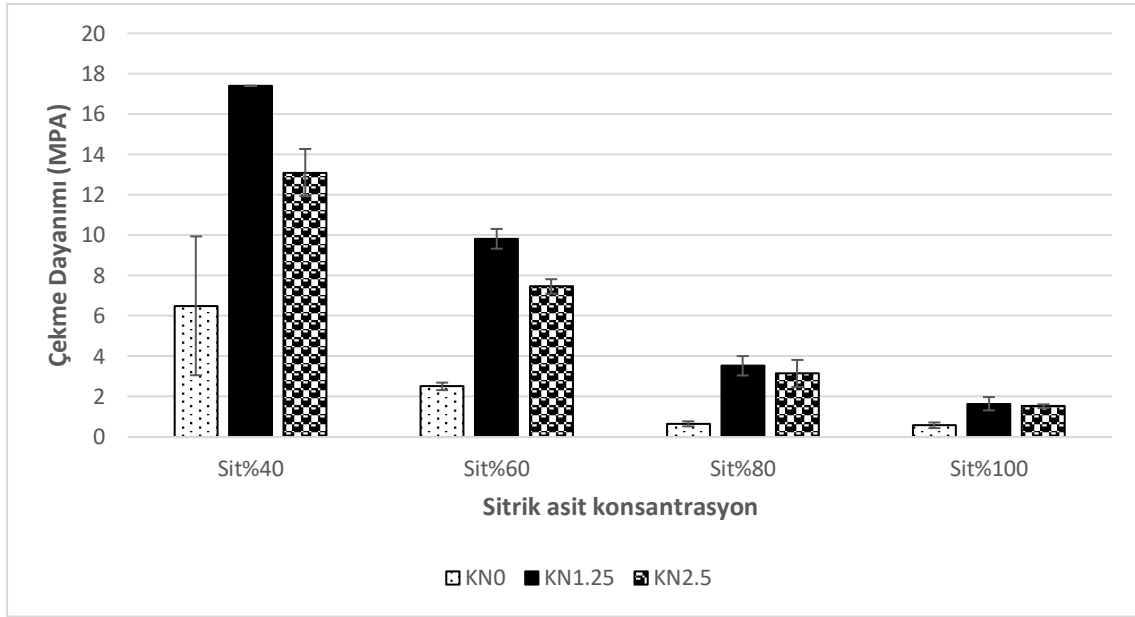
4.5.2. Filmlerin Mekanik Özellikleri

Filmlerin çekme dayanımı sonuçları Şekil 4.57, Şekil 4.58 ve Şekil 4.59’de gösterilmiştir.



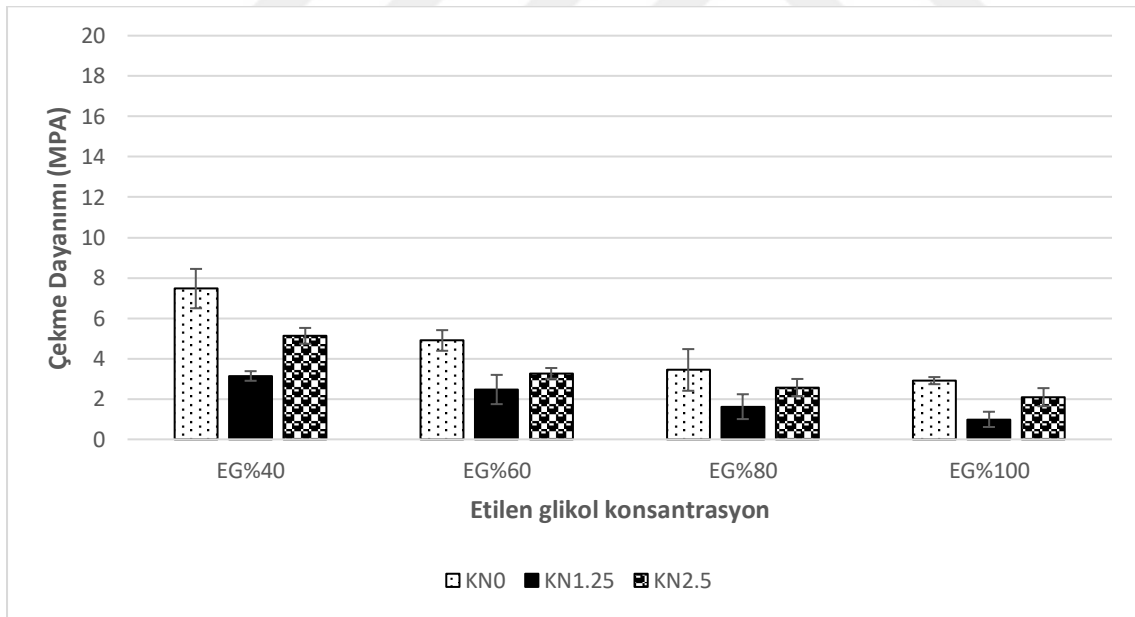
Şekil 4.57. Sorbitol ve kudret narı kabuğu tozu katkı filmlerin çekme dayanımı (MPa)

Sorbitollu filmlerin konsantrasyonları yükseldikçe çekme dayanımı azalmıştır. Her sorbitollu konsantrasyonunda Kudret narı kabuğu tozunun ilavesiyle ve kudret narı kabuğu tozunun miktarının artması çekme dayanımını arttırmıştır.



Şekil 4.58. Sitrik asit ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin çekme dayanımı (MPa)

Sitrik asitli filmlerin de konsantrasyonları arttıkça çekme dayanımı azaldığı gözükmiştir. Her sitrik asit konsantrasyonunda kudret narı kabuğu tozunun ilavesiyle ve kudret narı kabuğu tozunun miktarının artması çekme dayanımını arttırmıştır.

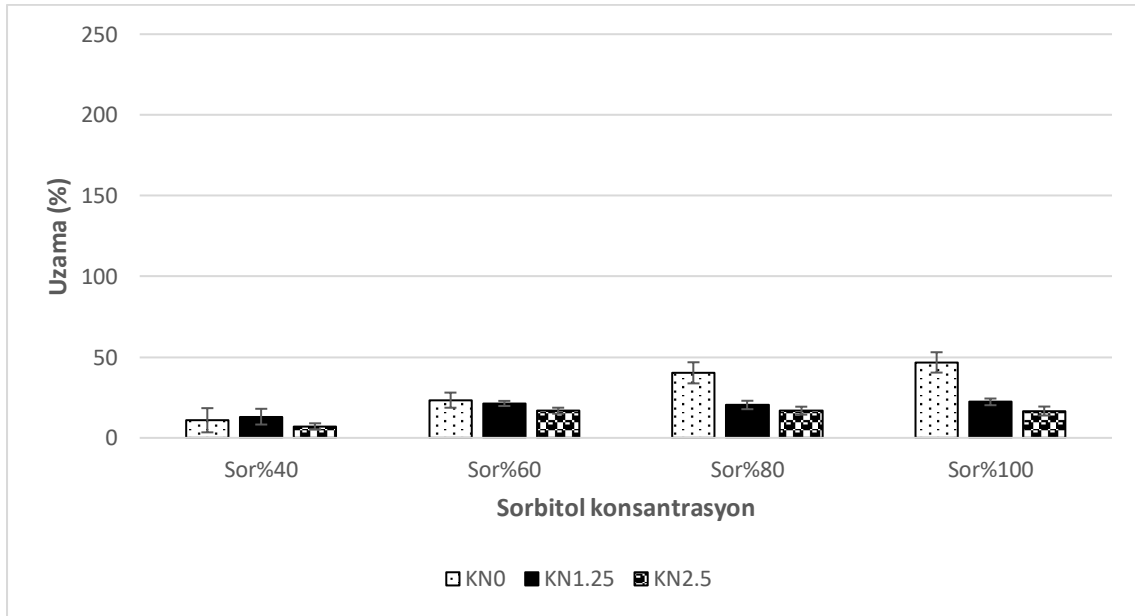


Şekil 4.59. Etilen glikol ve kudret narı kabuğu tozu filmlerin çekme dayanımı (MPa)

Etilen glikollü filmlerde de plastikleştirici arttıkça çekme dayanımı azalmıştır. Ayrıca kudret narı tozunun ilavesi de çekme dayanımı azaltmıştır. Ancak kudret narı kabuğu tozunun miktarının artması çekme dayanımını arttırmıştır ama orijinal filmlerden düşük çıkmıştır.

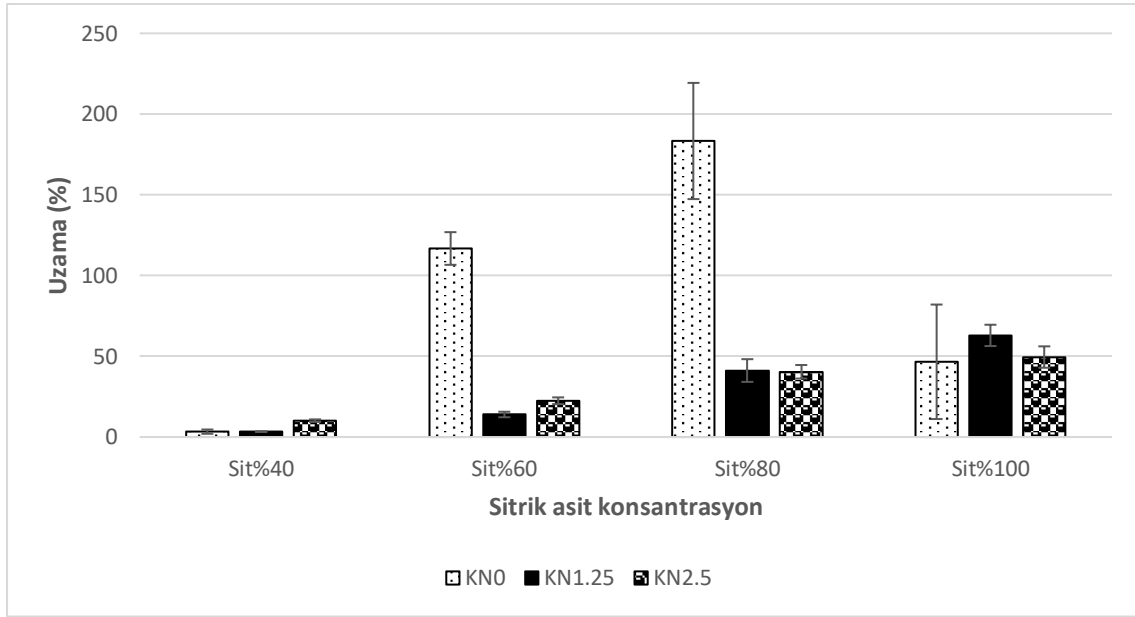
Genel olarak plastikleştiricilerin konsantrasyonu arttıkça çekme dayanımları azalmaktadır. Sorbitol ve sitrik asitli filmlere kudret narı kabuğu tozu ilave edildiğinde çekme dayanımı artmıştır. Sorbitollu filmlere eklenen kudret narı kabuğu tozunun miktarının artmasıyla çekme dayanımı da artmıştır. Ancak sitrik asitlilerde bu durum söz konusu değildir. Sitrik asitli filmlerde 1,25 g kudret narı kabuğu tozu eklenen filmlerin çekme dayanımı fazla çıkmıştır. Sonrasında azalmalar gözükmiştir. Etilen glikollü filmlerin çekme dayanımı diğer plastikleştiricilerden fazla çıkmıştı. Kudret narı kabuğu tozu ilave edildiğinde çekme dayanımının azaldığı gözükmiştir. Kudret narı kabuğu tozunun miktarı arttığında çekme dayanımı da artmıştır.

Filmlerin (%) uzama sonuçları Şekil 4.60, Şekil 4.61 ve Şekil 4.62’de gösterilmiştir.



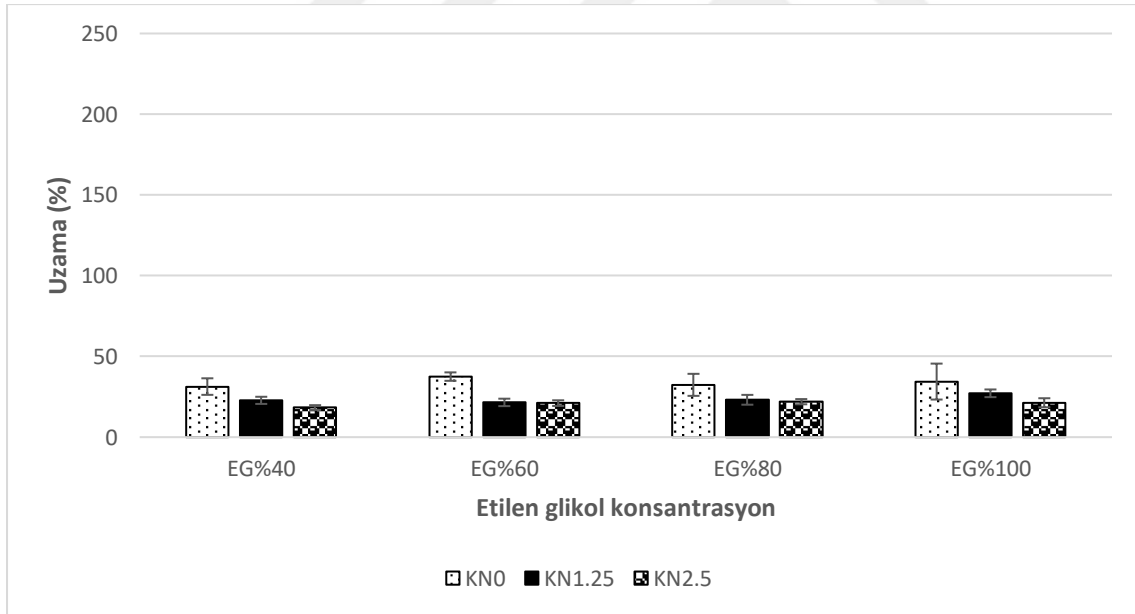
Şekil 4.60. Sorbitol ve kudret narı kabuğu tozu katkı filmlerin uzama (%) değerleri

Sorbitollu filmlerin konsantrasyonları arttıkça uzama (%) artmıştır. Sadece Ç5Sor%40KN1,25 filmin uzaması ($13,14 \pm 4,88$) orijinal filmin uzamasından ($10,9175 \pm 7,49$) yüksek çıkmıştır. Geri kalan filmlerde kudret narı kabuğu tozunun ilavesiyle ve miktarının artmasıyla % uzama azalmıştır.



Şekil 4.61. Sitrik asit ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin uzama (%) değerleri

Sitrik asitli filmlerde maksimum % uzaması $183,34 \pm 35,98$ değeri ile %80 (a/a un) sitrik asitli filmde gözükmiştir. Kudret narı kabuğu tozu uzama miktarını azaltmıştır.

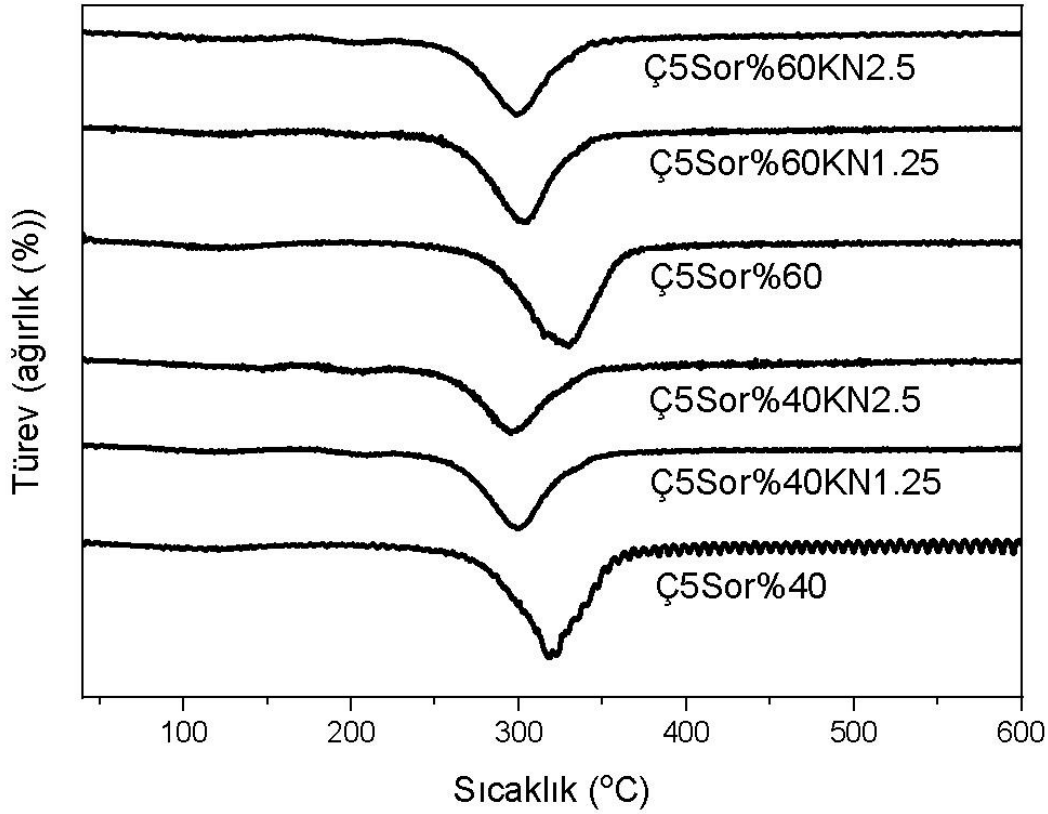


Şekil 4.62. Etilen glükol ve kudret narı kabuğu tozu filmlerin uzama (%) değerleri

Etilen glükollü filmlerin uzamaları birbirine yakın çıkmıştır. Kudret narı kabuğu tozu ilavesi uzama miktarını azaltmıştır. Kudret narı kabuğu tozu miktarını arttırmak da uzamayı azaltmıştır.

4.5.3. TGA Termogramlarının Yorumlanması

Sorbitol ve sitrik asitli filmlere kudret narı kabuğu tozu ilave edilerek kütlenin türevi Şekil 4.63 ve Şekil 4.64’de verilmiştir.

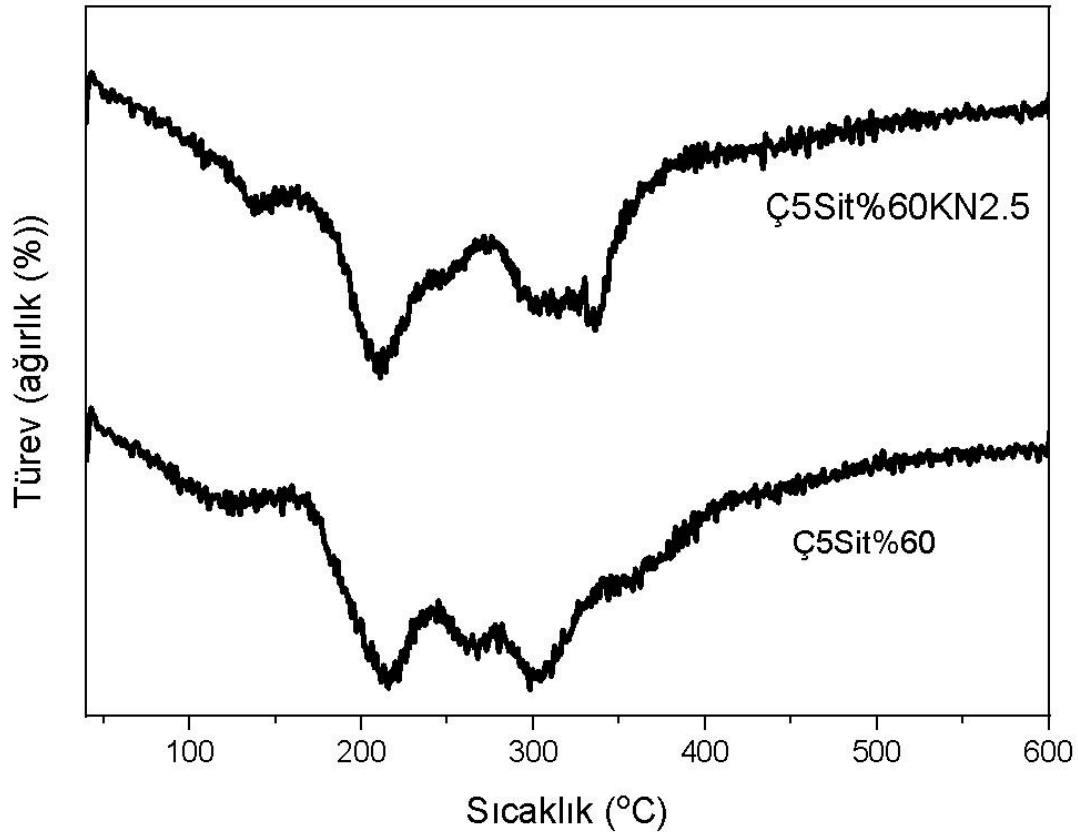


Şekil 4.63. Sorbitol ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin kütlenin türev eğrileri

Şekil 4.63’de gösterilen farkı konsantrasyonlarda %40-60 (a/a un) filmlere farklı miktarda 1,25 ve 2,5 g kudret narı kabuğu tozu ilave edilerek elde edilen filmlerin TGA’sı gösterilmiştir. Grafikte gözüktüğü gibi kudret narı kabuğu tozunun ilavesi 2.pikte orijinal filmden erken bozulmaya neden olmuştur. Ayrıca kudret nar kabuğu tozunun miktarının artması bütün filmlerden erken bozulmasına etken olmuştur. Sorbitol %40 (a/a un) sahip filmlerin 2. Bozulmadan kaybedilen miktarlara bakıldığında kudret narı kabuğu tozu ilavesiz filmlerde %74,485 iken kudret narı kabuğu ilave edilmesiyle bu değer %62,735, kudret narı kabuğu tozunun miktarını 2,5 g çıkartıldığında %60,122 olduğu gözükmiştir. Kudret narı kabuğu tozunun ilave edilmesi orijinal filmden 1.pik ile 2.pik arasında yaklaşık 182,79 ile 234,25 °C sıcaklık aralığında %4-6,5 ağırlık kaybı ile küçük bir pik meydana gelmiştir. TGA bitiminde kalan miktarları incelediğimiz de 2,5 g kudret narı kabuğu tozunun ilave edilen

filmlerde 1/5'lik kısmın kaldığı (%20,6729) gözükmiştir. Bozulma miktarının az olması filmin sıcaklığa karşı dayanımını göstermektedir.

Sorbitol %60 (a/a un) sahip filmlerin 2. Bozulmadan kaybedilen miktarlara bakıldığında sorbitollu (%40 (a/a un)) filmlerde olduğu gibi kudret narı kabuğu tozu ilavesiz filmlerde %74,938 iken kudret narı kabuğu ilave edilmesiyle bu değer %68,2648, kudret narı kabuğu tozunun miktarını 2,5 g çıkartıldığında %63,5298 olduğu gözükmiştir. TGA bitiminde kalan miktarları incelediğimiz de kudret narı kabuğu tozunun ilave edilen miktarı arttıkça kalan % miktar artmıştır. Kudret narı kabuğu tozu ilavesi filmlerde %13,7193 iken 1,25 g kudret narı kabuğu tozu ilave edildiğinde %17,0916 ve 2,5 g kudret narı kabuğu tozu ilave edildiğinde %19,4981 çıkmıştır.



Şekil 4.64. Sitrik asit ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlerin kütlenin türev eğrileri

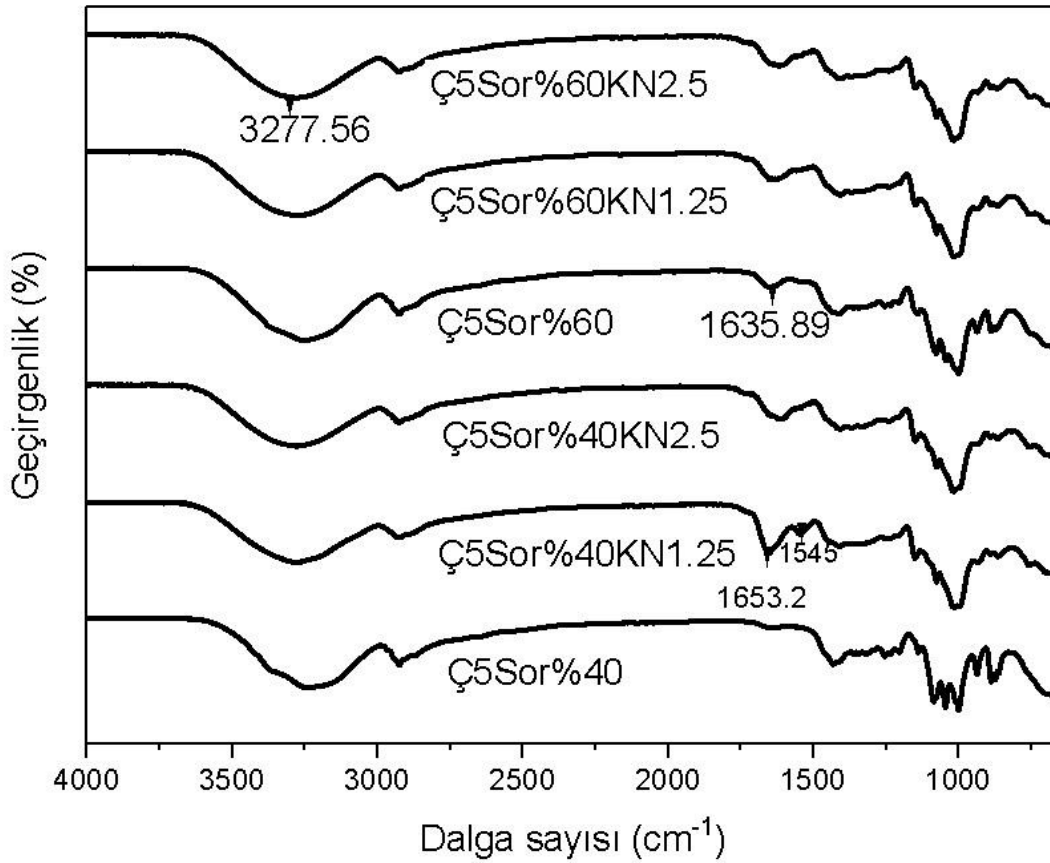
Sitrik asitli filme kudret narı kabuğu tozu ilave edilmesi 3 pike neden olmuştur (Şekil 4.64). 1.pik çözücünün buharlaşmasıyla ile 2.pik sorbitollu filmlerde görülen yaklaşık 175 ile 268 °C sıcaklıklarda ki kayıptır. 2 ve 3.pik çavdar unun içeriğinin bozulduğu kısmı

içermektedir. Sorbitollu filmlerde olduğu gibi pik sonucunda % kaybedilen ağırlık orijinal filminden azdır. TGA bitiminde kalan ağırlık miktarı da orijinal filminden fazladır.

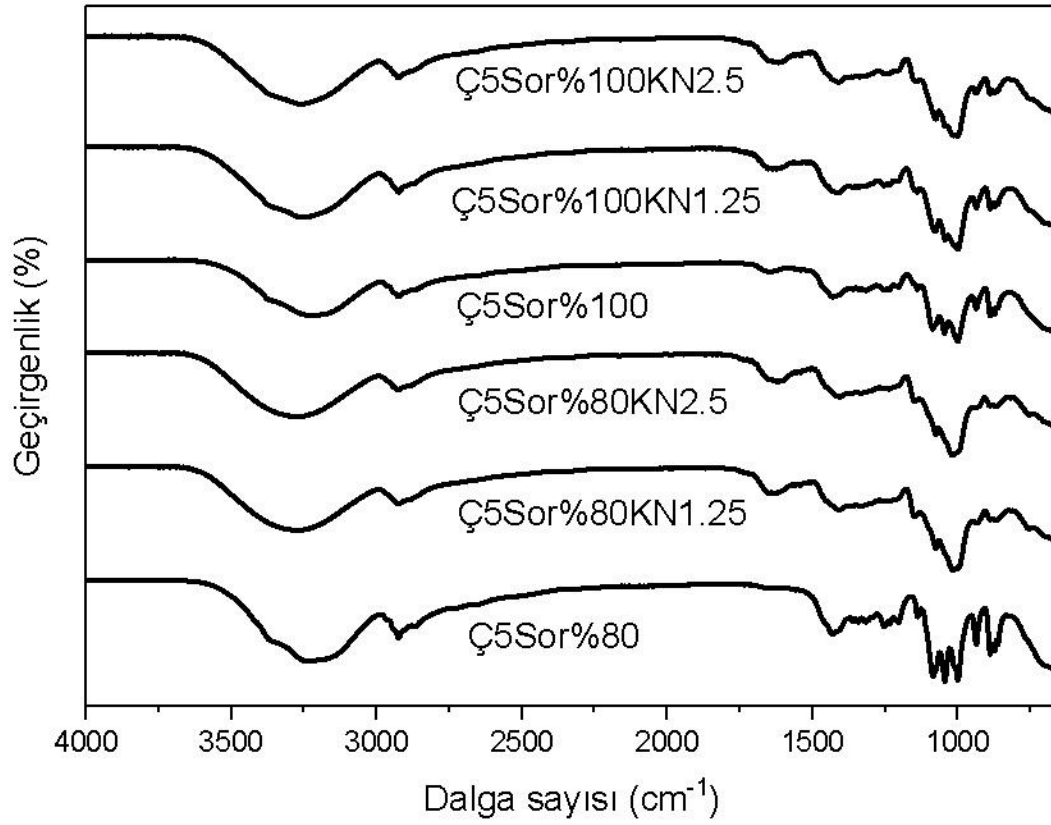
Genel olarak bakıldığında kudret narı kabuğu tozunun ilavesi kaybedilen ağırlık miktarını azalttığı böylelikle kalan % miktarının fazla olmasına neden olmuştur.

4.5.4. FT-IR Spektrumlarının Yorumlanması

Plastikleştiricilere (sorbitol, sitrik asit ve etilen glikol) filmlere kudret narı kabuğu tozu ilave edilerek FTIR'sı aşağıda gösterilmiştir. Şekil 4.65'de farklı konsantrasyonlarda sorbitol (%40-60-80-100 (a/a un)), farklı miktarlarda eklenen kudret narı kabuğu tozunun ilavesiyle yapılan filmlerin FTIR'sı gösterilmiştir.



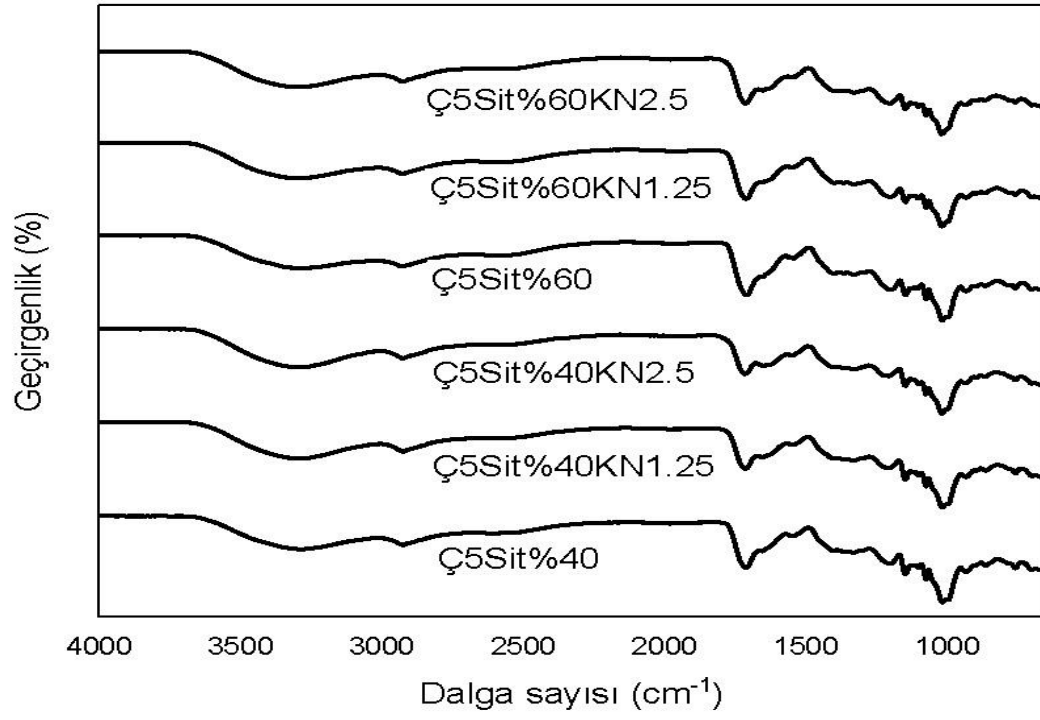
(a)



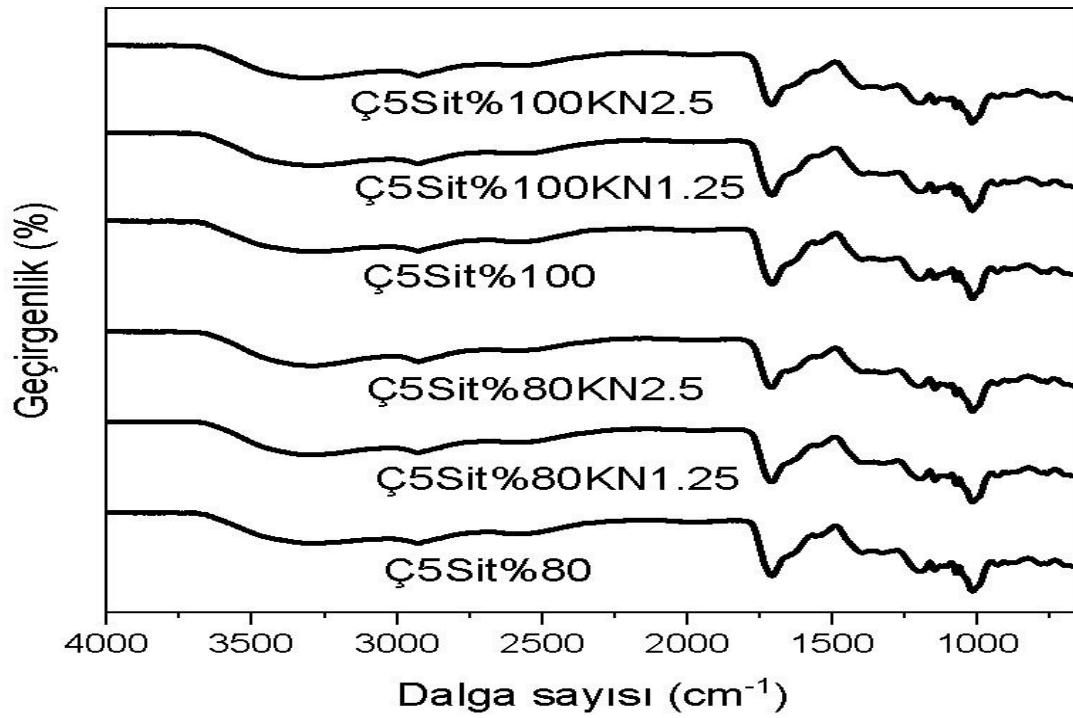
(b)

Şekil 4.65. a) Sorbitol (%40-60 (a/a un)) b) Sorbitol (%80-100 (a/a un)) ve kudret narı kabuğu tozu katkılı filmlere ait FTIR diyagramı

Şekil 4.66’de farklı konsantrasyonlarda sitrik asit (%40-60-80-100 (a/a un)), farklı miktarlarda eklenen kudret narı kabuğu tozunun ilavesiyle yapılan filmlerin FTIR’sı gösterilmiştir.



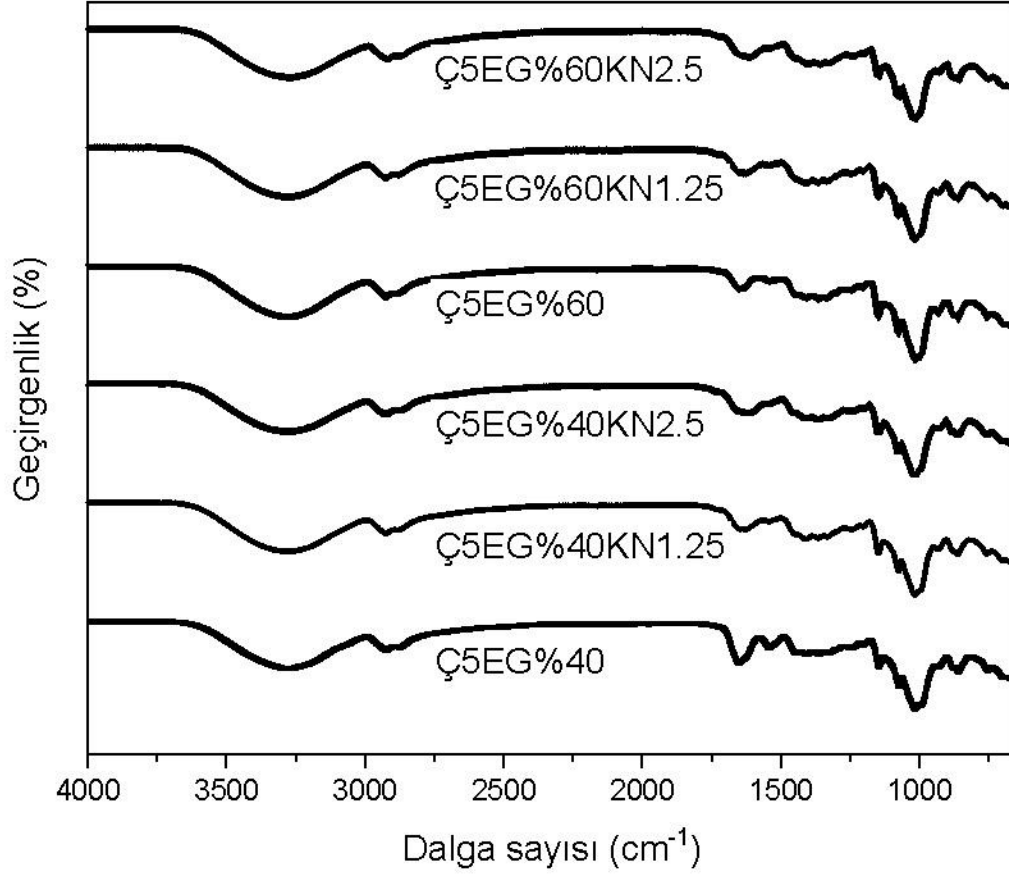
(a)



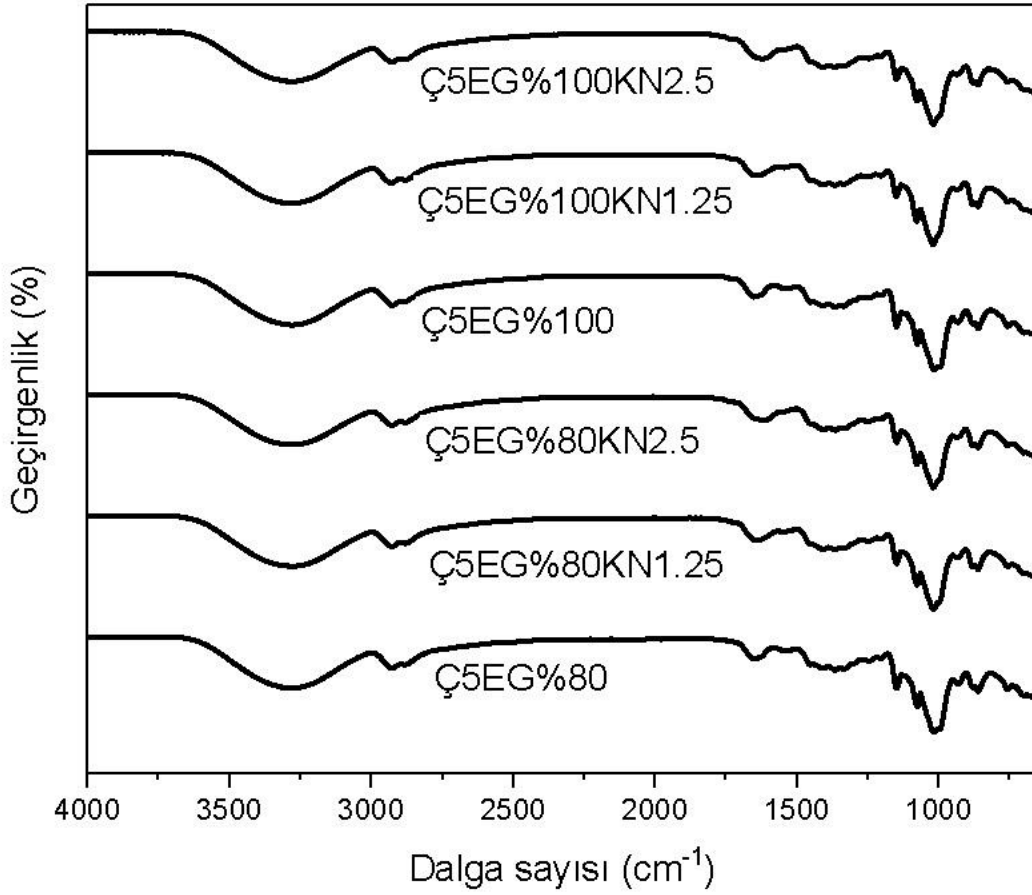
(b)

Şekil 4.66. a) Sitrik asit (%40-60 (a/a un)) b) Sitrik asit (%80-100 (a/a un)) ve kudret narı kabuğu tozu katkı filmlere ait FTIR diyagramı

Şekil 4.67’de farklı konsantrasyonlarda etilen glikol (%40-60-80-100 (a/a un)), farklı miktarlarda eklenen kudret narı kabuğu tozunun ilavesiyle yapılan filmlerin FTIR’sı gösterilmiştir.



(a)



(b)

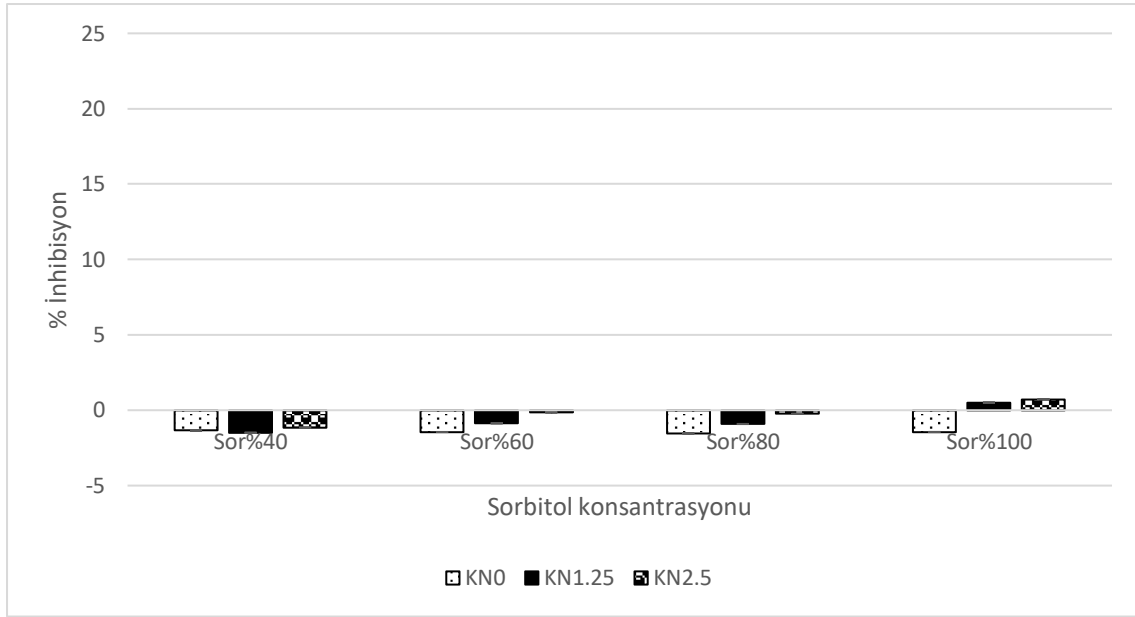
Şekil 4.67. a) Etilen glikol (%40-60 (a/a un)) b) Etilen glikol (%80-100 (a/a un)) ve kudret narı kabuğu tozu filmlere ait FTIR diyagramı

4.5.5. Antioksidan ve Toplam Fenalik Madde Analiz Sonuçları

Plastikleştiricinin artmasıyla DPPH değerleri düşmüştür. Ama kudret narı kabuğu ilave edilmesiyle ve kudret narının konsantrasyonunun artmasıyla DPPH değeri de göstermiştir.

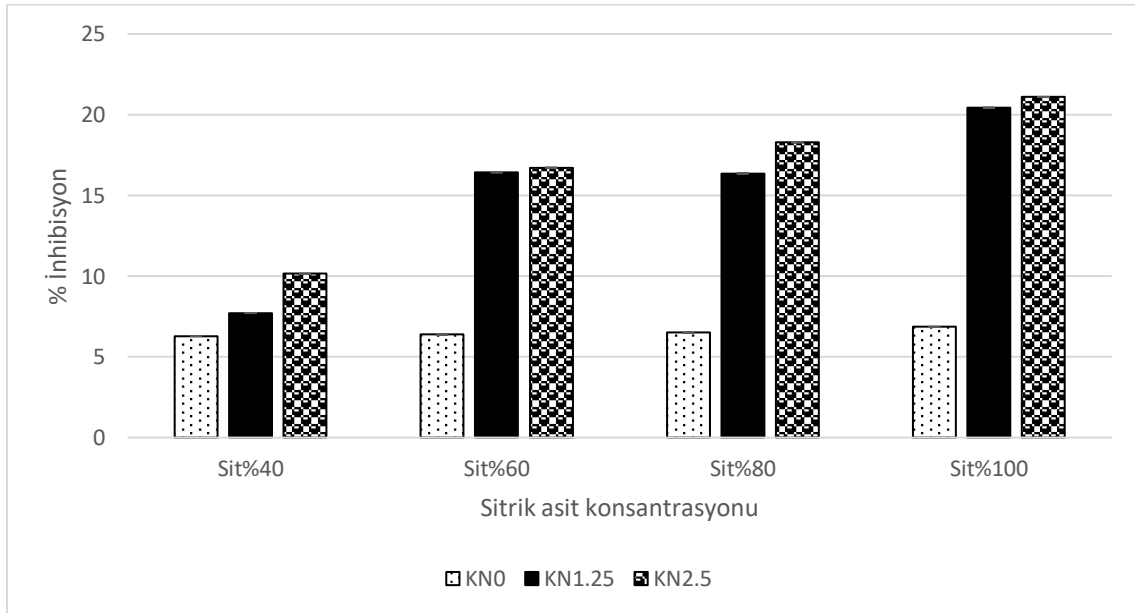
4.5.5.a. DPPH

Plastikleştiricilere (sorbitol, sitrik asit ve etilen glikol) filmlere kudret narı kabuğu tozu ilave edilerek üretilen flmlerin antioksidanları Şekil 4.68, Şekil 4.69 ve Şekil 4.70’de gösterilmiştir.



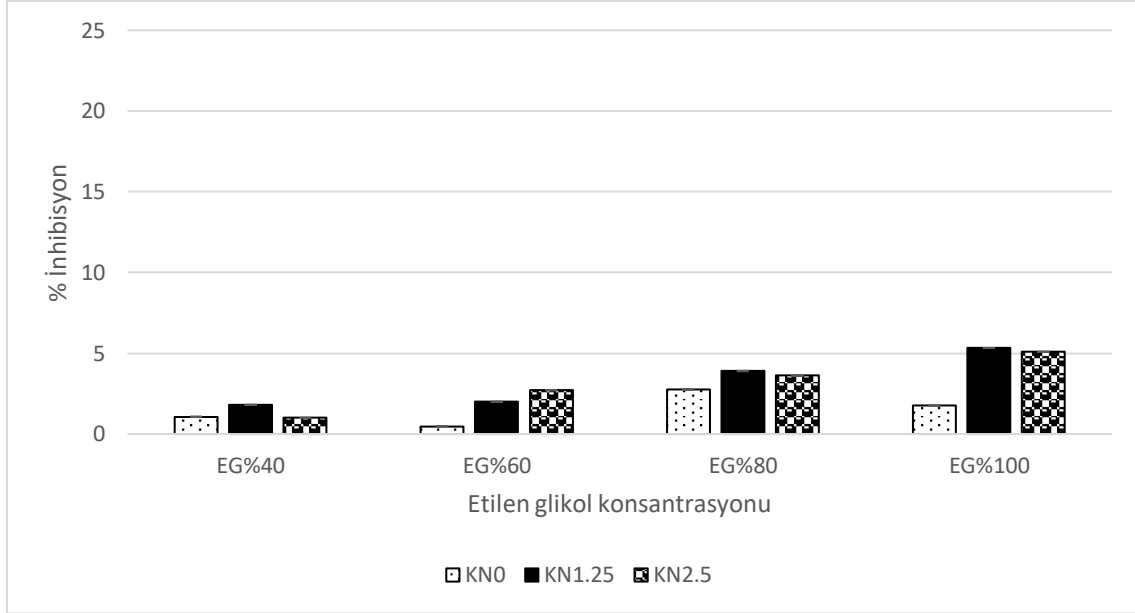
Şekil 4.68. Farklı konsantrasyonlu (%40-100 (a/a un) sorbitol ve kudret narı kabuğu tozlu filmlerin DPPH Serbest Radikal Temizleme Aktivitesi

Sorbitollu filmlerin antioksidan özellik taşımadığını Bölüm 4.2.5.a kısmında gösterilmişti. Kudret narı kabuğu tozunun ilave edilmesi filmlere antioksidan özelliği kazandırmıştır (Bkz Şekil 4.68).



Şekil 4.69. Farklı konsantrasyonlu (%40-100 (a/a un) sitrik asit ve kudret narı kabuğu tozlu filmlerin DPPH Serbest Radikal Temizleme Aktivitesi

Sitrik asidin tek başına antioksidan özellik taşıdığını ve bunu filmlerde yansıttığını Şekil 4.18’de gösterilmektedir. Şekil 4.69 incelendiğinde kudret narı kabuğu tozunun ilave edilmesiyle antioksidan aktivitesi artmıştır.

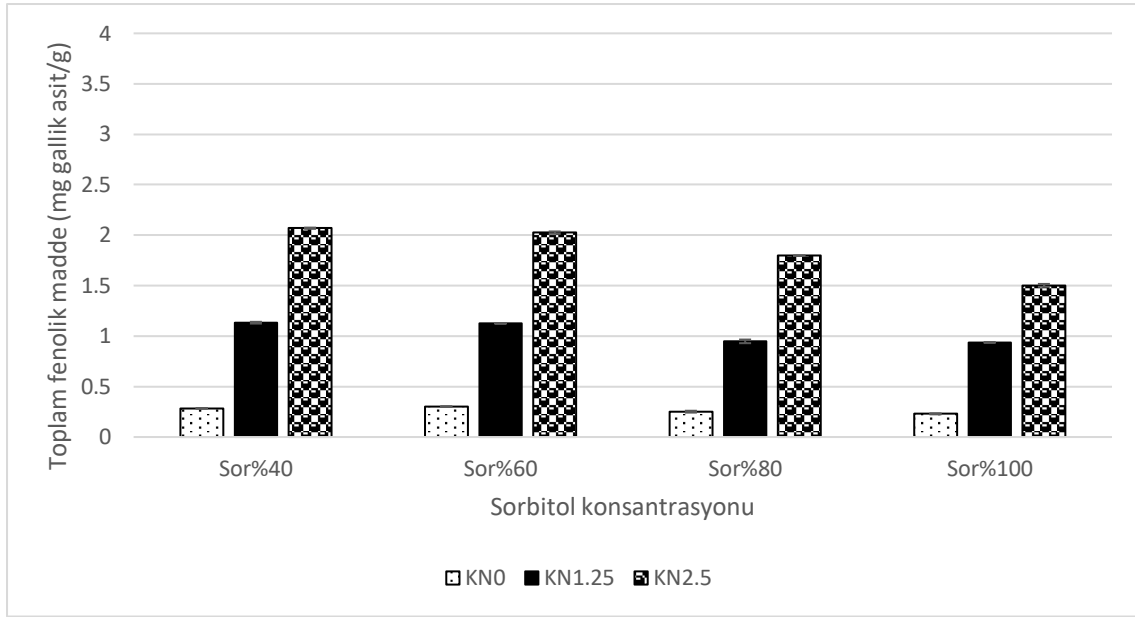


Şekil 4.70. Farklı konsantrasyonlu (%40-100 (a/a un) etilen glikolve kudret narı kabuğu tozlu filmlerin DPPH Serbest Radikal Temizleme Aktivitesi

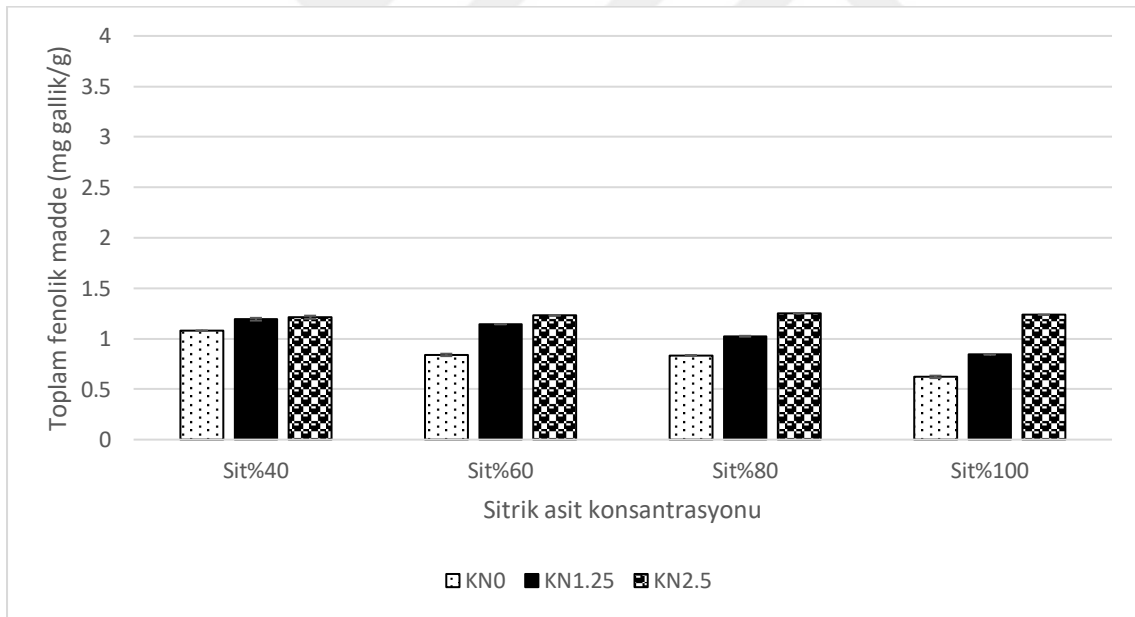
Etilen glikollü filmlerde de sorbitol ve sitrik asitli filmler gibi kudret narı kabuğu tozunun ilave etmesi antioksidan aktivitesini arttırmıştır.

4.5.5.b. Toplam Fenol

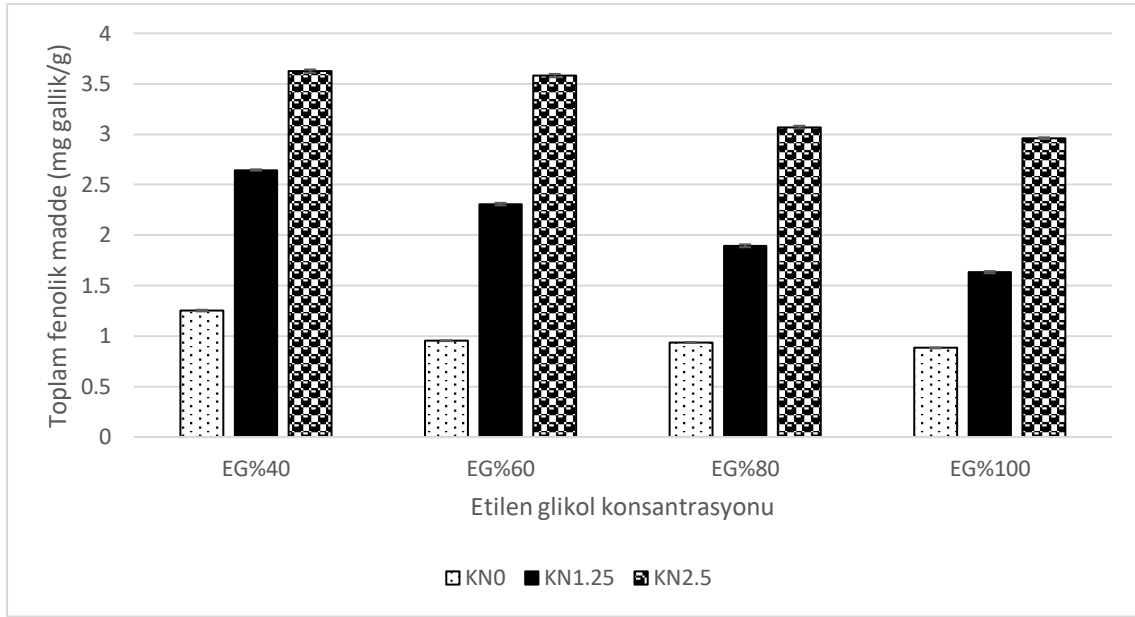
Plastikleştiricilere (sorbitol, sitrik asit ve etilen glikol) filmlere kudret narı kabuğu tozu ilave edilerek üretilen filmlerin içerdiği fenolik miktarları Şekil 4.71, Şekil 4.72 ve Şekil 4.73’de gösterilmiştir. Bütün filmlere genel olarak kudret narı kabuğu tozu ilave edilmesi toplam fenolik içeriğini arttırmıştır.



Şekil 4.71. Farklı konsantrasyonlu (%40-100 (a/a un) sorbitol ve kudret narı kabuğu tozlu filmlerin toplam fenolik madde içeriği



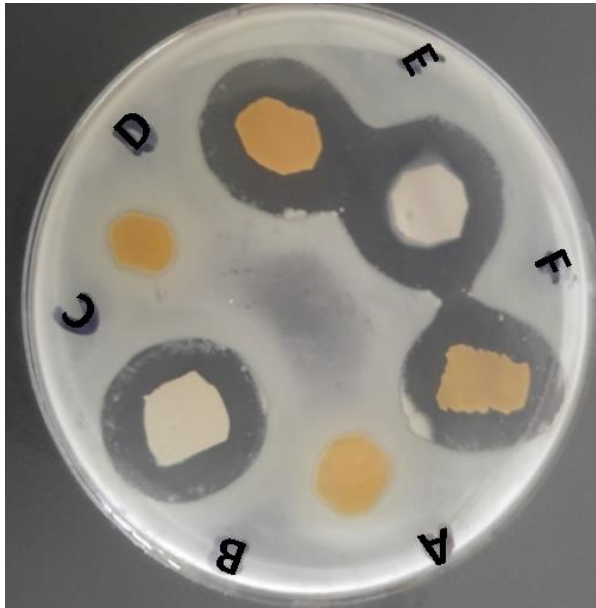
Şekil 4.72. Farklı konsantrasyonlu (%40-100 (a/a un) sitrik asitli film ve kudret narı kabuğu tozlu filmlerin toplam fenolik madde içeriği



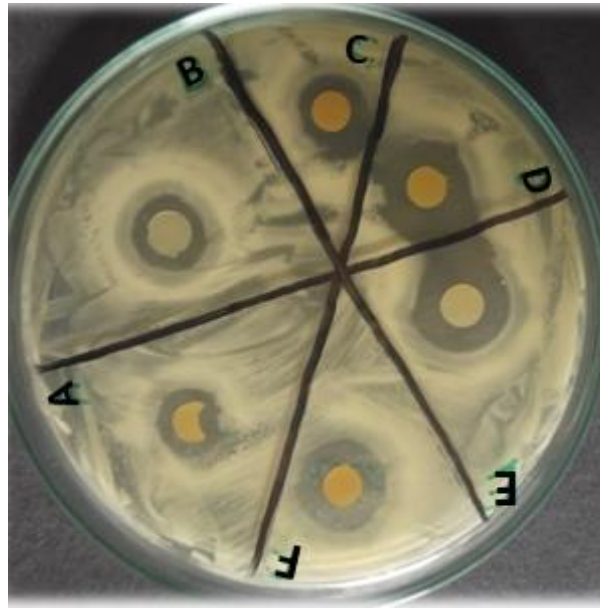
Şekil 4.73. Farklı konsantrasyonlu (%40-100 (a/a un) etilen glikol ve kudret narı kabuğu tozlu filmlerin toplam fenolik madde içeriği

4.5.6. Filmlerin Antimikrobiyal Duyarlılık Test Sonuçları

Plastikleştiricilere (sorbitol, sitrik asit ve etilen glikol) filmlere kudret narı kabuğu tozu ilave edilerek üretilen filmlerin gram (+) ve gram (-) bakterilerine karşı gösterdiği etki Şekil 4.74 ve Şekil 4.75 gösterilmiştir. Zon inhibisyonları kumpas ile ölçülüp Şekil 4.76’ de gösterilmiştir.

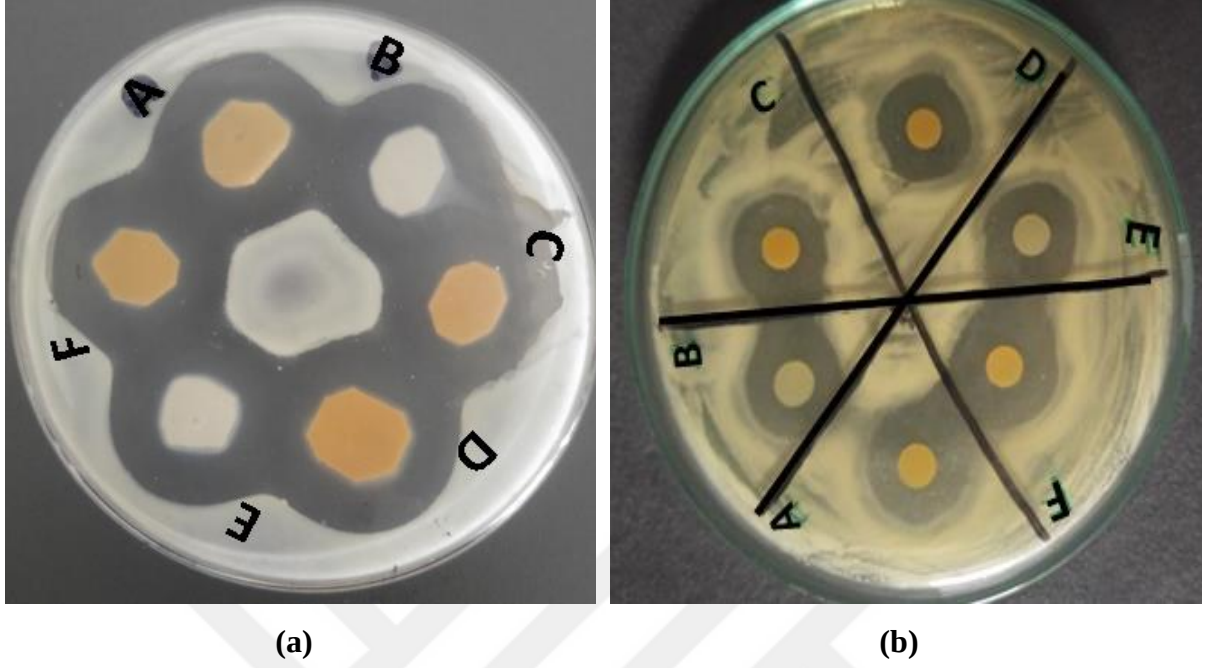


(a)

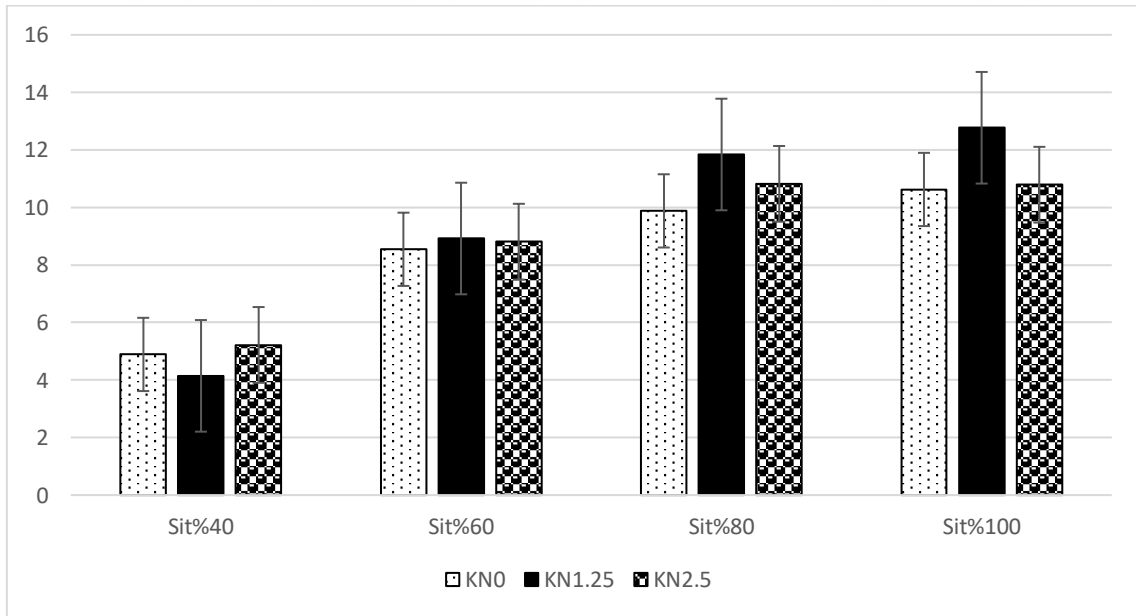


(b)

Şekil 4.74. Disk difüzyon metoduyla (a): *Bacillus subtilis* gram (+) (b): *Escherichia coli*'a karşı antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi (A: Ç5Sitrik%40KN.1,25, B: Ç5Sitrik%40, C: Ç5Sitrik%40KN.2,5, D: Ç5Sitrik%60KN.1,25, E: Ç5Sitrik%60, F: Ç5Sitrik%60KN. 2,5)



Şekil 4.75. Disk difüzyon metoduyla (a): *Bacillus subtilis* gram (+) (b): *Escherichia coli*'a karşı antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi (A: Ç5Sitrik%80KN. 1,25, B: Ç5Sitrik%80, C: Ç5Sitrik%80KN. 2,5, D: Ç5Sitrik%100KN. 2,5, E: Ç5Sitrik%100, F: Ç5Sitrik%100KN. 1,25)



Şekil 4.76. Farklı konsantrasyonlu (%40-100 (a/a un) sitrik asitli ve kudret narı kabuğu tozu ilaveli filmlerin disk difüzyon metoduyla *Escherichia coli*'a karşı antimikrobiyal aktivitesi

4.6. Daldırma Yöntemi ile Kaplanan Mantarların Analiz Sonuçları

Tez çalışmamızın amacından bir diğeri, mantarların çürümesini geciktirerek raf ömrünü uzatmaktır. Bundan dolayı analizleri yapılmış olan filmlerin, mantarlara uygulanması gerçekleşmiştir. Mantarların kaplanması iki farklı kaplama yöntemi uygulanmıştır. İlk uygulanan yöntem daldırma yöntemidir. Bunun için hazırlanan solüsyonlara mantarların daldırılmasıyla kaplama işlemi gerçekleşmiştir. Kaplanan ve kaplanmayan mantarlar arasındaki farklılıklar incelenmiştir.

4.6.1. Daldırma Yöntemi ile Kaplanan Mantarların Görsel Özellikleri

Mantarlara uygulanan daldırma yöntemi iki farklı ortam sıcaklığında (4 °C ve 24 °C) ve %50 bağıl nem ortamında saklama kapları içinde depolanmıştır. Tablo 4.23’de oda sıcaklığında depolanan mantarların görselleri bulunmaktadır. 6. günün sonunda bütün mantarlar bozulmuştur. Ancak kaplanmamış mantarda küfün fazla olduğu gözükmemektedir. Sorbitol ve sitrik asit ile kaplanan mantarlarda küf gözükmemiş sadece çürüme meydana gelmiştir. Mantarlar bozulduğundan dolayı 6. günden sonra oda sıcaklığında ki daldırma yöntemi ile kaplanan mantarların analizleri yapılmamıştır.

Tablo 4.23. Oda sıcaklığında daldırma yöntemi ile kaplanmamış/kaplanmış mantarlar

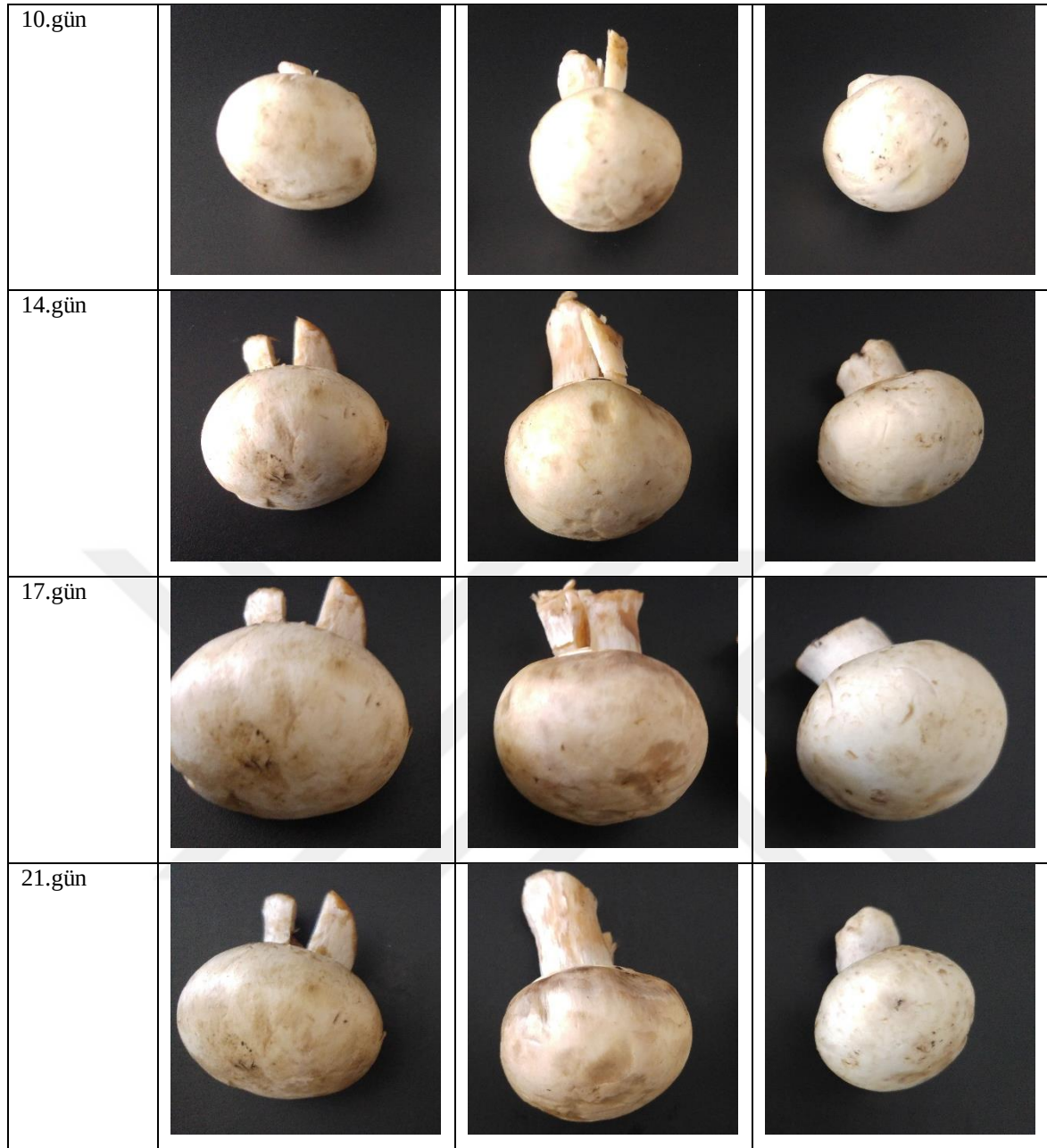
Tarih	Kontrol	Sitrik asitli	Sorbitol
0.gün			
3.gün			

6.gün			
-------	---	--	---

Buzdolabında 21 gün depolanan kaplanan ve kaplanmamış mantarların görselleri Tablo 4.24' de gösterilmiştir.

Tablo 4.24. 4°C'de bekletilmiş daldırma yöntemi ile kaplanmamış/kaplanmış mantarlar

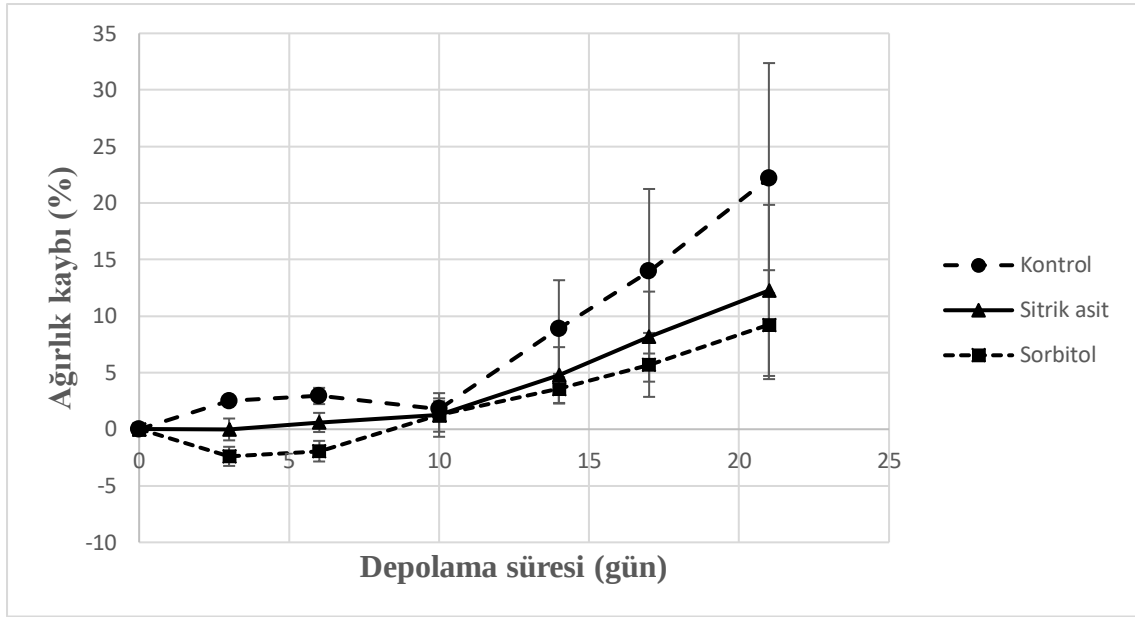
Tarih	Kontrol	Sitrik asitli	Sorbitollu
0.gün			
3.gün			
6.gün			



21.günün sonunda kaplanmamış mantarlar ve sitrik asit ile kaplanmış mantarın renk değiştirdiği, sorbitol ile kaplanmış mantarların ilk günkü mantara oranla renk değişikliğinin az olduğu gözükümüştür.

4.6.2. Ağırlık Kaybı

Gıdaların taşıma/depolama sırasında gıdanın içerdiği su miktarının azalmaması büyük önem taşır. Depolama süresince kaplanmamış ve kaplanmış mantarların meydana gelen ağırlık kayıpları Şekil 4.77' de gösterilmiştir.



Şekil 4.77. Depolama süresi boyunca daldırma yöntemi ile kaplanan mantarların ağırlık kaybı (%)

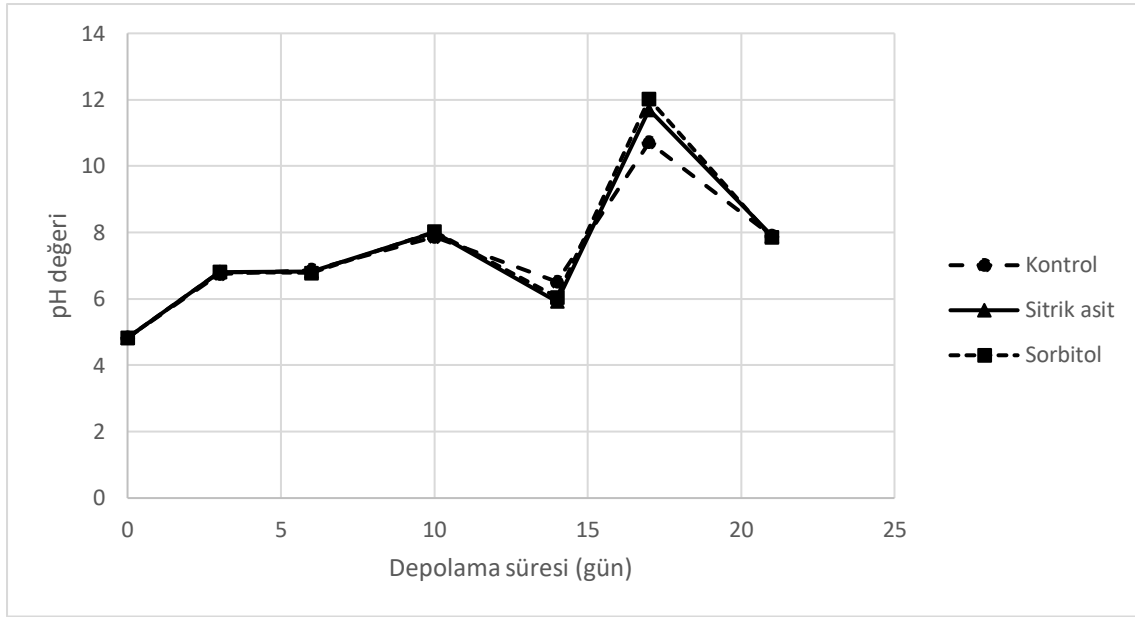
Ağırlık kayıpları incelendiğinde, ilk 10 gün sitrik asit ile kaplanmış mantarların ağırlık kaybının değişmediği, sorbitol ile kaplanmış mantarların ağırlık kaybının düşük olduğu, kaplanmamış mantarın da ağırlık kaybında artış olduğu gözükmiştir. Depolamanın 10.günden sonrasında kaybedilen ağırlık miktarının arttığını gözükmektedir.

21. gün sonunda kaplanmamış mantarlar $22,1998 \pm 10,17$ ağırlık kaybederken, sitrik asit ile kaplanmış mantarlar $12,277 \pm 7,56$ ve en az ağırlık kaybeden sorbitol ile kaplanmış mantarın $9,2468 \pm 4,81$ değerlerde bulunmuştur ($p > 0,05$). Çalışma sonunda sorbitol ile kaplanmış mantarın sitrik asit ile kaplanmış mantarlar ve kaplanmamış mantara göre daha az ağırlık kaybettiği görülmüştür.

Literatür çalışmalarında da depolama süresinin uzamasıyla ağırlık kayıplarının arttığı bildirirmiştir (Hongmei, Li, & Hu, 2009) (Wang & Yun, 2021).

4.6.3. pH, Suda Çözünürlük Kuru Madde, İndirgen Şeker ve Protein İçeriği

Kaplanmış ve kaplanmamış mantarların pH ve indirgen şeker analiz değerleri sırasıyla Şekil 4.78, Şekil 4.79’da gösterilmiştir.



Şekil 4.78. Depolama süresi boyunca daldırma yöntemi ile kaplanan mantarların pH değerleri

Kaplanmamış ve kaplanmış mantarların pH değerleri incelendiğinde, kaplanmamış, sitrik asit ya da sorbitol solüsyonları ile kaplanmış mantarların pH değerlerinde büyük bir değişiklik olmadığı gösterilmiştir. Aragüz (2020) yılında yapmış olduğu tritikale unu ile yaptığı filmi domates kaplamada kullandığı ve pH değerlerinde büyük ölçüde değişim olmadığını ($4 < \text{pH} < 4,5$) arasında değiştiğinin bildirmiştir (Aragüz & Aguirre, 2020).

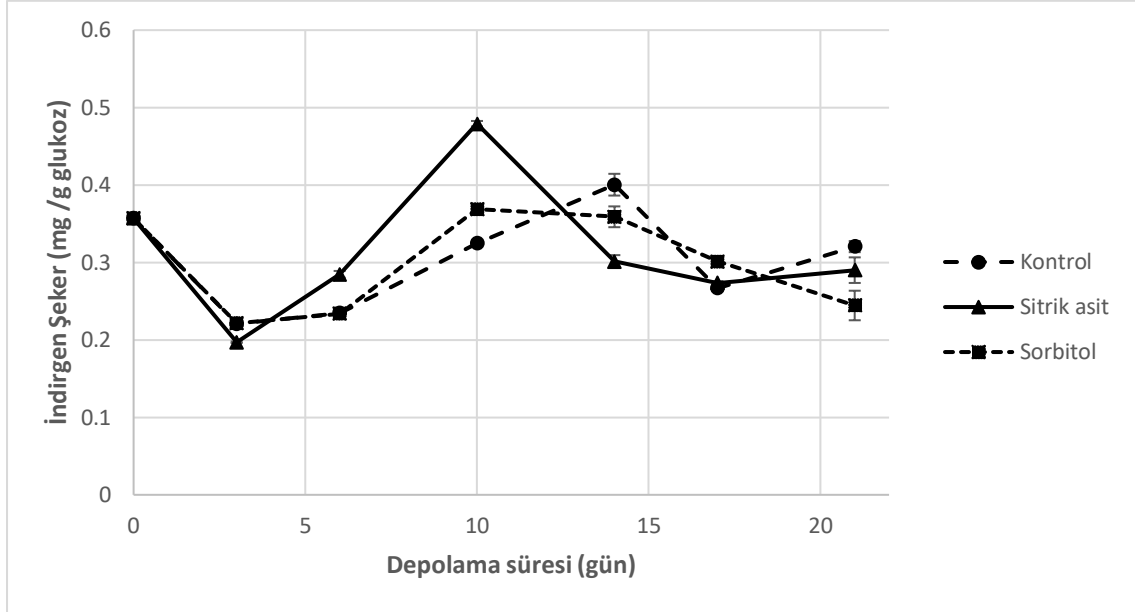
Kaplanmış ve kaplanmamış mantarın suda çözünür kuru madde analiz sonuçları Tablo 4.25’de gösterilmiştir.

Tablo 4.25. Depolama süresi boyunca daldırma yöntemi ile kaplanan mantarların suda çözünür kuru madde değerleri

Film\Zaman	0	3	6	10	14	17	21
Kontrol	1,3306	1,3305	1,3295	1,329	1,3295	1,329	1,329
Sitrik asit	1,3306	1,33	1,329	1,329	1,33	1,329	1,329
Sorbitol	1,3306	1,33	1,329	1,329	1,33	1,329	1,329

Suda çözünür kuru madde analizin amacı, basit şekerleri çözünmeyen polisakkarit hidrolizi nedeniyle olgunlaşma ve yaşlanma üzerine artar bundan dolayı taze örneğe yakın bir kuru madde değeri daha iyi raf ömrü muhafazasını göstermektedir (Aragüz & Aguirre, 2020). Çalışmamızda elde ettiğimiz değerleri incelediğimizde değerler arasında önemli ölçüde fark görülmemiştir.

Gıdalarda bulunan katı maddelerin büyük kısmını şeker oluşturur. Gıdaların yapılarında bulunan sakkaroz, depolama sırasında sıcaklığa bağlı olarak değişkenliğe uğramaktadır.

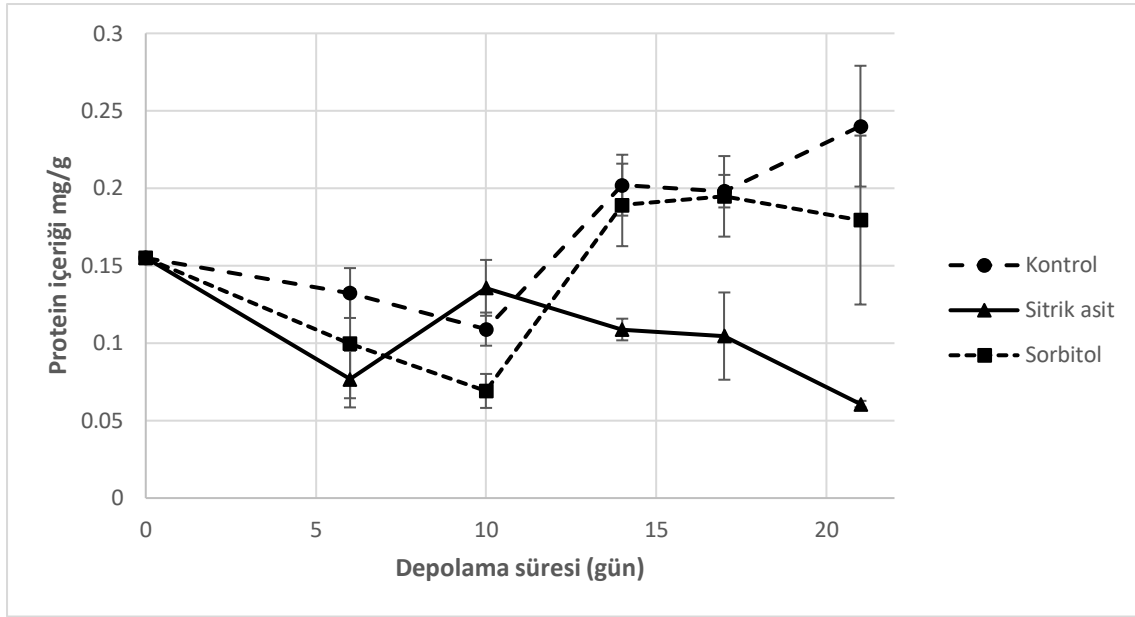


Şekil 4.79. Depolama süresi boyunca daldırma yöntemi ile kaplanan mantarların indirgen şeker

Şekil 4.79’de mantarların indirgen şekeri incelediğimizde sitrik asit ile kaplanmış mantarın 10. günden sonra azaldığı, kaplanmamış ve sorbitol ile kaplanmış mantarların ise 14. günden sonra azaldığı gözükmiştir. Depolamanın 21. gününde kaplanmamış mantarın indirgen şekeri $0,32 \pm 0,007$ (mg glukoz/g) ile en fazla indirgen şeker içermektedir. Sitrik asit ile kaplanmış mantar $0,29 \pm 0,016$ (mg glukoz/g) ve sorbitol ile kaplanmış mantar da $0,244 \pm 0,019$ (mg glukoz/g) değerlerinde bulunmuştur ($p < 0,05$).

Huang (2019) yaptığı kitosan ve guar zımkı ile yapmış olduğu film solüsyonuna mantarların daldırmasıyla, kaplanan mantarların indirgen şeker analiz sonuçlarında kaplanmamış mantarların indirgen şekeri kaplanmış mantarlardan yüksek çıkmıştır (Huang & Jiang, 2019).

Kaplanmış ve kaplanmamış mantarların protein içeriği Şekil 4.80’de gösterilmiştir.



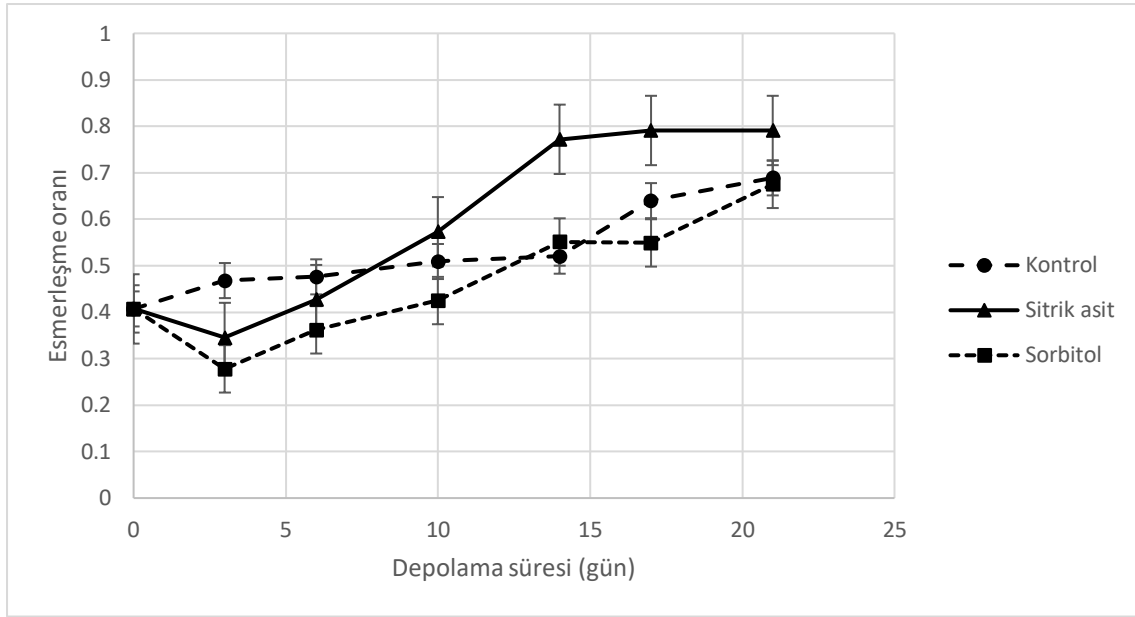
Şekil 4.80. Depolama süresi boyunca daldırma yöntemi ile kaplanan mantarların protein içeriği

Protein içeriğinin artış sebebi; depolama sırasında yüksek sıcaklığa maruz bırakıldığında, mantarların iç sıcaklığının hızla enzimatik reaksiyonlar için elverişli değerlere yükselmesidir. Enzimatik reaksiyonlar proteinlerin kısmi bozulmasına neden olarak yapıları değiştirir ve daha fazla hidrofobik bölgenin ortaya çıkması çözünür protein içeriğini arttırır (Xu & Fang, 2019).

Şekil 4.80’de görüldüğü gibi kaplanmamış ve sorbitol ile kaplanmış mantarların depolama süresinin uzamasıyla çözünür protein içeriği artmıştır. Sitrik asit ile kaplanan mantarların ise çözünür protein içeriği azalmıştır. Bunun nedeni; proteinler devamlı olarak küçük oligopeptitlere ve aminoasitlere parçalanır bunun sonucunda çözünür protein içeriği azalır (Xu & Fang, 2019).

4.6.5. Kahverengileşme (Esmerleşme Oranı)

Depolama sırasında mantarların kalitesinin gösteren en önemli analiz esmerleşme oranıdır. Mantarların rengi tüketici için önemli parametredir. Mantarlar hasatlardan sonra yavaş yavaş beyaza dönmeye başlar. Bunun nedeni, enzim oksidasyonu, yaşlanma ve mikrobiyal büyümedir, bu da besin kalitesinin kaybedip raf ömrünü kısaltır (Liu J. , 2019). Sitrik asit ve sorbitol ile kaplanmış mantar ve kaplanmamış mantarların esmerleşme oranı Şekil 4.81’de gösterilmiştir.



Şekil 4.81. Depolama süresi boyunca daldırma yöntemi ile kaplanan mantarların esmerleşme oranı

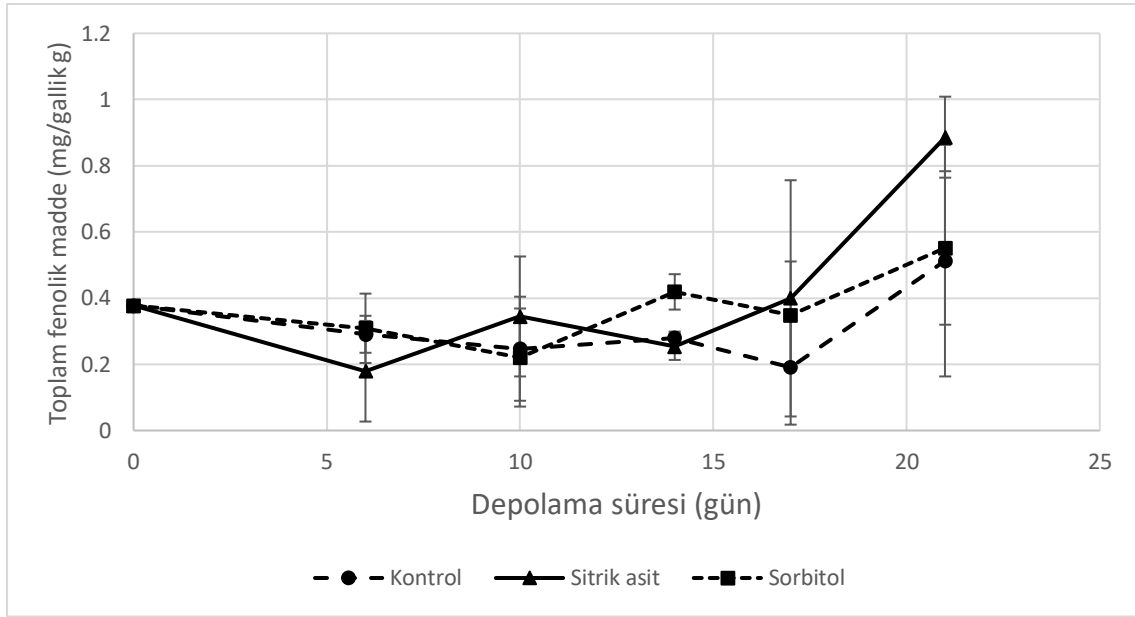
Depolama süresince bütün mantarların esmerleşme oranı zamanla artmıştır. 21.gün sonunda sitrik asit ile kaplanmış mantarın esmerleşme oranı diğer mantarlardan yüksek çıkmıştır. Sorbitol ile kaplanmış mantarlar kaplanmamış mantarlardan düşük esmerleşme oranına sahip çıktığı gözükmemektedir. Bu sonuçlar depolama süresince görseller görünümü ile desteklemektedir.

Li (2009) yaptığı nano paketleme ile Çin hünnapının orda sıcaklığında paketlenerek depolanmasında esmerleşme oranını incelediğinde, depolama süresince esmerleşme oranının arttığını bildirmiştir (Li & Hu, 2009).

Depolama süresince mantarların esmerleşme oranının arttığını Liu (2019)' de bildirmiştir (Liu J. , 2019).

4.6.6.Toplam Fenolik Madde Miktarı

Depolama süresince kaplanmış ve kaplanmamış mantarların toplam fenolik madde içeriği Şekil 4.82'de gösterilmiştir.



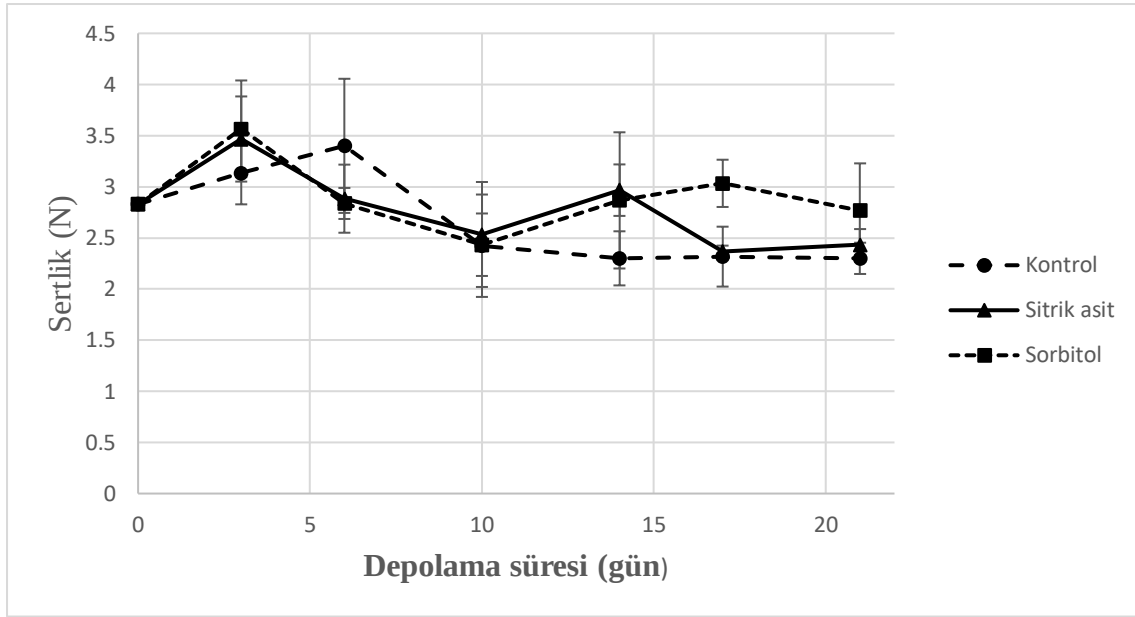
Şekil 4.82. Depolama süresi boyunca daldırma yöntemi ile kaplanan mantarların toplam fenolik madde içeriği

Fenoller mantarlarda sahip oldukları antioksidan kapasite lipid peroksidasyonu geciktirerek, oksitleyici zincir reaksiyonlarının başlatılmasını ve yayılmasını engeller (Liu J. , 2019).

21.gün sonunda sitrik asit ile kaplanmış mantarın toplam fenolik içeriği $0,886 \pm 0,122$ (mg/gallik g) değeri ile sorbitollu ve kaplanmamış mantardan yüksek çıkmıştır. Kaplanmamış mantarın toplam fenolik değeri de $0,513 \pm 0,349$ (mg/gallik g) değerlerde bulunmuştur ($p < 0,05$).

4.6.7. Sertlik Ölçümü

Depolama süresi boyunca kaplanmamış, sorbitol ve sitrik asit ile kaplanmış mantarların sertlik değerleri Şekil 4.83’de görülmektedir.



Şekil 4.83. Depolama süresi boyunca daldırma yöntemi ile kaplanan mantarların sertlik değerleri

Kaplanmış ve kaplanmamış mantarların sertlik değerleri depolama süresi uzadıkça genellikle sertlikleri azalmıştır. 21.gün sonunda kaplanmamış mantarın sertliği $2,3 \pm 0,153$ bulunmuştur. Sorbitol ile kaplanmış mantarların sertliği $2,76 \pm 0,462$ çıkmıştır. Sitrik asit ile kaplanan mantarların sertliği $2,43 \pm 0,15$ değerlerinde bulunmuştur ($p < 0,05$).

Sonuç olarak film solüsyonu ile kaplanan mantarların sertliği kaplanmamış mantarın sertliğinden yüksek çıkmıştır. Sorbitol ile kaplanan mantarın sitrik asit ile kaplanan mantardan daha iyi sertlik değeri çıktığı gözlemlenmiştir.

4.7. Üretilen Filmlerin Paketleme Malzemesi Olarak Kaplanan Mantarların Analiz Sonuçları

4.6. kısımda film solüsyonu hazırlanıp mantarların kaplanması ve mantarların değişimi incelenmişti. Bu kısımda ise dökme-çözücü buharlaştırma yöntemi kullanılarak film üretimi gerçekleştirilmiştir. Plastik kapların üzerine dikdörtgen şeklinde dikkatlice kesildikten sonra üretilen filmler yapıştırılmıştır. Plastik kapların içerisine mantarlar konulmuştur. İçerisine eklenen mantarlar, üzerine yapıştırılan filmlerle beraber plastik kaplar %50 bağıl nem ve iki farklı sıcaklık (4°C ve 24°C) ortamında saklama kaplar içerisinde depolanmıştır. Film ile paketlenmiş ve filmsiz plastik kaplardaki mantarların görsel, fiziksel özellikleri incelenmiş ve kıyaslanma yapılmıştır.

4.7.1 Üretilen Filmlerin Paketleme Malzemesi Olarak Kaplanan mantarların Görsel Özellikleri

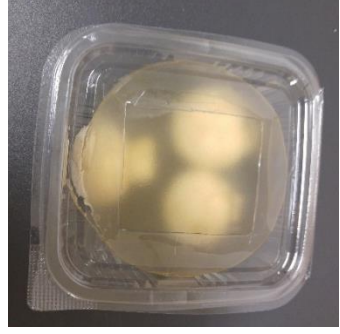
Paketlenen mantarlar oda sıcaklığı (24 °C) ve buzdolabında (4 °C) oda sıcaklığında depolanmıştır. Şekil 4.84’de paketlenmiş mantarların oda sıcaklığında 4.gün sonrasında çürümesi/ küflenmesi gösterilmiştir. Bundan dolayı oda sıcaklığında ki mantarlar 4. günden sonra analizleri son bulmuştur.



Şekil 4.84. Oda sıcaklığı paketleme malzemesi ile kaplanmış mantarlar

Tablo 4.26’de paketlerin kapakları kapalı olarak filmlerin görselleri, Tablo 4.27’de kapakları açarak mantarların görselleri gösterilmiştir.

Tablo 4.26. 4°C’de bekletilmiş paketleme malzemesi ile kaplanmamış/kaplanmış mantarların filmleri

Tarih	Kontrol	Sitrik asitli	Sorbitol
0.gün			
3.gün			
10.gün			
14.gün			
17.gün			



Sorbitollu filmlerin sitrik asitli filmlerden daha gergin durduğu görsellerde anlaşılmaktadır. Ayrıca 21. Gün sonunda sorbitollu filmlerde küflenme meydana geldiği gözükmemektedir. Sitrik asitli filmlerin kenarlarında yumuşamalar olduğu ancak yırtılma gibi bir sonuç ile karşılaşılmamıştır.

Tablo 4.27. 4 °C'de bekletilmiş paketlenme malzemesi ile kaplanmamış/kaplanmış mantarlar

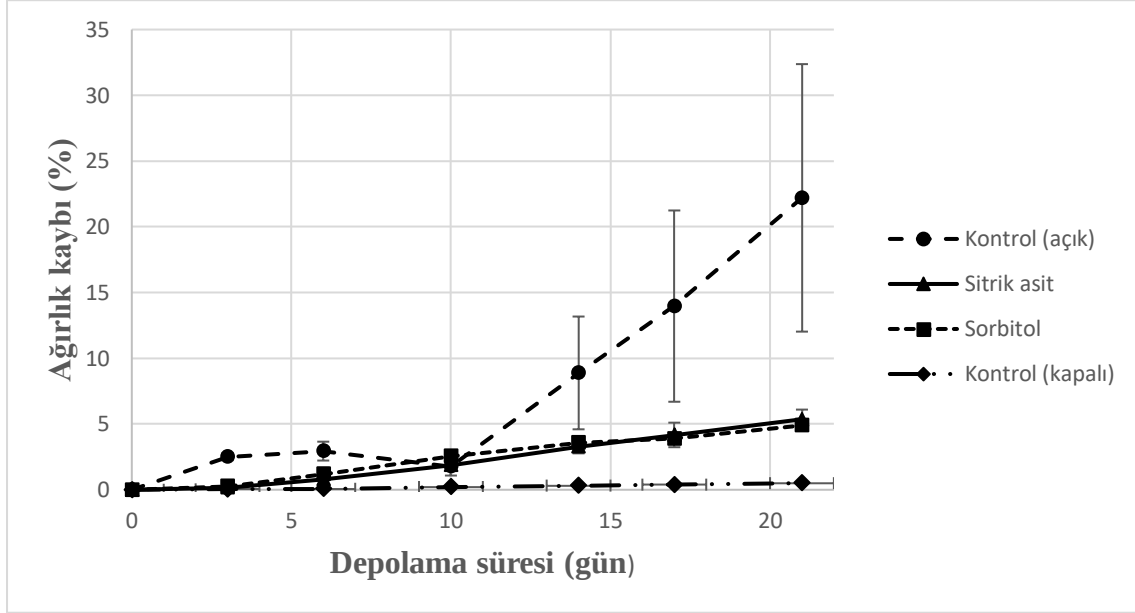


14.gün			
17.gün			
21.gün			

Mantarların görselleri incelendiğinde 21.gün sonunda sitrik asitli ve sorbitollu film ile paketlenmiş mantarların filmsiz mantarlara göre parlak olduğu gözükmemektedir. Sonuç olarak filmlerin geçirgenliği, film olmayan plastik kaplarda hava geçirgenliği kadar olduğunu ortaya koymuştur.

4.7.2. Ağırlık Kaybı

Film ile paketlenmiş ve filmsiz paketlenmiş mantarların ağırlık kayıpları Şekil 4.85’de gösterilmiştir. Plastik kabın dışarıya hava akışın olup olmadığını anlamak adına bir tane plastik kabın içerisine sadece saf su koyarak ağırlık kaybı bakılmıştır.

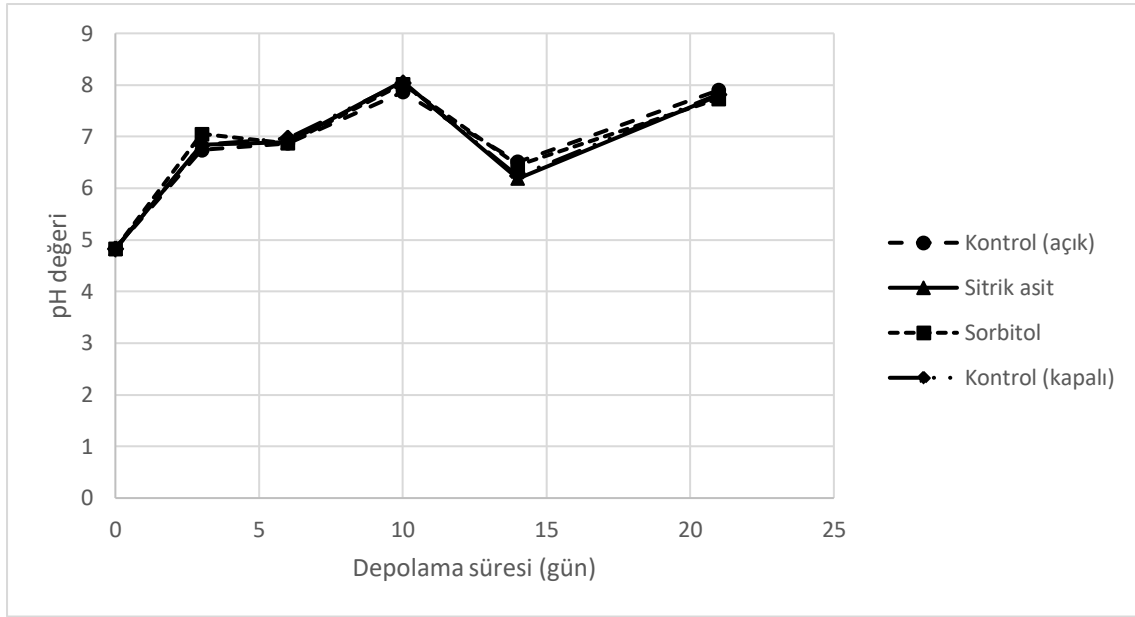


Şekil 4.85. Depolama süresi boyunca paketlenme malzemesi ile kaplanan mantarların ağırlık kaybı (%)

Şekil 4.85’de gösterildiği gibi 21.gün sonunda filmsiz pakette mantarlar %0,5 ağırlık kaybetmiştir. Fakat açık şekilde kaplanmamış mantarlarda ağırlık kayıpları, kaplanmış mantarlardan fazla çıkmıştır. Daldırma yönteminde olduğu gibi film paketlenmesinde de depolama süresince ağırlık kaybı arttığı gözlemlenmiştir. Sorbitollu film ile paketlenen mantarlar %4,88 ve sitrik asit ile paketlenen mantarlarda %5,36 ağırlık kaybetmiştir ($p<0,05$).

4.7.3. pH, Suda Çözünürlük Kuru Madde, İndirgen Şeker ve Protein İçeriği

Film ve filmsiz paketlenmiş mantarların pH değerleri Şekil 4.86’de gösterilmiştir.



Şekil 4.86. Depolama süresi boyunca pakitleme malzemesi ile kaplanan mantarların pH değerleri

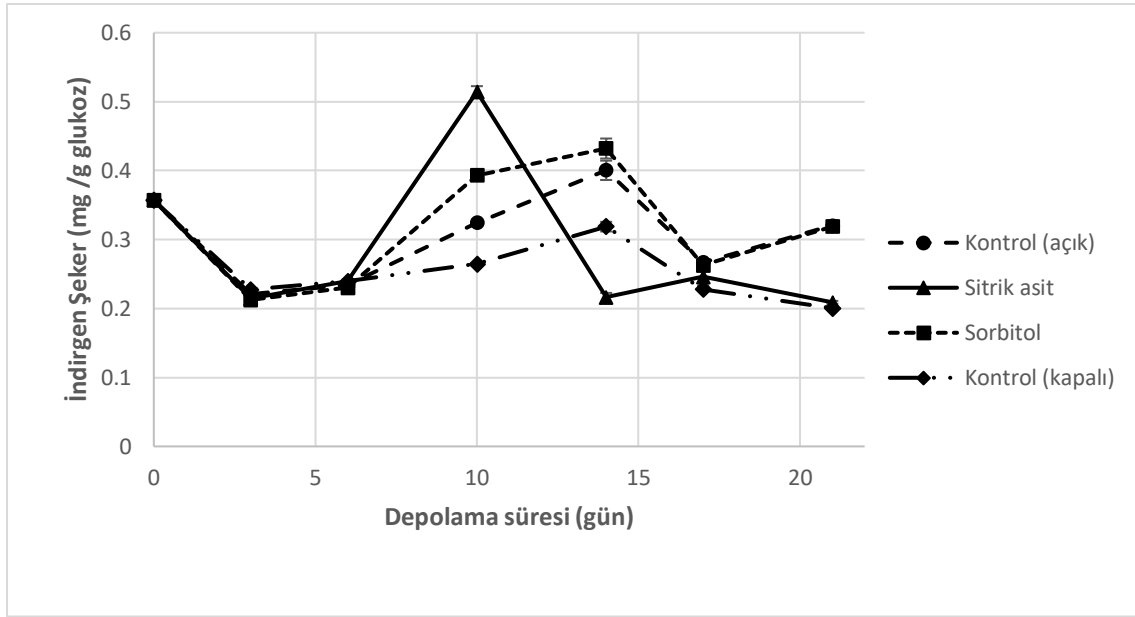
Film ve filmsiz paketlenmiş mantarın pH değerleri incelendiğinde; sitrik asit ya da sorbitol film ile paketlenmiş ve filmsiz paketlenmiş mantarların pH değeri $4,83 < \text{pH} < 8,07$ arasında değiştiği gözükmemektedir ($p > 0,05$).

Film ve filmsiz paketlenmiş mantarın suda çözünür kuru madde analiz sonuçları Tablo 4.28’de gösterilmiştir.

Tablo 4.28. Depolama süresi boyunca pakitleme malzemesi ile kaplanan mantarların suda çözünür kuru madde değerleri

Film\Zaman	0	3	6	10	14	17	21
Kontrol	1,3306	1,3295	1,3295	1,3291	1,3296	1,3292	1,329
Sitrik asit	1,3306	1,3295	1,3294	1,3293	1,3293	1,3294	1,329
Sorbitol	1,3306	1,3295	1,3295	1,3294	1,3296	1,3292	1,3292

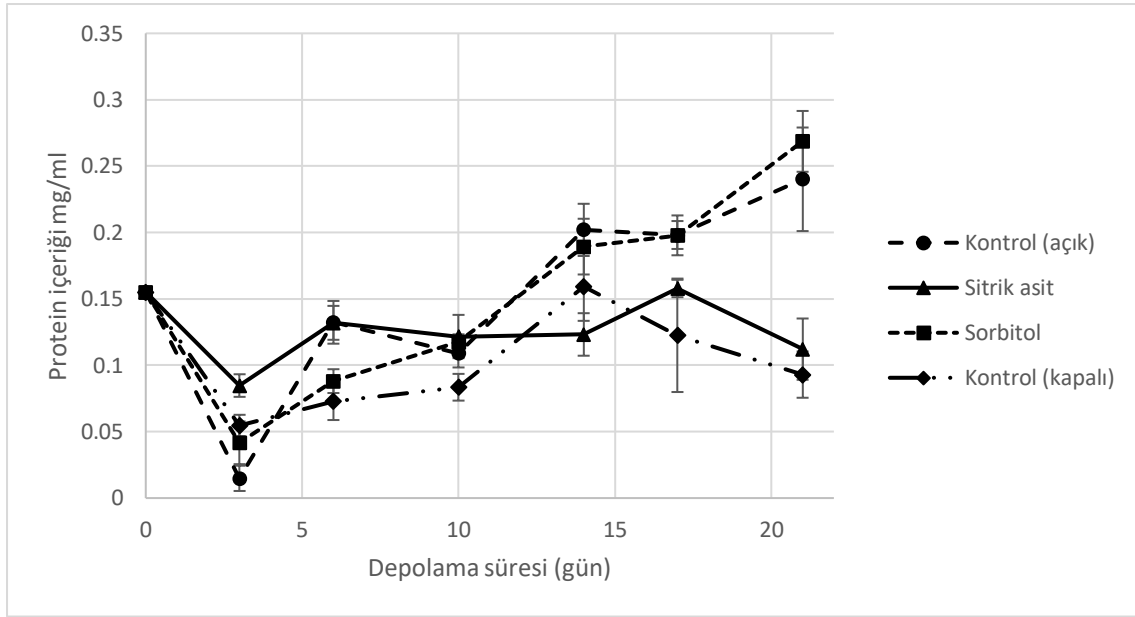
Paketlenen mantarların suda çözünür kuru madde sonucu, daldırma yöntemi ile elde ettiğimiz mantarların suda çözünür kuru madde değerleri benzer çıkmıştır. Depolama süresince suda çözünür kuru madde değerlerinin belirli bir fark görülmemektedir.



Şekil 4.87. Depolama süresi boyunca pakitleme malzemesi ile kaplanan mantarların indirgen şeker

Şekil 4.87’de mantarların indirgen şekeri incelediğimizde sitrik asitli film ile paketlenmiş mantarın, sitrik asit ile daldırma yönteminde olduğu gibi 10.günden sonra azaldığı, filmsiz ve sorbitollu film ile paketlenmiş mantarların ise 14. Günden sonra azaldığı gözükmiştir. Depolamanın 21. gününde filmsiz paketlenmiş mantarın indirgen şekeri $0,2006 \pm 0,002$ (mg glukoz/g) ile en az indirgen şeker içerdiği gözükmektedir. Sitrik asitli film ile paketlenmiş mantarların $0,2089 \pm 0,002$ (mg glukoz/g) değeri ile filmsiz paketteki mantarların indirgen şekerine yakın çıkmıştır. Sorbitollu film ile paketlenmiş mantarların $0,318 \pm 0,0014$ (mg glukoz/g) değerlerinde bulunmuştur.

Film ve filmsiz paketlenmiş mantarın çözünür protein içeriği analiz sonuçları Şekil 4.88’de gösterilmiştir.

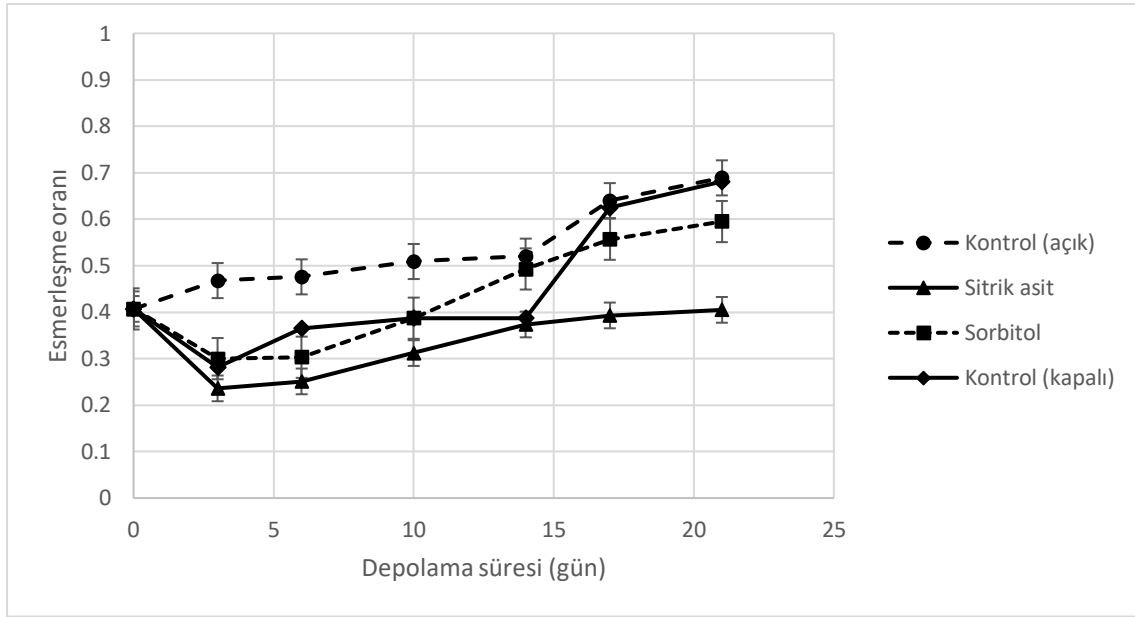


Şekil 4.88. Depolama süresi boyunca paketlenme malzemesi ile kaplanan mantarların protein içeriği

Protein içeriğinin artış ve azalış nedenini 4.6.4. bölümde bahsedilmişti. 21.gün sonunda sitrik asitli film ile paketlenmiş mantarların çözünür protein içeriği ($0,112 \pm 0,023$ mg/ml) filmsiz paketlenen mantarların çözünür protein içeriğine ($0,0927 \pm 0,017$ mg/ml) yakın çıkmıştır ($p < 0,05$). Sorbitollu film ile paketlenen mantarların çözünür protein içeriği depolama süresince artış göstermiştir. Bunun nedeni olarak enzimatik reaksiyonların proteinleri bozup, hidrofobik bölgenin fazla ortaya çıkmasından olabilir.

4.7.5. Kahverengileşme (Esmerleşme Oranı)

Film ve filmsiz paketlenmiş mantarın kahverengileşme (esmerleşme oranı) sonuçları Şekil 4.89’de gösterilmiştir.

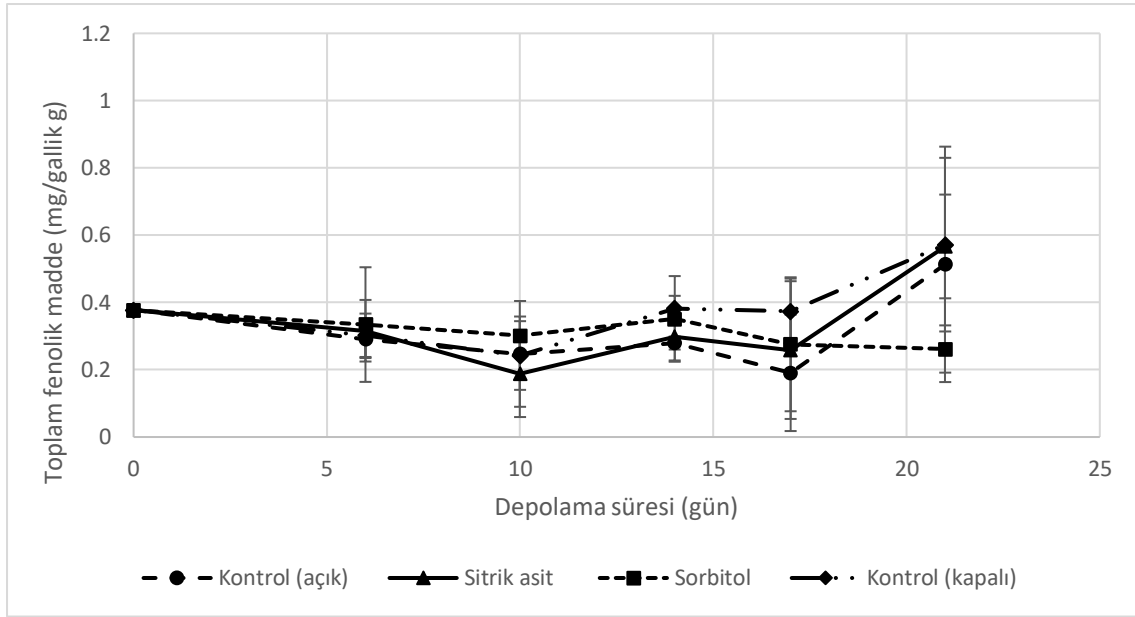


Şekil 4.89. Depolama süresi boyunca paketleme malzemesi ile kaplanan mantarların esmerleşme oranı

Depolama süresince bütün mantarların esmerleşme oranı zamanla artmıştır. 21.gün sonunda sitrik asitli ve sorbitollu film ile paketlenmiş mantarın esmerleşme oranı filmsiz paketlenen mantarlardan düşük çıkmıştır. Ayrıca sitrik asitli film ile paketlenen mantarların esmerleşme oranı sorbitollu film ile paketlenmiş mantarların esmerleşme oranından düşük çıktığı gözükmemektedir. Esmerleşme oranının, filmler ile paketlenen mantarın, filmsiz paketlenen mantarlardan düşük çıkması, filmlerin mantarın üzerinde pozitif etki ettiğini gösterir.

4.7.6. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Film ve filmsiz paketlenmiş mantarın toplam fenolik madde miktarı Şekil 4.90'da gösterilmiştir.

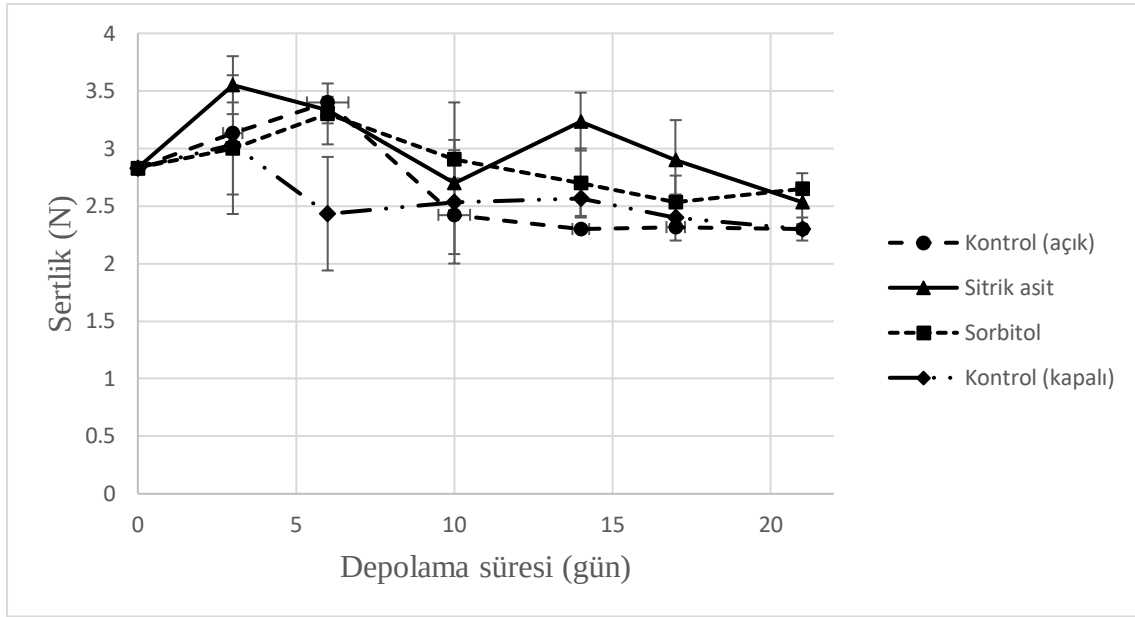


Şekil 4.90. Depolama süresi boyunca paketlenme malzemesi ile kaplanan mantarların toplam fenolik madde içeriği

21.gün sonunda sitrik asitli film ile paketlenmiş mantarların toplam fenolik içeriği $0,566 \pm 0,154$ (mg/gallik g) ile filmsiz paketlenmiş mantarın toplam fenolik madde içeriğine $0,5719 \pm 0,258$ (mg/gallik g) yakın çıkmıştır ($p < 0,05$). Sorbitollu film ile paketlenmiş mantarın toplam fenolik değeri $0,26 \pm 0,07$ (mg/gallik g) değerlerde diğer mantarlardan düşük bulunmuştur.

4.7.7. Sertlik Ölçümü

Sorbitollu ve sitrik asitli film ve filmsiz paketlenmiş mantarların sertlik değerleri Şekil 4.91’de gösterilmiştir.



Şekil 4.91. Depolama süresi boyunca paketlenme malzemesi ile kaplanan mantarların sertlik değerleri

21.gün sonunda film ile paketlenmemiş mantarın sertliği $2,3 \pm 0,1$ bulunmuştur. Sorbitollu film ile paketlenmiş mantarların sertliği $2,65 \pm 0,05$ çıkmıştır. Sitrik asitli film ile paketlenmiş mantarların sertliği $2,53 \pm 0,25$ değerlerinde bulunmuştur ($p < 0,05$).

KAYNAKÇA

- Akçay, S., & Özden, N. E. (2012). Antimikrobiyal Madde İçeren Yenilebilir Filmlerin Dumanlanmış Balığın Kalitesine Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi*.
- Akşehir, K., & Dervişoğlu, M. (2013). Ak Dut (Morus Alba) Ve Kara Dut (Morus Nigra) Meyvelerinden Elde Edilen Yenilebilir Filmlerin Karakterizasyonu. *Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi*.
- Anand, A., & Kulkarni, R. (2013). Utilization of renewable bio-based resources viz. sorbitol, diol, and diacid in the preparation of two pack PU anticorrosive coatings. *RSC Advances*, 1-8.
- Aragüez, L., & Aguirre, A. (2020). Active packaging from triticale flour films for prolonging storage life of cherry tomato. *Food Packaging and Shelf Life*, 25.
- Aslan , Ö., & Oğuz, S. F. (2014). Development Of Alternative Edible Coatings For Turkish Delight (Lokum) And Determination Of Film Properties. *Yüksek Lisans Tezi, Yeditepe Üniversitesi*.
- Ayana, B., & Turhan, N. (2007). Antimikrobiyal Yenilebilir Filmlerin Üretimi Ve Özelliklerinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi*.
- Aydınlı, M. (1997). Keçiboynuzu (Ceratonia Siliqua) Çekirdeği Polimerinin Karakterizasyonu ve Yenilebilir Film Özelliklerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi , Akdeniz Üniversitesi*.
- Bahtimur, E. D., & Tanyolaç, D. (2018). *Production and characterization of antimicrobial edible film from lemon peel*. <http://hdl.handle.net/11655/5533>. adresinden alındı
- Baykuş, A., & Ocak, E. (2019). Askorbik Asit ve Potasyum Sorbat İle Yenilebilir Film Kaplamanın Kaymağın Raf Ömrü Üzerine Etkisinin Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi*.
- Blacido, D., & Sobral, P. (2011). Optimization of amaranth flour films plasticized with glycerol and sorbitol by multi-response analysis. *LWT-Food Science and Technology*, 44:1731-1738.
- Brandenburg, A., Weller, C., & Testin, R. (1993). Edible Films and Coatings from Soy Protein . *Journal of Food Science*, 58(5): 1086-1089.

- Candan, T., & Bağdatlı, A. (2018). Gıda Ürünlerinde Yenilebilir Film ve Kaplama Uygulamaları. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2):645-655.
- Colla, E., & Menegall, F. C. (2006). Amaranthus cruentus Flour Edible Films: Influence of Stearic Acid Addition, Plasticizer Concentration, and Emulsion Stirring Speed on Water Vapor Permeability and Mechanical Properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54:6645-6653.
- Cruz, K., & Isabel, M. (2019). Characterization of edible films from whey proteins treated with heat, ultrasounds and/or transglutaminase. Application in cheese slices packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 22.
- Çağrı, A., & Mehmetoğlu. (2010). Yenilebilir Filmlerin ve Kaplamaların Özelliklerini Etkileyen Faktörler. *Akademik Gıda*, 8(5):37-43.
- Çelik, İ., & Sarıçoban, C. (2020). Transglutaminazın Chia Müsilaj Bazlı Yenilebilir Filmle Kaplı Tavuk Nuggetları Üzerine Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi*.
- Dai, H., & Li, X. (2020). Effect of interaction between sorbitol and gelatin on gelatin properties and its mechanism under different citric acid concentrations. *Food Hydrocolloids*, 101.
- Daudt, R., & Avena-Bustillos, R. (2016). Comparative study on properties of edible films based on pinhao (Araucaria angustifolia) starch and flour. *Food Hydrocolloids*, 60:279-287.
- Debeaufort, F., & Voilley, A. (2009). Lipid-Based Edible Films and Coatings. eds. Embuscado. *Edible Films and Coatings for Food Applications*, 135-168.
- Demir, B., & Demirdöven, A. (2019). Aljınat Bazlı Yenilebilir Film Uygulamalarının Minimal İşlem Görmüş Kavun Dilimlerinin Raf Ömrüne Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi*.
- Demirel, İ., & Toprak, G. Ç. (2012). Antifriz İçen Bir Hastada Etilenglikol Zehirlenmesi: Olgu Sunumu. *Fırat Tıp Dergisi*, 182-184.
- Dias, A., & Laurindo, J. (2010). Biodegradable films based on rice starch and rice flour. *Journal of Cereal Science*, 213-219.
- Diaz, O., & Ferreira, T. (2019). Characterization of Chickpea (Cicer arietinum L.) Flour Films: Effects of pH and Plasticizer Concentration. *International Journal of Molecular Sciences*.

- Dick, M., & Pagno, C. H. (2016). Edible films based on chia flour: Development and characterization. *Journal of Applied Polymer Science* , 133.
- Drakos, A., Pelava, E., & Evageliou, V. (2018). Properties of flour films as affected by the flour's source and particle size. *Food Research International*, 107: 551-558.
- Elibal, B., & Aksoy, H. A. (2009). Kanola Yağından Kudret Narı Yağ Asitleri (Kİna) İle Yapılandırılmış Yağ Üretimi ve Reaksiyon Koşullarının Optimizasyonu. *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi*.
- Erdoğan, A. E., & Mazlum, S. (2020). Ayva Çekirdeği Müsilajı ve Kitosanla Yenilebilir Film Elde Edilmesi Ve Özelliklerinin Belirlenmesi. *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi*.
- Erdoğan, K., & Eroğlu, O. (2020). U87g Kanseri Hücrelerinde Kudret Narı (Momordica Charantia) Özütünün Sparc Ve Src-1 Protein Ekspresyon Seviyeleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi* .
- Ergin, S. Ö., & Yaman, H. (2015). Kiraz ve Kayısı Ağacı Reçinelerinin Yenilebilir Film Özelliklerinin İncelenmesi ve Gıda Kaplanması Kullanımları. *Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi*.
- Esmaili, M., & Nouraddini, M. (2018). Development and characterization of edible films based on eggplant flour and corn starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 1639-1645.
- Eyiz, V., & Türker, S. (2019). Yenilebilir Filmlerin Meyve ve Tahıl Barlarının Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi*.
- Farhan, A., & Hani, N. M. (2017). Characterization of edible packaging films based on semi-refined kappa-carrageenan plasticized with glycerol and sorbitol. *Food Hydrocolloids*, 64: 48-58.
- Fıratlıgil, F., & Evranuz, Ö. (2000). Erik Püresinden Elde Edilen Yenilebilir Filmin Fonksiyonel Özelliklerine Elma Püresi ve Peyniraltı Suyu Proteini Katkısının Etkisi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi* .
- Forney, C., & Brandl, D. (1992). Control of Humidity in Small Controlledenvironment Chambers using Glycerol- Water Solutions. *Technology& Product Reports*, 54.

- Garcia, P. S., & Grossmann, M. E. (2014). Improving action of citric acid as compatibiliser in starch/polyester blown films. *Industrial Crops and Products*, 52:305-312.
- Gennadios, A. (2002). Protein based films and coatings. *CRC Press LLC*, 672 p.
- Gheribi, R., & Khwaldia, K. (2018). Development of plasticized edible films from *Opuntia ficus-indica* mucilage: A comparative study of various polyol plasticizers. *Carbohydrate Polymers*, 190:204-211.
- Gutierrez, T. J., & Alvarez, K. (2016). Physico-chemical properties and in vitro digestibility of edible films made from plantain flour with added Aloe vera gel. *Journal of Functional Foods*, 25:750-762.
- Hager, A.-S., & Arendt, E. (2012). Influence of Gallic Acid and Tannic Acid on the Mechanical and Barrier Properties of Wheat Gluten Films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60:6157-6163.
- Hazrati, K., & Sapuan, S. (2021). Effect of plasticizers on physical, thermal, and tensile properties of thermoplastic films based on *Dioscorea hispida* starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 185:219-228.
- Hongmei, L., Li, F., & Hu, Q. (2009). Effect of nano-packing on preservation quality of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. var. *inermis* (Bunge) Rehd). *Food Chemistry*, 144:547-552.
- http-1. (2021). <https://www.archynewsy.com/tag/ulser/> adresinden alındı
- http-2. (0). <http://www.orgchemboulder.com/Spectroscopy/specttutor/irchart.shtml> adresinden alındı
- Huang, Q., & Jiang, T. (2019). Effect of chitosan and guar gum based composite edible coating on quality of mushroom (*Lentinus edodes*) during postharvest storage. *Scientia Horticulturae*, 253:382-389.
- Jridi, M. (2020). Physicochemical, antioxidant and antibacterial properties of fish gelatin-based edible films enriched with orange peel pectin: Wrapping application. *Food Hydrocolloids*, 103.

- Kalkan, S., & Erginkaya, Z. (2014). Farklı Antimikrobiyel Maddeler İçeren Yenilebilir Film Kaplamaların Macar Salamında Kullanım Olanakları ve *Listeria Innocua* İnaktivasyonu Üzerine Etkileri. *Doktora Tezi, Çukurova üniversitesi*.
- Karagöz, Ş., & Demirdöven, A. (2018). Stevia İçeren Yenilebilir Film Formülasyonlarının Geliştirilmesi ve Yenilebilir Film Kaplama İle Modifiye Atmosferde Ambalajlama Kombinasyonunun Az İşlemGörmüş Elmaların Raf Ömrüne Etkileri. *Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi*.
- Karakoyun, O., & Özkoç, S. Ö. (2019). Glutensiz Kurabiyelerin Depolama Süresince Kalitelerini İyileştirmede Glutensiz Yenilebilir Filmlerin Kullanımı. *Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi*.
- Khalily, R., & Uçak, İ. (2019). Propolis Ekstraktı İle Zenginleştirilmiş Yenilebilir Filmlerin Alabalık Filetosu Kalitesi Üzerine Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi*.
- Kısacık, Ö. G., & Güneş, Ü. (2015). İskemik Yaraların İyileşmesinde Kudret Narı Ekstraktı İle Yapılan Pansumanın, Saf Zeytinyağı, Nitrofurazon Ve Serum Fizyolojik Kullanılarak Yapılan Pansumanlara Göre Etkinliğinin İncelenmesi. *Doktora Tezi, Ege Üniversitesi*.
- Kocakulak, S., Sumnu, G., & Sahin, S. (2019). Chickpea flour-based biofilms containing gallic acid to be used as active edible films. *Journal of Applied Polymer Science*, vol.136.
- Kozlu, A., & Elmacı, Y. (2020). Ayva Çekirdeği Müsilajının Yenilebilir Film Kaplaması Olarak Bazı Meyvelere Uygulanması Ve Depolama Süresince Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi*.
- Kumar, R., & Ghoshal, G. (2019). Synthesis and functional properties of gelatin/CA–starch composite film: excellent food packaging material. *J Food Sci Technol*, 56:1954-1965 .
- Kusumaningtyas , R., & Putri, R. (2018). Preparation And Characterization Of Edible Film From Sorghum Starch With Glycerol And Sorbitol As Plasticizers. *Journal of Engineering Science and Technology*, 47-55.
- Küçük, G. S., & Çelik, Ö. F. (2017). Yenilebilir Aljinat ve Zein Filmlerin Gıda Ambalajlamasında Kullanımı. *Ordu University Journal of Science and Technology*, 7(2):295-311.

- Laohakunjit, N., & Noomhorm, A. (2004). Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier Properties of Rice Starch Film. *Starch/Starke*, 348-356.
- Lee, W.-J., & Kuo, E.-S. (2015). Properties of polyurethane (PUR) films prepared from liquefied wood (LW) and ethylene glycol (EG). *Holzforschung*, 69(5):547-554.
- Lei, Y., & Wu, H. (2019). Preparation and characterization of bioactive edible packaging films based on pomelo peel flours incorporating tea polyphenol. *Food Hydrocolloids*, 90:41-49.
- Li, H., & Hu, Q. (2009). Effect of nano-packing on preservation quality of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. var. *inermis* (Bunge) Rehd). *Food Chemistry*, 114:547-552.
- Li, X., & Ma, F. (2021). Characterization and antibacterial activity of edible films based on carboxymethyl cellulose, *Dioscorea opposita* mucilage, glycerol and ZnO nanoparticles. *Food Chemistry*, 349.
- Lin, D., & Wu, Z. (2020). Investigation of the structural, physical properties, antioxidant, and antimicrobial activity of chitosan- nano-silicon aerogel composite edible films incorporated with okara powder. *Carbohydrate Polymers*, 250.
- Liu, C., & Liu, J. (2020). Heat sealable soluble soybean polysaccharide/gelatin blend edible films for food packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 24.
- Liu, J. (2019). Effect of gallic acid grafted chitosan film packaging on the postharvest quality of white button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Postharvest Biology and Technology*, 147:39-47.
- Mankan, E., & Boyacıoğlu, H. (2008). Hamurun Fiziksel Özelliklerinin Çavdar Ekmeğinin Kalitesi Üzerine Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi*.
- Marron, M. (2019). Effects of alginate-glycerol-citric acid concentrations on selected physical, mechanical, and barrier properties of papaya puree-based edible films and coatings, as evaluated by response surface methodology. *LWT*, 83-91.
- Martins, J. T., & Cerqueira, M. A. (2012). Influence of α -tocopherol on physicochemical properties of chitosan-based films. *Food Hydrocolloids*, 220-227.

- McHught, T. H., & Krochta, J. M. (1994). Sorbitol- vs Glycerol-Plasticized Whey Protein Edible Films: Integrated Oxygen Permeability and Tensile Property Evaluation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(4).
- Meng, X., & Tian, S. (2008). Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry*, 106:501-508.
- Nouraddini, M., Esmaili, M., & Mohtarami, F. (2018). Development and characterization of edible films based on eggplant flour and corn starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 120: 1639-1645.
- Olçay, H. S., & Sarıçoban, C. (2019). Kekik Ve Şerbetçi Otu İçeren Yenilebilir Filmlerin Hamburgerlerin Bazı Mikrobiyal Ve Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi*.
- Özkılıç, B., & Karaçam, H. (2012). Bitkisel Proteinlerden Yenilebilir Film Elde Edilmesi Ve Özelliklerinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi*.
- Özkük, G. K., & Caba, Z. T. (2017). Üç Farklı Protein Kaynağı Kullanılarak Üretilen Yenilebilir Filmlerin Peynir Raf Ömrü Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi*.
- Park, H.-R., & Chough, S.-H. (2005). Properties of Starch/PVA Blend Films Containing Citric Acid as Additive. *Journal of Polymers and the Environment*, 13(4):375-382.
- Pelissari, F. M., & Menegalli, F. C. (2013). Comparative study on the properties of flour and starch films of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). *Food Hydrocolloids*, 30 (2): 681-690.
- Quiroz, M., Diaz, J., & Bertola, N. (2018). Behavior Assesment of Methylcellulose Coatings as Packaging Material for Fresh Costeno Cheese. *Indian Journal of Science and Technology*, 11.
- Raspo, M., & Gomez, C. (2018). Optimization of antioxidant, mechanical and chemical physical properties of chitosan-sorbitol-gallic acid films by response surface methodology. *Polymer Testing*, 70:180-187.
- Rios, & Flores, S. H. (2017). Comparative study on the properties of films based on red rice (*Oryza glaberrima*) flour and starch. *Food Hydrocolloids*, 65:96-106.

- Rivero, S., & Garcia, M. (2010). Crosslinking capacity of tannic acid in plasticized chitosan films. *Carbohydrate Polymers*, 82:270-276.
- Rodriguez, G., & Espitia, P. (2020). Antioxidant active packaging based on papaya edible films incorporated with Moringa oleifera and ascorbic acid for food preservation. *Food Hydrocolloids*, 103.
- Sablani, S., & Dasse, F. (2009). Apple Peel-Based Edible Film Development Using a High-Pressure Homogenization. *Journal of Food Science*, 74: 372-381.
- Salama, H. E., & Aziz, M. S. (2021). Development of active edible coating of alginate and aloe vera enriched with frankincense oil for retarding the senescence of green capsicums. *LWT*, 145.
- Sarıcaoğlu, F. T., & Turhan, S. (2018). Mekanik Olarak Ayrılmış Tavuk Eti Proteinlerinden Antioksidan Ve Antimikrobiyal Katkılı Yenilebilir Film Üretimi Ve Isıl İşlem Görmüş Sucuklarda Kullanımı. *Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi*.
- Sarıkuş, G., & Seydim, A. C. (2006). Farklı Antimikrobiyal Maddeler İçeren Yenilebilir Film Üretimi Ve Kaşar Peynirinin Muhafazasında Mikrobiyal İnaktivasyona Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi*.
- Sarioğlu, T., & Öner, Z. (2005). Yenilebilir Filmlerin Kaşar Peynirinin Kaplanması Kullanılma Olanakları Ve Peynir Kalitesi Üzerine Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi*.
- Seiwert, K., & Ustunol, Z. (2021). Development and characterization of whey protein isolate and xylan composite films with and without enzymatic crosslinking. *Food Hydrocolloids*.
- Sharma, L., & Singh, C. (2016). Sesame protein based edible films: Development and characterization. *Food Hydrocolloids*, 61:139-147.
- Shi, R., & Zhang, Z. (2007). Characterization of citric acid/glycerol co-plasticized thermoplastic starch prepared by melt blending. *Carbohydrate Polymers*, 74:748-755.
- Solano, A. V., & Gante, C. (2014). Development of biodegradable films based on blue corn flour with potential applications in food packaging. Effects of plasticizers on mechanical, thermal, and microstructural properties of flour films. *Journal of Cereal Science*, 60:60-66.

- Soo, P., & Sarbon, N. (2018). Preparation and characterization of edible chicken skin gelatin film incorporated with rice flour. *Food Packaging and Shelf Life*, 15:1-8.
- Sucheta, & Rai, S. K. (2019). Evaluation of structural integrity and functionality of commercial pectin based edible films incorporated with corn flour, beetroot, orange peel, muesli and rice flour. *Food Hydrocolloids*, 127-135.
- Suhag, R. (2020). Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. *Food Research International*, 136.
- Sun, X., & Wu, Q. (2021). Comparative performance of bio-based coatings formulated with cellulose, chitin, and chitosan nanomaterials suitable for fruit preservation. *Carbohydrate Polymers*, 259.
- Şen , R., & Tarhan, Ö. (2020). Gıda Proteinlerinden Kısmi Hidroliz Ve Aktif Madde İlavesiyle Elde Edilen Yenilebilir Filmlerin Yapısal Ve Antimikrobiyal Özelliklerinin Belirlenmesi . *Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi*.
- Tharanathan, R. (2003). Kittur FS. Chitin-the undisputed biomolecule of great potential. *Crit Rev Food Sci.*, 43(1):61-87.
- Thessrimuang, N., & Prachayawarakorn, J. (2019). Characterization and Properties of High Amylose Mung Bean Starch Biodegradable Films Cross-linked with Malic Acid or Succinic Acid. *Journal of Polymers and the Environment*, 27:234–244.
- Tokuşoğlu, Ö. (2016). Kudret narında biyoaktif antioksidan, antikarsinojen fenolikler. *Gıda Teknolojisi ve Tarım Dergisi*.
- Torlak, E., & Nizamlioğlu, M. (2009). Doğal Antimikrobiyal Maddeler İle Hazırlanan Yenilebilir ve Kaplanmış Plastik Filmlerin Gıda Kaynaklı Bazı Patojenlere Etkileri. *Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi*.
- Tural, S., & Sarıcaoğlu, F. T. (2017). Yenilebilir Film ve Kaplamalar: Üretimleri, Uygulama Yöntemleri,. *Akademik Gıda*, 15(1): 84-94.
- Turgut, A., & Kartal , Y. (2021). Yenilebilir Polimerik Filmler ve Kaplamalar-2-. *Yalova Üniversitesi Polimer Mühendisliği*.
- Vanin, F., & Sobral, P. (2005). Effects of plasticizers and their concentrations on thermal and functional properties of gelatin-based films. *Food Hydrocolloids*, 19:899-907.

- Vargas, C. G., & Costa, T. M. (2017). Comparative study on the properties of films based on red rice (*Oryza glaberrima*) flour and starch. *Food Hydrocolloids*, 65:96-106.
- Wang, T., & Yun, J. (2021). Effects of ozone fumigation combined with nano-film packaging on the postharvest storage quality and antioxidant capacity of button mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Postharvest Biology and Technology*, 176.
- Wilpiszewska, K., & Antosik, A. (2019). The Effect of Citric Acid on Physicochemical Properties of Hydrophilic Carboxymethyl Starch-Based Films. *Journal of Polymers and the Environment*, 27:1379-1387.
- Wu, H. (2019). Preparation and characterization of bioactive edible packaging films based on pomelo peel flours incorporating tea polyphenol. *Food Hydrocolloids*, 90:41-49.
- Xu, J., & Yuan, T. (2019). Plasticized hemicelluloses/chitosan-based edible films reinforced by cellulose nanofiber with enhanced mechanical properties. *Carbohydrate Polymers*, 224.
- Xu, L., & Fang, X. (2019). Effects of high-temperature pre-drying on the quality of air-dried shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*). *Food Chemistry*, 285:406-413.
- Yadav, S. K., & Sucheta. (2019). Composite edible coatings from commercial pectin, corn flour and beetroot powder minimize post-harvest decay, reduces ripening and improves sensory liking of tomatoes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 284-293.
- Yalçın, S. K., & Özbaş, Z. Y. (2007). Investigation Of Various Parameters Affecting Citric Acid Production By *Yarrowia Lipolytica* And Assessment Of Citric Acid Production Capacities Of Some Endogenic Yeast Strains. *Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi*.
- Yaylı, D., & Turhan, S. (2017). Mekanik Olarak Ayrılmış Kanatlı Eti Proteinlerinden Üretilen Yenilebilir Filmlerin Mekanik, Optik Ve Su Buharı Bariyer Özellikleri Üzerine Transglutaminaz İlavesinin Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi*.
- Yildiz, E., & Sumnu, G. (2021). Development of pea flour based active films produced through different homogenization methods and their effects on lipid oxidation . *Food Hydrocolloids*, 111.
- Yılmaz, Ş., & Dervişoğlu, M. (2015). Kudret Narı (*Momordica Charantia* L.) Biyoaktif Bileşiklerinin Ekstraksiyonu İçin Proses Geliştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi*.

- Yoon, S.-D., & Chough, S.-H. (2005). Effects of Additives with Different Functional Groups on the Physical Properties of Starch/PVA Blend Film. (www.interscience.wiley.com).
- Yuan, D., & Fu, X. (2021). Preparation and characterization of chitosan-based edible active films incorporated with Sargassum pallidum polysaccharides by ultrasound treatment. *International Journal of Biological Macromolecules*, 183.
- Zhang, W., & Jiang, W. (2020). Development of antioxidant chitosan film with banana peels extract and its application as coating in maintaining the storage quality of apple. *International Journal of Biological Macromolecules*, 154: 1205-1214.
- Zuo, G., & Song, X. (2019). Physical and structural characterization of edible bilayer films made with zein and corn-wheat starch. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18:324-331.

EKLER

Ek 1. Toplam fenolik analizi

Ek 2. Sıvı besiyer hazırlanması

Ek 3. DNSA yöntemi

Ek 4. Protein analizi

Ek 5. Mantarların toplam fenolik analizi

Ek 6. FTIR karakteristik özellikleri

Ek 7. Farklı plastikleştiriciler ile hazırlanan filmlerin karakterizasyon sonuçları

Ek 8. İki plastikleştiriciler ile hazırlanan filmlerin karakterizasyon sonuçları

Ek 9. Organik asitler ile hazırlanan filmlerin karakterizasyon sonuçları

Ek 10. Kudret narı kabuğu tozu ile hazırlanan filmlerin karakterizasyon sonuçları

Ek 1 Toplam Fenolik Analizi

Ek 1.1. Toplam fenolik prosedürü

- %10 (v/v suda) Folin-Ciocalteu reaktifi
 - %20 (a/h suda) Sodyum karbonat [Na_2CO_3]
Kullanımından hemen önce çözeltilerin hazırlanması tavsiye edilir.
1. Deney tüplerine; 0.1 ml numune, 0.5 ml Folin çözeltisinden, 1.5 ml Sodyum karbonat çözeltisinden alınır. 2 saat karanlık ortamda bekletilir.
 2. 750 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunur.

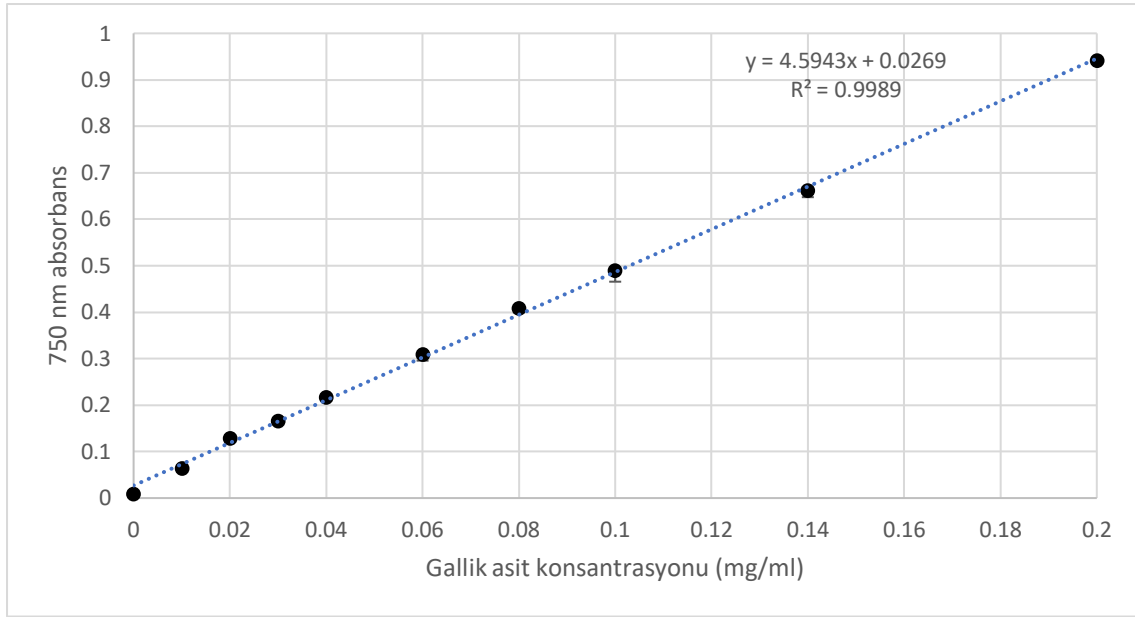


Ek 1.2. Gallik asit standardının hazırlanması

200 µg/ml stok (gallik asit+ saf su) solüsyonu hazırlanır, tabloya göre saf su ile seyreltmeler yapıldıktan sonra 750 nm dalga boyunda önce havaya karşı sonra saf su karşı referans alınarak absorbans değerleri okunur.

Gallik Asit (mg/ml)	Gallik asit solüsyonu (µl)	Saf su (µl)	750 nm Absorbans
0	0	1000	0.009±0.0036
0.01	50	950	0.064±0.0037
0.02	100	900	0.13±0.0035
0.03	150	850	0.165±0.0046
0.04	200	800	0.216±0.002
0.06	300	700	0.308±0.013
0.08	400	600	0.408±0.009
0.1	500	500	0.489±0.023
0.14	700	300	0.66±0.014
0.2	1000	0	0.941±0.005

Ek 1.3. Toplam Fenolik Yöntemi İçin Gallik Asit Standart Eğrisi



Ek 2 Sıvı Besiyer Hazırlanması

900 ml saf su için; 5 g glukoz, 5 g sodyum klorür [NaCl], 2.5 g maya ekstraktı, 1 g mono potasyum fosfat [KH₂PO₄] hazırlanır. 100 ml saf su için 1 g sodyum karbonat [Na₂CO₃]

hazırlanır. Otoklavdan sterilize edildikten sonra kullanımından hemen önce sodyum karbonat ilave edilip karıştırılır.



Ek 3 DNSA Yöntemi

Ek 3.1. DNSA reaktifinin bileşimi

- %27 Potasyum-sodyum tartarat [$\text{C}_4\text{H}_4\text{KNaO}_6$]
- %1 DNSA (dinitrosalicylic acid)
- %1 Sodyum hidroksit [NaOH]

- %0.2 Fenol
- %0.05 Sodyum sülfite [Na₂SO₃]

Kullanımından hemen önce sodyum sülfite ilave edilmesi tavsiye edilir.

Hazırlanan reaktif, buz dolabında kahverengi kapalı cam şişe içerisinde saklanır.

Ek 3.2. DNSA prosedürü

1. Deney tüplerine 0.2 ml numune ve 0.3 ml DNSA reaktifinden alınır.
2. 97 °C, 5 dk sıcak su banyosunda bekletilir.
3. Soğumasının ardından 0.5 ml saf su eklenir, 540 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunur.

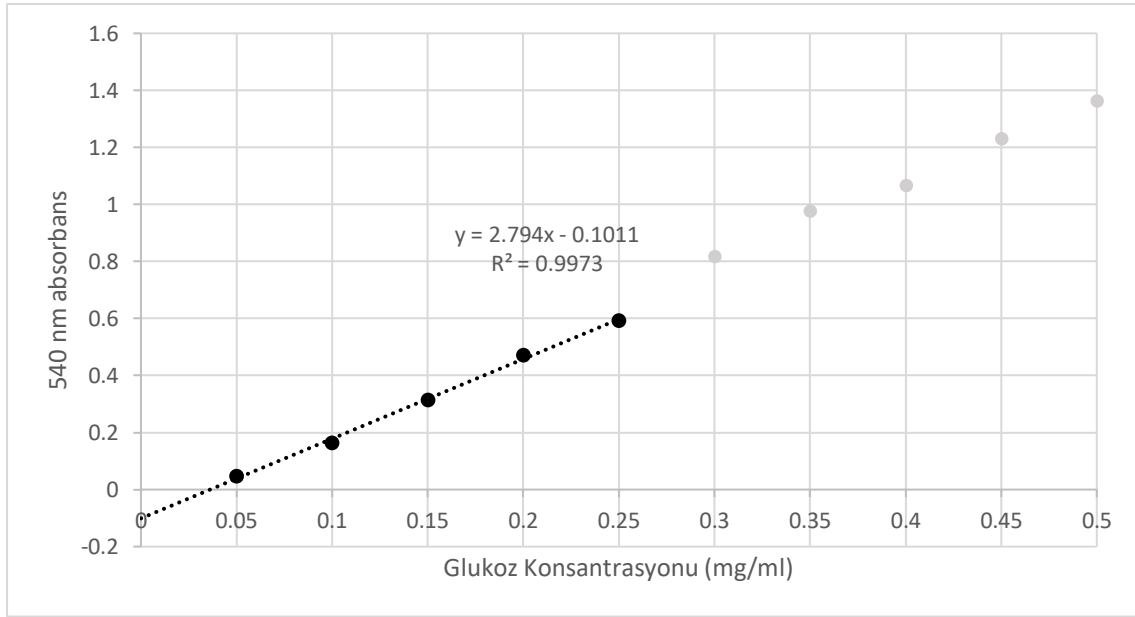


Ek 3.3 Glukoz standardının hazırlanması

500 µg/ml stok (glukoz + saf su) solüsyonu hazırlanır, tabloya göre saf su ile seyreltmeler yapıldıktan sonra 540 nm dalga boyunda önce havaya karşı sonra saf su+ DNSA karışımına karşı referans alınarak absorbans değerleri okunur.

Glukoz (mg/ml)	Glukoz solüsyonu (µl)	Saf su (µl)	DNSA (µl)	540 nm Absorbans
0	0	200	300	0,114±0,014
0.05	20	180	300	0,048±0,026
0.1	40	160	300	0,163±0,039
0.15	60	140	300	0,315±0,051
0.2	80	120	300	0,471±0,0436
0.25	100	100	300	0,592±0,023
0.3	120	80	300	0,818±0,007
0.35	140	60	300	0,979±0
0.4	160	40	300	1,068±0,001
0.45	180	20	300	1,231±0,025
0.5	200	0	300	1,3637±0,006

Ek 3.4. DNSA yöntemi için glukoz standart eğrisi



Ek 4 Protein Analizi

Ek 4.1. Bradford reaktifinin bileşimi

- 0.5 g Coomassie Brilliant Blue G-250
- 250 ml %95 etanol

- 500 ml %85 (a/h) fosforik asit
Kullanımından 1 gün önce 1 litreye seyreltme yapılır.
Hazırlanan reaktif, buz dolabında kahverengi kapalı cam şişe içerisinde saklanır.

Ek 4.2. Bradford yönteminin prosedürü

1. Deney tüplerine 0.2 ml numune, 0.3 ml saf su ve 1 ml Bradford reaktifin eklenir.
2. 10 dk karanlıkta bekletilir.
3. 575 nm dalga boyunda önce havaya karşı sonra saf su+ Bradford karışımına karşı referans alınarak absorbans değerleri okunur.

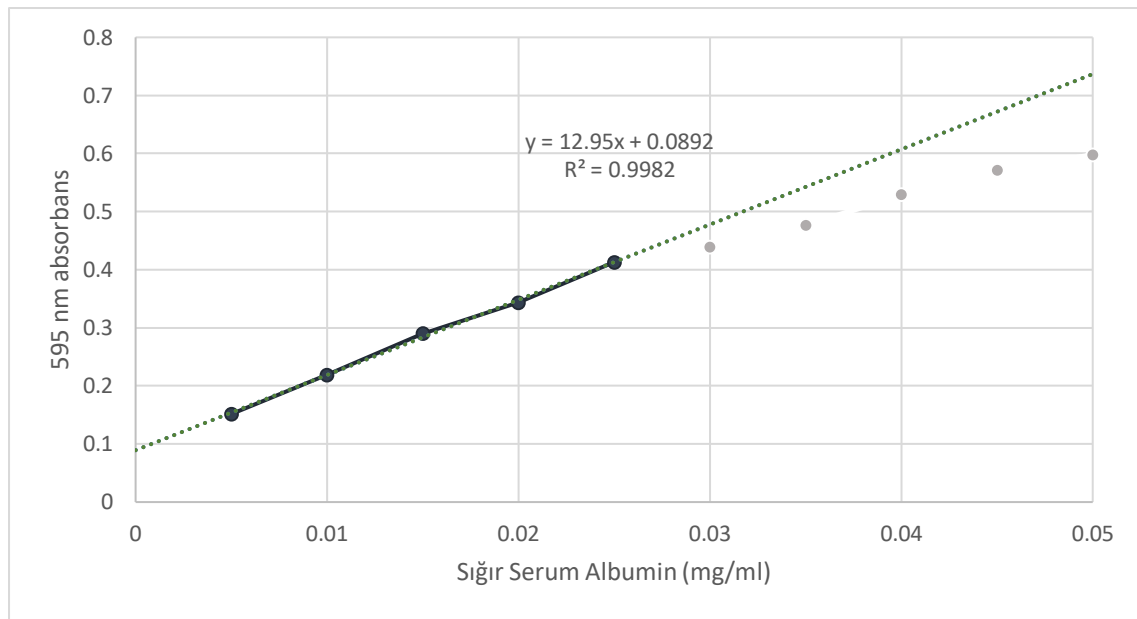


Ek 4.3. Bradford standardının hazırlanması

50 µg/ml stok (sığır serum albümin + saf su) solüsyonu hazırlanır, tabloya göre saf su ile seyreltmeler yapıldıktan sonra 595 nm dalga boyunda önce havaya karşı sonra saf su+ Bradford karışımına karşı referans alınarak absorbans değerleri okunur.

Sığır serum albümin (mg/ml)	Sığır serum albümin solüsyon (µl)	Saf su (µl)	Bradford (ml)	595 nm Absorbans
0	0	500	1	1,208±0,0014
0.005	50	450	1	0,1515±0,012
0.01	100	400	1	0,219±0,0107
0.015	150	350	1	0,29±0,036
0.02	200	300	1	0,3435±0,012
0.025	250	250	1	0,413±0,0014
0.03	300	200	1	0,439±0,015
0.035	350	150	1	0,476±0
0.04	400	100	1	0,529±0,0127
0.045	450	50	1	0,5716±0,048
0.05	500	0	1	0,5975±0,02

Ek 4.4. Bradford yöntemi için sığır serum albümin standart eğrisi



Ek 5 Mantarın Toplam Fenolik Analizi

Ek 5.1. Toplam fenolik prosedürü

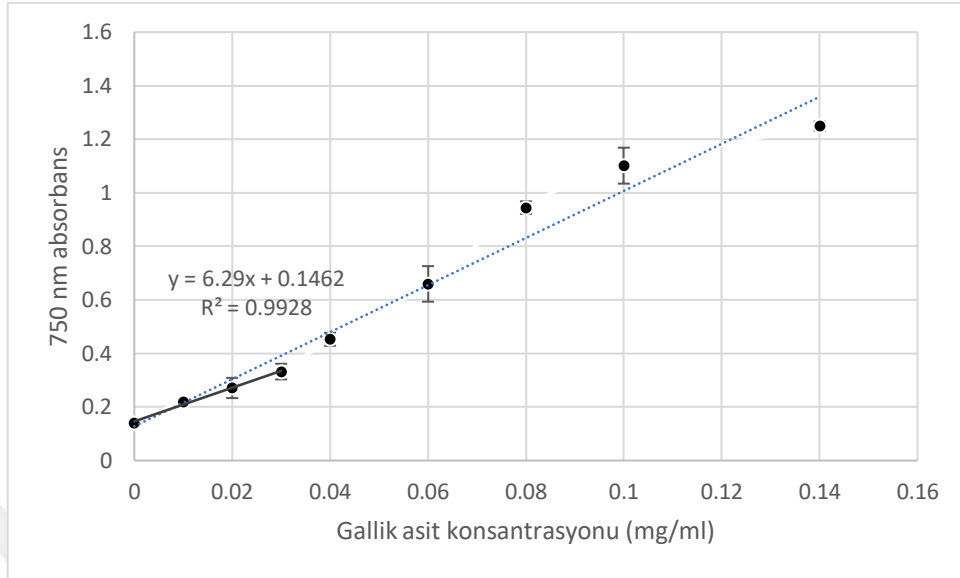
- %10 (v/v suda) Folin-Ciocalteu reaktifi
 - %20 (a/h suda) Sodyum karbonat [Na_2CO_3]
Kullanımından hemen önce çözeltilerin hazırlanması tavsiye edilir.
1. Deney tüplerine; 0.1 ml numune, 0.25 ml Folin çözeltisinden, 0.75 ml Sodyum karbonat çözeltisinden alınır. 2 saat karanlık ortamda bekletilir.
 2. 750 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunur.

Ek 5.2. Gallik asit standardının hazırlanması

200 µg/ml stok (gallik asit+ metanol) solüsyonu hazırlanır, tabloya göre saf su ile seyreltmeler yapıldıktan sonra 750 nm dalga boyunda önce havaya karşı sonra saf su karşı referans alınarak absorbans değerleri okunur.

Gallik Asit (mg/ml)	Gallik asit solüsyonu (µl)	Metanol (µl)	750 nm Absorbans
0	0	1000	0,14±0,007
0.01	50	950	0,219±0
0.02	100	900	0,271±0,037
0.03	150	850	0,33±0,029
0.04	200	800	0,453±0,024
0.06	300	700	0,659±0,066
0.08	400	600	0,944±0,023
0.1	500	500	1,1±0,067
0.14	700	300	1,24±0,016

Ek 5.3. Toplam Fenolik Yöntemi İçin Gallik Asit Standart Eğrisi



Ek 6 FTIR Karakteristik Özellik Tabloları

FTIR absorbands sayısına göre karakteristik özellikleri (http-2, 0).

Absorbans sayısı (cm ⁻¹)	Bağ	Fonksiyonel grup
3640-3610 (s, sh)	O-H gerilim bandı, Serbest Hidroksil	Alkol, fenollar
3500-3200 (s, b)	O-H gerilim bandı, H- bağı	Alkol, fenollar
3400-3250 (m)	N-H gerilim bandı	1°- 2° amin, amidler
3300-2500 (m)	O-H gerilim bandı	Karboksilik asit
3330-3270 (n, s)	-C=C-H: C-H gerilim bandı	Alkinler
3100-3000 (s)	C-H gerilim bandı	Aromatik
3100-3000 (m)	=C-H gerilim bandı	Alkenler
3000-2850 (m)	C-H gerilim bandı	Alkanlar
2830-2695 (m)	H-C=O: C-H gerilim bandı	Aldehitler
2260-2210 (v)	C=N gerilim bandı	Nitriller
2260-2100 (w)	-C=C- gerilim bandı	Alkinler
1760-1665 (s)	C=O gerilim bandı	Karboniller
1760-1690 (s)	C=O gerilim bandı	Karboksilik asitler
1750-1735 (s)	C=O gerilim bandı	Esterler, doymuş alifatik
1740-1720 (s)	C=O gerilim bandı	Aldehitler, doymuş alifatik
1730-1715 (s)	C=O gerilim bandı	α, β- doymamış esterler
1715 (s)	C=O gerilim bandı	Ketonlar, doymuş alifatik
1710-1665 (s)	C=O gerilim bandı	α, β- doymamış aldehitler, ketonlar
1680-1640 (m)	-C=C- gerilim bandı	Alkenler
1650-1580 (m)	N-H bükülme bandı	1° aminler
1600-1585 (m)	C-C gerilim bandı	Aromatikler
1550-1475 (s)	N-O asimetric gerilim bandı	Nitro bileşikler
1500-1400 (m)	C-C gerilim bandı	Aromatikler
1470-1450 (m)	C-H bükülme bandı	Alkanlar
1370-1350 (m)	C-H	Alkanlar
1360-1290 (m)	N-O simetri gerilim bandı	Nitro bileşikler
1335-1250 (s)	C-N gerilim bandı	Aromatik aminler
1320-1000 (s)	C-O gerilim bandı	Alkoller, karboksilik asitler, esterler, eterler
1300-1150 (m)	C-H	Alkil halojenürler
1250-1020 (m)	C-N gerilim bandı	Alifatik aminler
1000-650 (s)	=C-H bükülme bandı	Amenler
950-910 (m)	O-H bükülme bandı	Karboksilik asit
910-665 (s, b)	N-H	1°- 2° aminler
900-675 (s)	C-H	Aromatikler

850-550 (m)	C-Cl gerilim bandı	Alkil halojenürler
725-720 (m)	C-H	Alkanlar
700-610 (b, s)	-C=C-H: C-H bükülme bandı	Alkinler
690-515 (m)	C-Br gerilim bandı	Alkil halojenürler
m=orta, w=zayıf, s=güçlü, n=dar, b=geniş, sh=keskin		

Ek 7 Farklı Plastikleştiriciler ile Hazırlanan Filmlerin Karakterizasyon Tabloları

Film	Kalınlık (mm)	SBG (ngm ⁻¹ s ⁻¹ Pa ⁻¹)	Çözünürlük (%)
Ç5Sor%30	0,15667±0,03519	0,62767±0,0427	69,039±0,781
Ç5Sor%40	0,163±0,017	0,605±0,04	65,36±6,15
Ç5Sor%50	0,16333±0,0262	0,6866±0,037	62,05±2,41
Ç5Sor%60	0,1763±0,0184	0,5496±0,031	66,905±1,53
Ç5Sor%70	0,17667±0,0133	0,578±0,04962	73,81±1,736
Ç5Sor%80	0,18179±0,0187	0,681±0,056	74,3918±4,575
Ç5Sor%90	0,185±0,0184	0,727±0,08	75,56±2,86
Ç5Sor%100	0,2025±0,017	0,754±0,19	83,62±6,95
Ç5G%30	0,143±0,019	1,0748±0,02	54,49±6,45
Ç5G%40	0,14533±0,025	1,0834±0,02	58,605±2,85
Ç5G%50	0,161±0,016	1,199±0,036	60,04±2,66
Ç5G%60	0,159±0,016	1,13±0,023	63,27±0,77
Ç5G%70	0,18233±0,022	1,327±0,029	64,12±2,21
Ç5G%80	0,185±0,029	1,25±0,0021	67,16±3,68
Ç5G%90	0,19467±0,018	1,319±0,026	63,08±1,03
Ç5G%100	0,232±0,017	1,448±0,002	68,07±1,96
Ç5Sit%30	0,085±0,021	0,529±0,04	67,14381±1,336
Ç5Sit%40	0,0923±0,017	0,582±0,004	68,70054±0,497
Ç5Sit%50	0,093±0,022	0,6178±0,004	73,41491±3,7253
Ç5Sit%60	0,096±0,024	0,7722±0,003	79,09694±1,9954
Ç5Sit%70	0,109±0,014	0,5378±0,0028	81,3737±3,77
Ç5Sit%80	0,10945±0,0105	0,529±0,011	88,28581±3,2464
Ç5Sit%90	0,122±0,029	0,551±0,039	92,05385±0,7259
Ç5Sit%100	0,132±0,027	0,816±0,0314	89,70247±1,515
Ç5EG%30	0,07033±0,0064	1,1045±0,003	55,74782±2,73
Ç5EG%40	0,078±0,004	1,022±0,037	56,36454±6,94
Ç5EG%50	0,073±0,0037	0,92±0,01	56,9468±2,22
Ç5EG%60	0,07667±0,008	1,005±0,0019	56,83107±1,45
Ç5EG%70	0,0758±0,004	1,001±0,01	62,82277±0,77
Ç5EG%80	0,077±0,02	1,01±0,0206	61,41365±3,75
Ç5EG%90	0,098±0,01	1,061±0,0166	54,88068±3,15
Ç5EG%100	0,084±0,0068	1,024±0,145	61,0584±3,45

Film	Çekme Dayanımı (TS, MPa)	Uzama (%E)	Modulus (Automatic Young's) [MPa]
Ç5Sor%30	2,322±1,51	4,632±2,23	209,936±94,25
Ç5Sor%40	4,887±0,68	10,9175±7,49	320,95±108
Ç5Sor%50	3,8±0,548	21,895±5,297	133,8485±42,2
Ç5Sor%60	2,635±0,242	23,363±4,687	100,076±35,6
Ç5Sor%70	2,2±0,539	34,1217±8,216	49,525±14,28
Ç5Sor%80	1,082675±0,2356	40,2925±6,53	12,6069±4,96
Ç5Sor%90	1,0927±0,1365	40,454±6,69	11,11487±1,176
Ç5Sor%100	0,71585±0,1258	46,738±6,297	4,9521±2,186
Ç5G%30	3,41±0,61	25,12±4,63	175,18497±39,95
Ç5G%40	1,68±0,28	39,75±3,69	42,23113±9,98
Ç5G%50	0,98±0,15	52,13±6,75	8,16±3,51
Ç5G%60	0,66546±0,05	57,55±6,58	3,29292±0,877
Ç5G%70	0,71088±0,1	69,01±10,52	2,096±0,21
Ç5G%80	0,50387±0,09	53,95±14,21	1,565±0,1989
Ç5G%90	0,49063±0,036	60,22±14,95	1,474±0,1327
Ç5G%100	0,41778±0,063	69,3±6,44	1,069±0,129
Ç5Sit%30	7,59±0,85	36,31±6,45	351,10±100,78
Ç5Sit%40	6,5±3,44	37,34±1,32	740,476±197,03
Ç5Sit%50	4,81±0,5	41,49±10,06	189,55±45,73
Ç5Sit%60	2,51±0,185	116,77±10,12	66,21±7,497
Ç5Sit%70	1,46±0,628	163,29±31,8	30,0±17,62
Ç5Sit%80	0,6522±0,125	183,34±35,93	6,571±1,574
Ç5Sit%90	0,67±0,265	130,695±9,87	5,43±1,2
Ç5Sit%100	0,582±0,142	46,59±35,46	29,6203±22,79
Ç5EG%30	13,8±1,899	17,09±4,98	865,494±245,13
Ç5EG%40	7,47±0,889	31,32±4,67	355,06434±53,82
Ç5EG%50	6,57±0,399	30,82±2,733	268,9786±53,056
Ç5EG%60	4,9±0,46	37,5±2,38	136,985±37,534
Ç5EG%70	3,69±0,6	32,82±3,63	107,497±35,728
Ç5EG%80	3,44±0,94	32,4±6,23	89,99242±31,95
Ç5EG%90	2,88±0,46	37,97±3,36	74,305±27,14
Ç5EG%100	2,91±0,15	34,42±9,95	80,7479±17,809

Film	% İnhibisyon	Toplam fenolik madde miktarı (mg/ gallik asit g)
Ç5Sor%40	-1,348±0,0005	0,284±0,002
Ç5Sor%60	-1,445±0,0028	0,301±0,0025
Ç5Sor%80	-1,54143±0,0015	0,251±0,009
Ç5Sor%100	-1,44±0,0056	0,2296±0,0049
Ç5Sit%40	6,2857±0,0053	1,078±0,001
Ç5Sit%60	6,3809±0,003	0,839±0,012
Ç5Sit%80	6,5±0,003	0,834±0,0025
Ç5Sit%100	6,857±0,006	0,62±0,012
Ç5G%40	-4,969±0,002	0,7484±0,012
Ç5G%60	-1,758±0,0049	0,861±0,0046
Ç5G%80	1,88±0,008	0,788±0,003
Ç5G%100	7,696±0,009	0,703±0,0064
Ç5EG%40	1,069±0,006	1,253±0,0079
Ç5EG%60	0,475±0,0057	0,95±0,0038
Ç5EG%80	2,758±0,014	0,937±0,003
Ç5EG%100	1,759±0,005	0,883±0,0037

Film	Zon İnhibisyonu (mm)	
	<i>Bacillus subtilis</i> gram (+)	<i>Escherichia coli</i> gram (-)
Ç5Sit%30	5,505±0,12	2,296±0,064
Ç5Sit%40	7,57±0,43	3,4±0,226
Ç5Sit%50	8,07±0,056	3,77±0,184
Ç5Sit%60	8,155±0,33	4,315±0,29
Ç5Sit%70	9,72±0,2	4,41±0,53
Ç5Sit%80	10,4±0,15	5,045±0,02
Ç5Sit%90	10,8±0,5	5,36±0,74
Ç5Sit%100	11,22±0,21	5,433±0,84

Ek 8 İki Plastikleştiriciler ile Hazırlanan Filmlerin Karakterizasyon Tabloları

Film	Kalınlık (mm)	SBG (ngm ⁻¹ s ⁻¹ Pa ⁻¹)	Çözünürlük (%)
Ç5Sor%40Sit%0	0,1630±0,0162	0,605±0,04	65,36±6,147
Ç5Sor%40Sit%5	0,09667±0,005	0,212±0,01146	65,1067±0,7896
Ç5Sor%40Sit%10	0,09633±0,006	0,20238±0,0051	69,4749±2,34027
Ç5Sor%40Sit%15	0,09967±0,0068	0,2464±0,0477	70,1245±0,74719
Ç5Sor%40Sit%20	0,096±0,04	0,46078±0,039	81,946±1,2888
Ç5Sor%40Sit%25	0,08933±0,009	0,445±0,00125	88,793±2,682
Ç5Sor%40Sit%30	0,0976±0,009	0,4979±0,047	90,8465±0,14965
Ç5Sor%40Sit%35	0,0943±0,021	0,4573±0	90,995±0,95041
Ç5Sor%40Sit%40	0,0955±0,007	0,36072±0,00219	91±1,010
Ç5Sit%40Sor%0	0,0923±0,017	0,582±0,004	68,70054±0,497
Ç5Sit%40Sor%5	0,08667±0,007	0,3127±0,00736	87,518±2,678
Ç5Sit%40Sor%10	0,07967±0,011	0,45318±0,1556	88,935±2,685
Ç5Sit%40Sor%15	0,08767±0,007	0,30517±0,00744	89,151±1,7249
Ç5Sit%40Sor%20	0,08133±0,011	0,290±0,01036	89,87±0,7951
Ç5Sit%40Sor%25	0,0936±0,011	0,3278±0,00596	90,185±0,26189
Ç5Sit%40Sor%30	0,094±0,008	0,33518±0,01197	90,867±0,7023
Ç5Sit%40Sor%35	0,095±0,006	0,33673±0,002016	90,988±2,373
Ç5Sit%40Sor%40	0,0955±0,007	0,36072±0,00219	91±1,010

Film	Çekme Dayanımı (TS, MPa)	Uzama (%E)	Modulus (Automatic Young's) [MPa]
Ç5Sor%40Sit%0	4,887±0,68	10,9175±7,49	320,95±108
Ç5Sor%40Sit%5	8,8±1,108	23,87±2,955	374,43169
Ç5Sor%40Sit%10	6,33±0,6435	26,54±7,98	240,57426
Ç5Sor%40Sit%15	5,81±0,322	41,74±4,078	193,48016
Ç5Sor%40Sit%20	3,94±1,358	15,76±4,261	238,20981±136,28
Ç5Sor%40Sit%25	5,39±0,503	12,88±5,711	310,23525±28,375
Ç5Sor%40Sit%30	4±0,496	22,44±13,699	265,29002±64,677
Ç5Sor%40Sit%35	2,24±0,244	33,09±18,109	115,15922±56,344
Ç5Sor%40Sit%40	2,04±0,6	40,1±11,401	83,45721±37,652
Ç5Sit%40Sor%0	6,5±3,44	3,34±1,32	740,47602
Ç5Sit%40Sor%5	6,7±0,317	2,08±0,557	721,25058±91,203
Ç5Sit%40Sor%10	8,3±2,2140	11,47±5,6181	517,2724±122,4169
Ç5Sit%40Sor%15	5,86±0,765	20,34±11,007	373,22053±70,889
Ç5Sit%40Sor%20	4,97±0,787	38,66±12,995	265,29766±60,101
Ç5Sit%40Sor%25	3,53±0,375	51,17±4,422	165,50657±33,017
Ç5Sit%40Sor%30	3,09±0,803	31,09±18,832	142,30435±32,524
Ç5Sit%40Sor%35	2,73±0,471	37,49±10,63	145,53793±24,152
Ç5Sit%40Sor%40	2,04±0,6	40,1±11,401	83,45721±37,652

Film	Zon İnhibisyonu (mm)	
	<i>Bacillus subtilis gram (+)</i>	<i>Bacillus subtilis gram (+)</i>
Ç5Sor%40Sit%0	0	0
Ç5Sor%40Sit%10	2,085±0,275	0
Ç5Sor%40Sit%20	5,167±0,95	1,813±0,20
Ç5Sor%40Sit%30	6,407±0,12	2,963±0,29
Ç5Sor%40Sit%40	6,29±0,74	2,916±0,023
Ç5Sit%40Sor%0	5,415±0,12	4,59±0,75
Ç5Sit%40Sor%10	4,65±0,335	3,6167±0,8
Ç5Sit%40Sor%20	4,776±0,91	3,65±0,338
Ç5Sit%40Sor%30	5±0,22	1,796±0,458
Ç5Sit%40Sor%40	5,16±0,22	2,99±0,026

Ek 9 Organik Asit İlave Edilerek Hazırlanan Filmlerin Karakterizasyon Tabloları

Film	Kalınlık (mm)	SBG (ngm ⁻¹ s ⁻¹ Pa ⁻¹)	Çözünürlük (%)
Ç5Sor%40	0,163±0,017	0,605±0,04	65,36±6,15
Ç5Sor%40-TAN%5	0,156±0,025	0,59±0,105	61,59±0,56
Ç5Sor%40-GAL%5	0,151±0,02	0,68±0,045	64,76±2,34
Ç5Sor%40-TAR%5	0,166±0,036	0,65±0,137	64,84±3,15
Ç5Sor%40Tartarik%10	0,175±0,0244	0,728±0,1	69,97±3,2
Ç5Sor%40-SUC%5	0,132±0,023	0,71±0,08	74,05±5,86
Ç5Sor%40Succinic%10	0,122±0,017	0,597±0,019	89,3343±3,2

Film	Çekme Dayanımı (TS, MPa)	Uzama (%E)	Modulus (Automatic Young's) [MPa]
Ç5Sor%40	4,887±0,68	10,9175±7,49	320,95±108
Ç5Sor%40-TAN%5	4,78±0,59	3,57±0,76	464,2544±26,36
Ç5Sor%40-GAL%5	3,37±0,52	13,82±3,05	170,8225±38,86
Ç5Sor%40-TAR%5	5,04±0,27	9,27±1,33	257,1969±22,9
Ç5Sor%40Tartarik%10	3,667±1,02	8,65±2,32	193,05±5,32
Ç5Sor%40-SUC%5	2,81±0,53	23,6±2,68	109,84±41,72
Ç5Sor%40Succinic%10	3,0067±0,7	16,03±5,48	176,88±82,08

Ek 10 Kudret Nar Kabuğu Tozu İlave Edilerek Hazırlanan Filmlerin Karakterizasyon Tabloları

Film	Kalınlık (mm)	SBG (ng m ⁻¹ s ⁻¹ Pa ⁻¹)	Çözünürlük (%)
Ç5Sor%40	0,163±0,017	0,604±0,036	65,36±6,15
Ç5Sor%40KN1,25	0,1689±0,028	1,023±0,496	64,145±7,12
Ç5Sor%40KN2,5	0,1919±0,0178	3,0137±0,249	65,11±5,44
Ç5Sor%60	0,1763±0,0184	0,5496±0,031	66,905±1,53
Ç5Sor%60KN1,25	0,1927±0,018	2,533±0,422	79,1±2,56
Ç5Sor%60KN2,5	0,2108±0,019	1,827±0,419	67,47±7
Ç5Sor%80	0,18179±0,0187	0,681±0,056	74,3918±4,575
Ç5Sor%80KN1,25	0,1989±0,023	0,865±0,02	72,22±2,36
Ç5Sor%80KN2,5	0,223±0,015	1,226±0,44	70,852±5,17
Ç5Sor%100	0,2025±0,017	0,754±0,19	83,62±6,95
Ç5Sor%100KN1,25	0,205±0,024	0,84±0,122	77,03±6,44
Ç5Sor%100KN2,5	0,235±0,03	0,892±0,055	79,54±7,87
Ç5Sitrik 40%	0,0815±0,0084	0,442±0,006	68,70054±0,497
Ç5Sitrik%40KN1,25	0,088±0,001	0,824±0,06	80,988±0,59
Ç5Sitrik%40KN2,5	0,126±0,008	0,863±0,004	81,092±1,03
Ç5Sitrik 60%	0,08533±0,0049	0,4324±0,003	79,09694±1,9954
Ç5Sitrik%60KN1,25	0,109±0,0064	0,87±0,05	85,247±1,49
Ç5Sitrik%60KN2,5	0,134±0,0069	0,92±0,083	87,238±0,29
Ç5Sitrik 80%	0,09142±0,011	0,474±0,01	85,0393±2,2464
Ç5Sitrik%80KN1,25	0,12367±0,016	0,917±0,075	85,29±2,465
Ç5Sitrik%80KN2,5	0,15733±0,02	1,02±0,04	89,011±2,416
Ç5Sitrik 100%	0,121±0,008	0,605±0,05	89,70247±1,515
Ç5Sitrik%100KN1,25	0,13467±0,012	0,81±0,036	91,87±0,68
Ç5Sitrik%100KN2,5	0,181±0,005	1,088±0,149	92,72±2,923
Ç5EG40%	0,078±0,004	1,022±0,037	56,36454±6,94
Ç5EG%40KN1,25	0,11±0,01	1,0733±0,010	67,67±2,59
Ç5EG%40KN2,5	0,12867±0,005	1,14±0,054	74,013±0,498
Ç5EG 60%	0,07667±0,008	1,005±0,0019	56,83107±1,45
Ç5EG%60KN1,25	0,10467±0,0127	1,16±0,014	70,213±2,9
Ç5EG%60KN2,5	0,131±0,007	1±0,004	71,6889±1,66
Ç5EG80%	0,077±0,023	1,01±0,0206	61,41365±3,75
Ç5EG%80KN1,25	0,11867±0,014	1,2±0,055	70,68246±2,21
Ç5EG%80KN2,5	0,13833±0,011	1,193±0,028	67,854±2,06
Ç5EG100%	0,084±0,0068	1,024±0,145	61,0584±3,45
Ç5EG%100KN1,25	0,13733±0,013	1,228±0,05	71,525±1,96

Ç5EG%100KN2,5	0,15367±0,03	1,185±0,011	67,95±2,29
---------------	--------------	-------------	------------

Film	Çekme Dayanımı (TS, MPa)	Uzama (%E)
Ç5Sor%40	4,887±0,68	10,9175±7,49
Ç5Sor%40KN1,25	5,188±0,721	13,14±4,88
Ç5Sor%40KN2,5	6,232±0,57	7,17±1,85
Ç5Sor%60	2,635±0,242	23,363±4,687
Ç5Sor%60KN1,25	2,995±0,19	21,327±1,586
Ç5Sor%60KN2,5	4,23±0,164	16,845±1,85
Ç5Sor%80	1,082675±0,2356	40,2925±6,53
Ç5Sor%80KN1,25	2,54±0,636	20,382±2,598
Ç5Sor%80KN2,5	3,57±0,23	16,86±2,452
Ç5Sor%100	0,71585±0,1258	46,738±6,297
Ç5Sor%100KN1,25	2,168±0,36	22,3±2,068
Ç5Sor%100KN2,5	3,28±0,161	16,64±2,765
Ç5Sitrik 40%	6,5±3,44	3,34±1,32
Ç5Sitrik%40KN1,25	17,4±0,01	3,35±0,01
Ç5Sitrik%40KN2,5	13,1±1,17	10,16±0,77
Ç5Sitrik 60%	2,51±0,186	116,77±10,12
Ç5Sitrik%60KN1,25	9,82±0,489	13,96±1,71
Ç5Sitrik%60KN2,5	7,46±0,359	22,47±2,08
Ç5Sitrik 80%	0,6522±0,125	183,34±35,98
Ç5Sitrik%80KN1,25	3,53±0,48	41,18±7,03
Ç5Sitrik%80KN2,5	3,15±0,67	40,41±4,19
Ç5Sitrik 100%	0,58216±0,14	46,59±35,46
Ç5Sitrik%100KN1,25	1,65±0,33	62,95±6,59
Ç5Sitrik%100KN2,5	1,53±0,089	49,53±6,62
Ç5EG40%	7,47±0,889	31,32±4,671
Ç5EG%40KN1,25	3,14±0,22	22,79±2,0211
Ç5EG%40KN2,5	5,13±0,36	18,33±1,34
Ç5EG 60%	4,9±0,47	37,5±2,38
Ç5EG%60KN1,25	2,47±0,66	21,51±2,100
Ç5EG%60KN2,5	3,27±0,24	21,08±1,60
Ç5EG80%	3,44±0,94	32,4±6,229
Ç5EG%80KN1,25	1,62±0,562	23,14±2,777
Ç5EG%80KN2,5	2,57±0,386	21,96±1,466
Ç5EG100%	2,91±0,157	34,42±9,955
Ç5EG%100KN1,25	0,99035±0,345	27,15±2,173
Ç5EG%100KN2,5	2,09±0,4087	21,3±2,548

Film	DPPH	Toplam Fenol
Ç5Sor%40	-1,348±0,0005	0,284±0,002
Ç5Sor%40KN1,25	-1,49326±0,003	1,133±0,008
Ç5Sor%40KN2,5	-1,15607±0,001	2,068±0,006
Ç5Sor%60	-1,445±0,0028	0,3±0,002
Ç5Sor%60KN1,25	-0,86705±0,0017	1,125±0,003
Ç5Sor%60KN2,5	-0,14451±0,0026	2,025±0,012
Ç5Sor%80	-1,54143±0,0015	0,25±0,009
Ç5Sor%80KN1,25	-0,91522±0,0042	0,948±0,018
Ç5Sor%80KN2,5	-0,24085±0,0064	1,79±0,0026
Ç5Sor%100	-1,44±0,0056	0,229±0,0049
Ç5Sor%100KN1,25	0,50578±0,002	0,94±0,001
Ç5Sor%100KN2,5	0,72254±0,0	1,502±0,014
Ç5Sitrik 40%	6,2857±0,0053	1,078±0,001
Ç5Sitrik%40KN1,25	7,714286±0,002	1,193±0,013
Ç5Sitrik%40KN2,5	10,14286±0,0017	1,21±0,0156
Ç5Sitrik 60%	6,3809±0,003	0,84±0,012
Ç5Sitrik%60KN1,25	16,42857±0,0036	1,14±0,0015
Ç5Sitrik%60KN2,5	16,71429±0,0056	1,2±0,002
Ç5Sitrik 80%	6,5±0,003	0,83±0,0025
Ç5Sitrik%80KN1,25	16,35714±0,0035	1,024±0,004
Ç5Sitrik%80KN2,5	18,28571±0,007	1,25
Ç5Sitrik 100%	6,857±0,006	0,62±0,01
Ç5Sitrik%100KN1,25	20,42857±0,018	0,84±0,0005
Ç5Sitrik%100KN2,5	21,09524±0,0049	1,24±0,0005
Ç5EG40%	1,069±0,006	1,25±0,008
Ç5EG%40KN1,25	1,806942±0,0075	2,64±0,006
Ç5EG%40KN2,5	0,998573±0,0017	3,62±0,016
Ç5EG 60%	0,475±0,0057	0,95±0,0038
Ç5EG%60KN1,25	1,997147±0,01	2,31±0,012
Ç5EG%60KN2,5	2,710414±0,01	3,58±0,017
Ç5EG80%	2,758±0,014	0,937±0,003
Ç5EG%80KN1,25	3,899192±0,01	1,89±0,014
Ç5EG%80KN2,5	3,613885±0,012	3,07±0,014
Ç5EG100%	1,759±0,005	0,88±0,0036
Ç5EG%100KN1,25	5,325725±0,0042	1,63±0,011
Ç5EG%100KN2,5	5,08797±0,0006	2,96±0,008

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nurbennet ERTÜRK

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2021, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Bölümü, Proses ve Reaktör Tasarım Anabilim Dalı
- 2016, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü

Yayınları ve Bilimsel Faaliyetleri:

- Ertürk, N. ve Biran AY, S. ‘Meyve asitleriyle zenginleştirilmiş çavdar unu bazlı yenilebilir film üretim ve karakterizasyonu’, 3rd International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences, Ankara, 2020
- Ertürk, N. ve Biran AY, S. ‘Effect of Different Plasticizers on Physical, Chemical and Biological Properties of Edible Films’, 2nd International Congress of the Turkish Journal of Agriculture- Food Science and Technology, TURJAF, 2021
- Nurbennet Ertürk, Suzan Biran Ay, “Production and Characterization of Antimicrobial Edible Packaging Films and Their Effect On Storage Stability of Button Mushrooms”, V. International Ege Composite Materials Symposium (Kompege 2021), Antalya, Turkey, November 2021. (Oral Presentation – Oral Abstract)